



รายงานแผนงานวิจัย

งานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม
Research and Development on Productivity Improvement of
Industrial Crops

หัวหน้าแผนงานวิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

Supattra Lertwatanakiat

ปี พ.ศ. 2564



รายงานแผนงานวิจัย

งานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม
Research and Development on Productivity Improvement of
Industrial Crops

หัวหน้าแผนงานวิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

Supattra Lertwatanakiat

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

แผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม เริ่มดำเนินงานปี พ.ศ.2559 – 2564 โดยเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้านพันธุ์พืชสวนอุตสาหกรรมและวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตทางการผลิต และสร้างนวัตกรรมหรือรูปแบบการผลิตพืชที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับเกษตรกรและสภาพพื้นที่เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหรือลดการใช้แรงงานโดยการเทคโนโลยีสมัยใหม่ นอกจากนี้มุ่งในการพัฒนานวัตกรรมด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องจักรกลเพื่อเพิ่มศักยภาพในระบบการผลิต สามารถนำเทคโนโลยีที่รับการพัฒนาแล้วไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรเพื่อสร้างความเข้มแข็ง และเป็นการยกระดับรายได้้อย่างยั่งยืน พัฒนาเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) ตรงตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สามารถสนับสนุนอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มากขึ้น และเพิ่มผลิตภาพจนสามารถลดการนำเข้าได้ โดยการดำเนินการประกอบด้วย

1. แผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ
2. แผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชาชาโน้น มะคาเดเมีย และโกโก้
- 3.

แผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอับความต้องการ

4. วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกรและผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรกลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการ และเป็นการยกระดับรายได้้อย่างยั่งยืน

นางสุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

ผู้อำนวยการแผนงาน

วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทนำ	5
1. แผนงานวิจัยย่อย 1 วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ	10
2. แผนงานวิจัยย่อย 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้	184
3. แผนงานวิจัยย่อย 3 วิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอ กับความต้องการ	217
4. แผนงานวิจัยย่อย 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)	253
5. ศึกษาและทดสอบพันธุ์มะกอกน้ำมัน (ระยะที่ 2)	291
6. วิจัยและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ ระยะที่ 2	305
7. วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง	313
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	336
บรรณานุกรม	361
ภาคผนวก	399

กิตติกรรมประกาศ

รายงานแผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม ฉบับนี้ เป็นการดำเนินงานวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้านพันธุ์พืชสวนอุตสาหกรรม การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลิตภาพทางการผลิต และสร้างนวัตกรรมหรือรูปแบบการผลิตพืชที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับเกษตรกรและสภาพพื้นที่เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหรือลดการใช้แรงงานโดยการเทคโนโลยีสมัยใหม่ นอกจากนี้มุ่งในการพัฒนานวัตกรรมด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องจักรกลเพื่อเพิ่มศักยภาพในระบบการผลิต

รายงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากนักวิจัย เกษตรกร ผู้ประกอบการ รวมทั้งบุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดการวิจัย รวมทั้งร่วมแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อสร้างความสมบูรณ์แก่รายงานฉบับเต็ม คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ความอนุเคราะห์ทุกภาคส่วนที่ให้คำแนะนำและร่วมมือปฏิบัติงานทดลอง ซึ่งถือเป็นกำลังใจสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้านพันธุ์ และการเพิ่มผลิตภาพทางการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม กระทั่งสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรเพื่อสร้างความเข้มแข็ง และเป็นการยกระดับรายได้อย่างยิ่งย่น

ผู้วิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
 ปรีชา อานันท์รัตนกุล
 ทิพย์ ไกรทอง
 สุเมธ พากเพียร
 สมพงษ์ สุขเขตต์

ปานหทัย นพชินวงศ์
 โกเมศ สัตยาธูธ
 ปริญดา หรุ่นหิม
 อนันต์ ปัญญาเพิ่ม

ฉัตรดนภา ช่มอาวุธ
 เกรียงศักดิ์ นักผูก
 วิไลวรรณ ทวีศรี
 นาราณ์ โชติอัมมอดม

การบริหารการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

แผนย่อที่ 1

ชม.	= เซนติเมตร
กก.	= กิโลกรัม
m/s	= เมตรต่อวินาที
kg/hr	= กิโลกรัมต่อชั่วโมง
Hp	= แรงม้า
%	= เปอร์เซ็นต์
กก/ชม	= กิโลกรัมต่อชั่วโมง
m ³ /hr	= ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

แผนย่อที่ 4

1 สัญลักษณ์และคำย่อวิศวกรรม

cm	= เซนติเมตร
cm/s	= เซนติเมตรต่อวินาที
g	= กรัม
mm.	= มิลลิเมตร
กก/ชม.	= กิโลกรัมต่อชั่วโมง
%	= เปอร์เซ็นต์
wb	= wet basis

2 สัญลักษณ์และคำย่อเศรษฐศาสตร์

C	= ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
Fc	= ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ปี)
D	= ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)
P	= ราคาเครื่อง (บาท)
S	= มูลค่าซาก (บาท)
N	= อายุการใช้งานของเครื่อง (ปี)
I	= ดอกเบี้ย (บาท/ปี)
r	= อัตราดอกเบี้ย (คิดคงที่ 15 เปอร์เซ็นต์/ปี)
K	= ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาท/กก.)
n	= จำนวนที่ผลิต (กก.)
R	= รายได้ (บาท)
p	= ราคาของหน่วยสินค้า (บาท/กก.)

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง

การทดลองที่ 1

P	=	กำลัง(กิโลวัตต์)
ω	=	ความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที
Z	=	จำนวนเส้นของสายพานลิมที่ใช้ส่งกำลัง (เส้น)
P_R	=	กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ (กิโลวัตต์)
n	=	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
W_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง(กิโลวัตต์)
N_s	=	ตัวประกอบการใช้งาน
N_a	=	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง
N_l	=	ตัวประกอบแก้ไขความยาว
W_p	=	กำลังมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง (กิโลวัตต์)
F	=	แรงดึงไนโซ่ (นิวตัน)
F_b	=	แรงแตกหักน้อยสุดของโซ่ (นิวตัน)
N_b	=	ค่าความปลอดภัยควรมีค่าระหว่าง 7-15

การทดลองที่ 2

W_f	คือ น้ำหนักชาหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)
W_i	คือ น้ำหนักชาก่อนการอบแห้ง (กิโลกรัม)
M_f	คือ ความชื้นชาหลังการอบแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
M_i	คือ ความชื้นชาก่อนการอบแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
η_{th}	คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง
Q_d	ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในชา (กิโลจูล)
Q_f	ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง (กิโลจูล)

บทนำ

การพัฒนาพืชสวนอุตสาหกรรมสินค้ากาแฟ มะพร้าว ชา มะคาเดเมีย โกโก้และชาน้ำมัน ให้มีศักยภาพ และขีดความสามารถทางการแข่งขัน การยกระดับผลิตภาพและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และสินค้า เพื่อสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม กระจายรายได้สู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ สร้างการเจริญเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การวางรากฐานการพัฒนาการเกษตรที่จะนำไปสู่การพัฒนาและการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ สร้างความมั่นคงทางด้านอาหารและการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้แก่เกษตรกร โดยให้ความสำคัญกับการยกระดับการผลิตให้เข้าสู่คุณภาพมาตรฐานความปลอดภัย เพื่อเสริมสร้างให้มีการพัฒนามีการเติบโตอย่างต่อเนื่องและเข้มแข็ง เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการเกษตรทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

กาแฟ เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของไทย พื้นที่ปลูกกาแฟลดลงอย่างต่อเนื่อง ปี 2562/63 เนื้อที่ให้ผล 214,294 ไร่ แยกเป็นเนื้อที่ พันธุ์อาราบิก้า 87,159 ไร่ พันธุ์โรบัสต้า 127,135 ไร่ ผลผลิต 18,598 ตัน แยกเป็นผลผลิตอาราบิก้า 8,553 ตัน โรบัสต้า 10,045 ตัน โดยเนื้อที่อยู่ในภาคใต้ร้อยละ 58.47 ภาคเหนือร้อยละ 39.82 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 0.86 และภาคกลางร้อยละ 0.85 จึงมีปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการในระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศและการส่งออก ทั้งที่กาแฟไทยในตลาดโลกมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับเมื่อเทียบกับคู่แข่งในภูมิภาคเดียวกัน

มะพร้าว ปี พ.ศ. 2563 มีเนื้อที่ปลูกทั่วประเทศ 859,439 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2562 11,558 ไร่ ให้ผลผลิต 591,017,088 ผล หรือผลผลิตต่อเนื้อที่ 759 ผลต่อไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกจังหวัดทางภาคใต้ 5 ลำดับแรก ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และปัตตานี รัฐบาลมีนโยบายและมอบหมายให้ทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ผลักดันให้มะพร้าวไทยมีปริมาณเพียงพอและมีคุณภาพ เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร เกษตรกรขายผลผลิตได้ในราคาเป็นธรรม

ชา ปี 2563 เนื้อที่เพาะปลูกรวมทั่วประเทศ 149,656.95 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2562 4,252.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.90 มีการเพาะปลูกใน 5 จังหวัด ผลผลิตรวม 100,762.29 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 788.72 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 131.11 บาท ต่อกิโลกรัม เนื่องจากมีความนิยมบริโภคชาจากกระแสเพื่อสุขภาพ ในประเทศยังขาดพันธุ์ดี ส่วนใหญ่นำเทคโนโลยีของต่างประเทศ (ไต้หวัน) มาปรับใช้ ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรต้องศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานอย่างเร่งด่วน เพื่อจะได้พัฒนาให้เกษตรกรสามารถปลูกและมีผลิตภัณฑ์ทดแทนการนำเข้าพันธุ์ชาเข้าจากต่างประเทศ

มะคาเดเมีย ตลาดโลกมีความต้องการสูงอย่างต่อเนื่อง คาดการณ์ในปี 2562 มีปริมาณ 99,477 ตัน เกษตรกรเริ่มมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ประเทศไทยแหล่งปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือประมาณ 20,000 ไร่ ในการวิจัยเพื่อหาพันธุ์มะคาเดเมียที่เหมาะสมในสภาพปลูกแต่ละพื้นที่ ปัจจุบันสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก เกิดภาวะโลกร้อน จึงจะคัดเลือกพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของไทยเอง เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ไม่ต้องการอากาศหนาวเย็นมากนัก ทำให้สามารถขยายพื้นที่ปลูกได้มากขึ้น ลดปริมาณการนำเข้าและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมส่งออกต่อไป มะคาเดเมียเป็นพืชที่ไม่ผลัดใบ จึงเป็นพืชหนึ่งที่ใช้ในการพัฒนาในพื้นที่ปลูกที่ทดแทนในป่าเสื่อมโทรมได้ดี

โกโก้ เป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของโลก ใช้ประโยชน์คุณค่าทางอาหารสูง ในปี 2563 พื้นที่ปลูกโกโก้ทั้งหมดส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ จำนวน 976 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 51 เช่น จังหวัดเชียงราย และ พิษณุโลก รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 348 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 18 เช่น จังหวัดอุดรธานีและจังหวัดหนองคาย ภาคกลาง 269 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 14 ได้แก่ จังหวัดลพบุรีและประจวบคีรีขันธ์ ภาคใต้ จำนวน 175 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 9 ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานีและสงขลา ภาคตะวันออก 162 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 8 ปลูกที่จังหวัดจันทบุรีแห่งเดียว โดยมีการนำเข้าเมล็ดโกโก้ในช่วงปี 2558-2562 เพิ่มขึ้น ร้อยละ 18.72 ต่อปี และในปี 2562 มีปริมาณการนำเข้า 980.20 ตัน ส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศคองโกและกินี ด้านการนำเข้าผลิตภัณฑ์โกโก้ของไทยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 7 โดยปี 2562 นำเข้าปริมาณ 44,278 ตัน ส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์และอินโดนีเซีย ผลิตภัณฑ์โกโก้ที่ไทยนำเข้ามากที่สุดคือ ช็อกโกแลต และอาหารปรุงแต่งที่มีโกโก้ รองลงมาคือ ผงโกโก้ที่ไม่เติมน้ำตาลหรือสารทำให้หวานอื่นๆ โกโก้เพสต์ (Cacao Paste) และโกโก้บัตเตอร์ (Cocoa Butter) ไทยยังมีความต้องการโกโก้จำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการปลูกขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นในภาคตะวันออกและภาคใต้ โกโก้มีศักยภาพในการแปรรูปและเพิ่มมูลค่าได้สูง

ชาน้ำมัน ดำเนินงานตามพระราชดำริ ศึกษาเพื่อคัดเลือกหาต้นพันธุ์ดี ที่สามารถในการปรับตัวเข้ากับแหล่งปลูกในไทย เพื่อให้ได้ผลผลิต เบอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของแผนงาน

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชสวนอุตสาหกรรมที่มีผลผลิตสูง คุณภาพดี
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกา กาแฟโรบัสตา มะพร้าว ชา มะคาเดเมีย โกโก้ และชา น้ำมัน ในการเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และพัฒนาระบบการผลิต
3. เพื่อพัฒนาวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยว การแปรรูป และเครื่องมือเก็บเกี่ยวและแปรรูปในกาแฟอะราบิกา กาแฟโรบัสตา มะพร้าว และชา

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการพัฒนาพืชสวนอุตสาหกรรมเพื่อเสริมสร้างงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน เพื่อพัฒนาให้ได้พันธุ์และเทคโนโลยีในการพัฒนาพืช กาแฟอะราบิกา กาแฟโรบัสตา มะพร้าว ชา ชา น้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ เพื่อเป็นรากฐานในการผลิตของเกษตรกร ในการเพิ่มผลิตภาพเพื่อให้เพียงพอับความต้องการภายในประเทศ พัฒนาคุณภาพมาตรฐาน ลดการนำเข้า เสริมสร้างให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกร มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ตลอดจนการสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้าและความหลากหลาย ลดการใช้ทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ซึ่งอยู่ภายใต้กรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาของประเทศในระยะ 20 ปี ที่มุ่งยกระดับประเทศให้ก้าวพ้นจากกับดักรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศพัฒนาแล้ว จึงต้องให้ความสำคัญกับการยกระดับความสามารถในการแข่งขัน ควบคู่กับการสร้างความมั่นคงทางอาหารและสร้างรายได้ให้กับประเทศ

ในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้านพันธุ์ พัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตทางการผลิต สร้างนวัตกรรมรูปแบบการผลิตพืชที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับเกษตรกรและสภาพพื้นที่เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดการใช้แรงงานโดยการเทคโนโลยีสมัยใหม่ และพัฒนานวัตกรรมด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ต้นแบบเทคโนโลยีและเครื่องจักรกลในการเพิ่มศักยภาพในระบบการผลิต สามารถนำเทคโนโลยีที่รับการพัฒนาแล้วไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกร/กลุ่มเกษตรกรเพื่อสร้างความเข้มแข็ง เป็นการยกระดับรายได้้อย่างยั่งยืน พัฒนาเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง ตรงตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สนับสนุนอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มากขึ้น และเพิ่มผลผลิตจนสามารถลดการนำเข้าได้ โดยมีเป้าหมายในการดำเนินการ ดังนี้

1. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

- (1) พัฒนาพันธุ์กาแฟโรบัสตา และกาแฟอะราบิกาที่มีผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพดี
- (2) เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกาได้รับการพัฒนาในการเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต เกษตรกรมีการยอมรับในเทคโนโลยีและนำไปปฏิบัติจริง
- (3) พัฒนาศูนย์การเรียนรู้-หลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟคุณภาพ ตรงตามความต้องการตลาด

2. ชุดโครงการพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอับความต้องการ

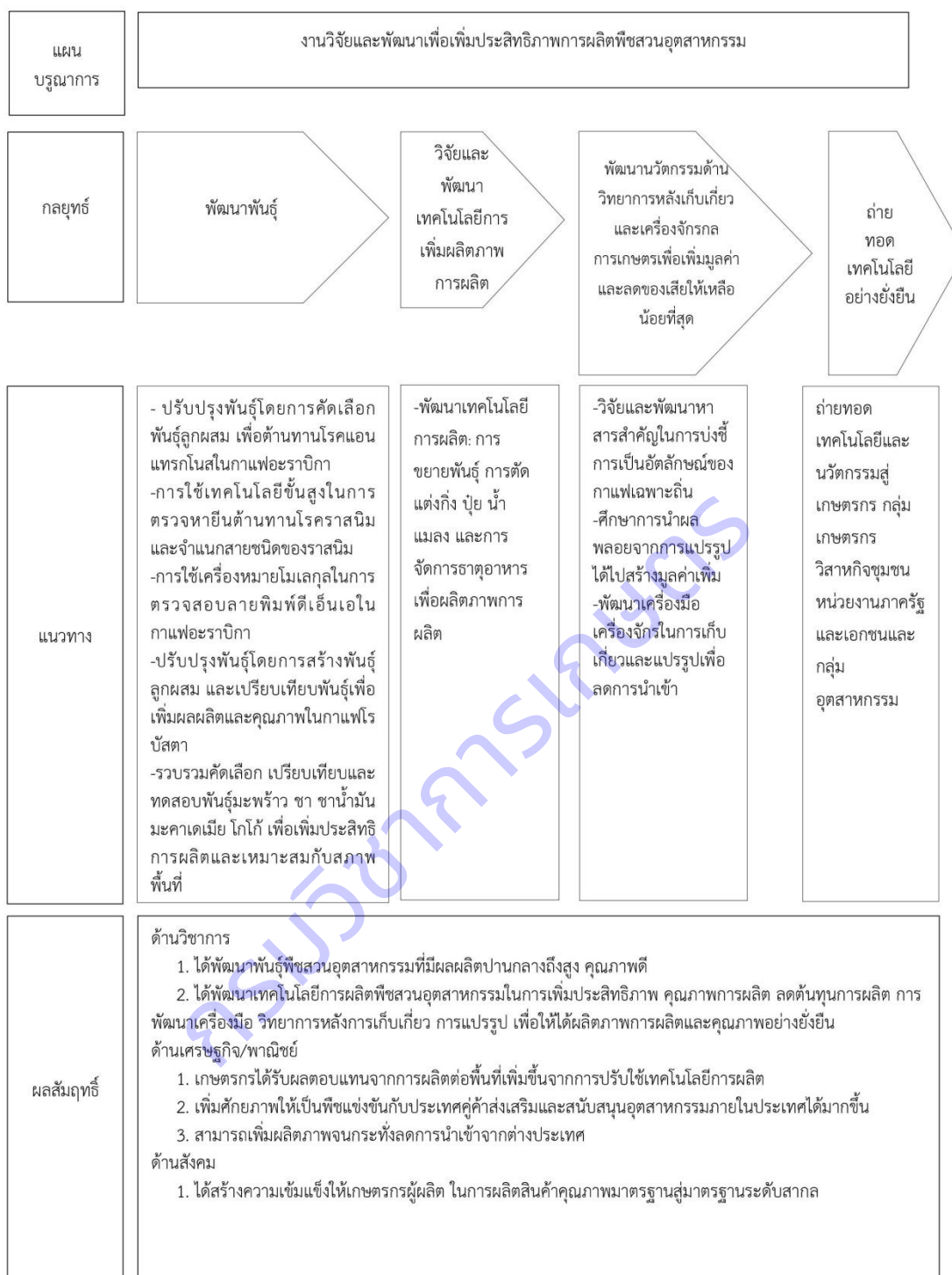
- (1) เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์มะพร้าว ที่มีผลผลิตสูง คุณภาพดี มีลักษณะตรงตามความต้องการของตลาด
- (2) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าว ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต พัฒนาระบบการผลิต

3. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมียและโกโก้

- (1) พัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตของชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมียและโกโก้

4. ชุดวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม(กาแฟและชา)

- (1) เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร
 - (2) เพื่อวิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟและโรงอบแห้งชาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระดับเกษตรกร
- แบบ ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ
- (3) เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ
 - (4) เพื่อวิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี สำหรับใช้งานในระดับผู้ประกอบการรายย่อยหรือกลุ่มเกษตรกร



ประเด็น	กาแฟ: พันธุ์ต้านทานโรค/ผลผลิตไม่เพียงพอ/การจัดการปุ๋ยในส่วนเกษตรกรแบบมีส่วนร่วม/เพิ่มผลผลิตและคุณภาพเพื่อลดการนำเข้า/สร้างอัตลักษณ์/ พัฒนาเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป มะพร้าว: ผลผลิตไม่เพียงพอ/เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อลดการนำเข้า/ปัญหาผลแตก ชา: ขาดพันธุ์ดี/ขาดเทคโนโลยีการผลิต: ปุย การตัดแต่งกิ่ง/พัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูป มะคาเดเมีย: พัฒนาพันธุ์ โกโก้: พัฒนาพันธุ์/เทคโนโลยีการตัดแต่งกิ่ง/ผลผลิตไม่เพียงพอ/ ตลาดต้องการใช้เมล็ดผลิตช็อกโกแลตมากขึ้น ขาน้ำมัน: ขาดพันธุ์ดี/ขาดเทคโนโลยีผลิต: ขยายพันธุ์ ปุย ตัดแต่งกิ่ง แมลงศัตรู			
เป้าหมาย	1. เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชสวนอุตสาหกรรมที่มีผลผลิตสูง คุณภาพดี 2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟอาราบิก้า กาแฟโรบัสต้า มะพร้าว ชา มะคาเดเมีย โกโก้ และขาน้ำมัน ในการเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และพัฒนาระบบการผลิต 3. เพื่อพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว การแปรรูป และเครื่องมือเก็บเกี่ยวและแปรรูปในกาแฟอาราบิก้า กาแฟโรบัสต้า และชา			
แนวทาง	แผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม			
กลยุทธ์	พัฒนาพันธุ์ วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตการผลิต พัฒนานวัตกรรมด้านวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด			
การดำเนินงาน	ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ	ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ขาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้	ชุดโครงการพัฒนาและเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอ กับ ความต้องการ	ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม
ผลลัพธ์/ผลลัพธ์	-พันธุ์พืชสวนอุตสาหกรรม ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า กาแฟโรบัสต้า มะพร้าว ชา มะคาเดเมีย โกโก้ ขาน้ำมัน	-เทคโนโลยีการผลิตในกาแฟอาราบิก้า กาแฟโรบัสต้า มะพร้าว ชา มะคาเดเมีย โกโก้ ขาน้ำมัน	-ต้นแบบเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟ/เครื่องอบลดความชื้นกาแฟระดับเกษตรกร -ต้นแบบโรงอบแห้งกาแฟกลา -มูลค่าเพิ่มจากกาแฟ -ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ	
กลุ่มเป้าหมายนำไปใช้ประโยชน์	เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัย สมาคมผู้ปลูกชา กาแฟ และมะพร้าว หอการค้าจังหวัด องค์การบริหารส่วนจังหวัด นักวิจัย นักวิชาการ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงอุตสาหกรรม			

แผนงานวิจัยย่อยที่ 1

วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on Increased Quality Coffee Production

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ	ปานหทัย นพชินวงศ์	ฉัตรตนา ข่มอาวุธ
ปรีชา อานันท์รัตนกุล	โกเมศ สัตยาธุ	เกรียงศักดิ์ นักผูก
จิรวาส์ เจียรตระกูล	นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล	มานพ รักญาติ
สถิตย์พงศ์ รัตนคำ	สนอง อมฤกษ์	อนุชิต ฉ่ำสิงห์
ดารากร เผ่าชู	ทิพยา ไกรทอง	ประภาพร ฉันทานุมัติ
หยกทิพย์ สุดาธิ์	อรทัย ธนัญชัย	ปริญดา หรุ่นทิม
สุริรัตน์ ปัญญาโตนะ	บุญเกื้อ ทองแท้	ไพรัตน์ ช่วยเต็ม
เสรี อยู่สถิตย์	นิตยา คงสวัสดิ์	บุญพา ชูพอม
เพ็ญจันทร์ สุทธานุกุล	วิมล แก้วสีดา	วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย	สุกัญญา นิตยนต์	ประยูร เอ็นมาก
ศจีรัตน์ กางกั้น	สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี	วีรา คล้ายพุก
ศิริภรณ์ จรินทร์	อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์	ชิดชนก ก่อเจติย์
เกตุวดี สุขสันติมาศ	ศจีรัตน์ สงวนรังศิริกุล	ประสาน สืบสุข
นัด ไชยมงคล	บุญปิยธิดา คล่องแคล่ว	ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี
ธารทิพย์ ภาสบุตร	จันทร์เพ็ญ แสนพรหม	ธัญพร งามงอน
กุลหลาบ คงทอง	วีรภรณ์ แสงไสย	นฤนาท ชัยรังสี
กรกช จันทร	ศศิธร วรปิตรังสี	วีระ วรปิตรังสี
สุเมธ พากเพียร	จรัญญา ปิ่นสุภา	สิริพร มะเจี้ยว
ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์	ยุพิน กลิ่นเกษมพงษ์	ปฏิพัทธ์ ใจปิ่น
สนอง จรินทร์	วิชญา ศรีสุข	ปาริฉัตร สังข์สะอาด
ศิริพร หัสสร้างสี	พรพนซ์ มีกุล	อภิรัชต์ สมฤทธิ์
เมธาสีทธิ์ คนการ	นารายณ์ โชติอิมอุดม	เทอดพงษ์ มหาวงศ์
เอกรัตน์ ธนทอง	อุษณีย์ จินดากุล	ผกาสินี คล้ายมาลา

คำสำคัญ (Keywords)

กาแฟอาราบิกา ความแปรปรวนของพันธุกรรม การคัดเลือกพันธุ์ องค์ประกอบของผลผลิต คุณภาพของเมล็ด

Robusta, *Coffea canephora*, genetic variation, selection, yield component, bean quality

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

แผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ ดำเนินการในปี 2559-2564 เนื่องจากปัญหาผลผลิตกาแฟโรบัสตา ในประเทศ ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ จึงได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ โดยการสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาลูกผสมพันธุ์ใหม่ได้ 12 คู่ จากคู่ผสม 15 คู่ นำลูกผสมใหม่ที่ได้มาปลูกเพื่อคัดเลือกต้นที่มีศักยภาพ เก็บข้อมูลผลผลิตการเจริญเติบโตและผลผลิตปีแรก ได้ลูกผสมจำนวน 16 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ให้ผลผลิตที่มีแนวโน้มที่ดี นอกจากนี้ได้รวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา ที่ให้ผลผลิตสูง 54 พันธุ์ การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาได้สายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงและเมล็ดมีคุณภาพ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 และ TPO14 ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงหรือมากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แต่เนื่องจากเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปีแรก ข้อมูลที่ได้จึงยังไม่เพียงพอในการประเมิน ควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปี ต่อเนื่องกัน เพื่อให้กาแฟแต่ละพันธุ์สามารถแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ และการทดสอบพันธุ์กาแฟในแหล่งปลูกต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าร่วมเงามีผลต่อปริมาณผลผลิตกาแฟ นอกจากนี้ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในพื้นที่ปลูกยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต

ส่วนในกาแฟอะราบิกา ได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา เพื่อพัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี และเพื่อหาความหลากหลายและสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาด้านทานต่อโรคราสนิม พบว่าพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10 สายพันธุ์ก้าวหน้า (1) ที่มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย ให้ผลผลิตน้ำหนัสดต่อต้น น้ำหนัสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่สูง ได้แก่ พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82, Catimor CIFIC 7963-13-28, H 420/9 ML 2/4 78-31-34, (2) กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมจากต้นเพาะเมล็ด คัดเลือกได้ 17 สายต้น และจากต้นเสียยอด คัดเลือกได้ 15 สายต้น (3) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 สายพันธุ์ ด้านทานโรคราสนิม 99-100%, Catimor CIFIC7963-13-28 สายพันธุ์ H528/46ML2/10-29-65-23 และพันธุ์ Caturra มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคราสนิมมากที่สุด (4) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ด้านทานโรคราสนิม 100% ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 8 สายพันธุ์ (5) ลูกผสมในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมและแอนแทรกโนส คัดพันธุ์ได้ 11 คู่ผสมต้านทานโรคราสนิม 100% ในระดับโรงเรือน

การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัญญาณวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ ดำเนินการ 3 สถานที่ รวบรวมได้ 5,423 สายพันธุ์ พบสายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส 4 สายพันธุ์ 15 สายต้น นอกจากนี้เทคโนโลยีชีวภาพที่พัฒนาเพื่อในการจำแนกพันธุกรรมในกาแฟอะราบิกา 3 เทคโนโลยี ดังนี้ (1) เทคนิคการตรวจสอบยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ได้แก่ วิธีการคัดเลือกลูกผสมกาแฟอะราบิกาด้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยีนต้านทานโรค การคัดเลือกลูกผสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม

วิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation (2) เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะคือ (ก) ขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆ (ข) ขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนี (ค) ขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนีและมีเชื้อราสีขาวอยู่ตรงกลางโคโลนี เมื่อนำไปศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมพบว่าคือ เชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล (3) การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ พบว่า ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR โดยใช้ไพรเมอร์ 19 คู่ ให้รูปแบบการเกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 63 ตำแหน่ง ไพรเมอร์ต่างชนิดกันทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในกาแฟแต่ละสายพันธุ์ พบค่าความหลากหลาย (PIC) ตั้งแต่ 0.13-0.79 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 0.72 ถึง 1.00 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกาจากเมล็ด Peaberry พบว่าเมื่อเพาะกล้าเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ คิดเป็น 89.1% โดยสายพันธุ์ H420/9 ML2/4 78-31-34 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด และอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ร่วมกับพันธุกรรม

ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาและลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพและยั่งยืน ต้องประกอบด้วยแนวทางในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา เพื่อการปลูกกาแฟอะราบิกายั่งยืน พบว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด $315-485 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด $4.19-9.85 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง $19-73 \mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$ และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง $0.15-1.53 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ ($1,800-2,000 \mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

นอกจากนี้ในการพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตทางการผลิต โดยเทคโนโลยีการใส่ปุ๋ย ในการผลิตกาแฟอะราบิกา ได้แก่ คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือคือ ใส่ปุ๋ย N 43 กก./ไร่ (46-0-0 84 กก./ไร่) P2O5 12 กก./ไร่ (18-46-0 26 กก./ไร่) และ K2O 26 กก./ไร่ (0-0-60 43 กก./ไร่) แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลังตัดแต่งกิ่งเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือนสิงหาคม ในการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำได้ผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร 11,874 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.0 ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25.8 ส่วนในการศึกษาผลของการให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาช่วงฤดูแล้ง (เดือน

กุ่มภาพันธุ์ ถึงพฤษภาคม) พบว่าต้นกาแฟที่มีการให้น้ำมีจำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อมากกว่า และผลผลิตกาแฟเฉลี่ยต่อต้นทั้งกาแฟผลสดและกาแฟกะลา มากกว่าไม่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง

ส่วนในกาแฟอะราบิกาพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขยายพันธุ์โดยวิธี somatic embryogenesis โดยใช้ส่วนใบอ่อน

การจัดการศัตรูพืชในกาแฟ ได้ศึกษาโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส ของกาแฟอะราบิกาได้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสในกาแฟอะราบิกา พบว่า benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ให้ผลในการป้องกันกำจัดโรคดีที่สุด และการทำความสะอาดตัดแต่งกิ่งก็สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอะราบิกาได้ใกล้เคียงกับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ในเรื่องการจัดการมอดเจาะผลกาแฟพบว่าการจัดการแบบผสมผสาน วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ ส่วนวัชพืชได้ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกและหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟและไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ส่วนในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในกาแฟ พบว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกรมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกร ผลการดำเนินงาน ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ซึ่งมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร มีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลาเมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดปราศจากเมือกสามารถนำไปตากได้ทันที ต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร เป็นการนำเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาประกอบเป็นชุดให้ทำงานต่อเนื่อง ประกอบด้วยเครื่องคัดผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดกะลาเมือก และเครื่องขัดเมือก ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณค่าอัตลักษณ์ของ กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ ในปี พ.ศ. 2559-2561 โดยศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและ องค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับ ความสูง 839-1499 เมตร จากระดับน้ำทะเล ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา โดยแปร รูป 4 รูปแบบได้แก่ สีเปียก สีกิ่งเปียก แท่งแบบที่ 1 (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้งล่าง และตากแห้ง) และ วิธีแห้ง แบบที่ 2 (ล่าง และตากแห้ง) จากการดำเนินการพบว่า มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่ พิกัด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่วมเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดย แบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ และสภาพ ภูมิอากาศ สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 เมื่อปลูกในพื้นที่ต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันทาง สถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ และในคุณสมบัติทาง ประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) โดยมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมน้ผึ้ง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้ ส่วนในการศึกษา ลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา พบว่าลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดของเมล็ดใหญ่ กว่าพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร (พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5) ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ด กาแฟพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พื้นเมือง และเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการพันธุ์กาแฟที่มีขนาดเมล็ดใหญ่เนื่องจากเก็บเกี่ยวและแปรรูปได้ง่าย ขนาดของเมล็ดกาแฟขึ้นกับพันธุ์ การปฏิบัติดูแลรักษา สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ส่วนกรรมวิธีในการแปรรูปสัมพันธ์กับน้ำหนักของเมล็ด โดยอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่ากรรมวิธีการตากแห้ง จากข้อมูลทั้งสองการ ทดลองทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดอัตลักษณ์เฉพาะถิ่นของกาแฟเพื่อสามารถยกระดับในการเพิ่มมูลค่า กาแฟต่อไป

รูปแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ พบว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน ซึ่ง พบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน โดยเฉพาะคุณภาพการชิมในแต่ละเดือนมีแนวโน้ม คุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึง เดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด

การหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์ถือเป็นนวัตกรรมการพัฒนากลิ่นรสกาแฟคุณภาพที่ได้รับการ ยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งหัวใจสำคัญของการหมักกาแฟคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเมือกกาแฟ ได้แก่ ยีสต์ และ แบคทีเรีย ที่มีศักยภาพในการผลิตกลิ่นรส โครงการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพจึงได้พัฒนา กระบวนการหมักกาแฟให้มีประสิทธิภาพรูปแบบใหม่ 3 กระบวนการได้แก่ การหมักกาแฟโดยเทคนิค AAF หรือ การหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine แบบเติมอากาศและปรับกรด ที่ สามารถควบคุมการหมักให้เสร็จภายในเวลา 18 ชั่วโมงมีการผลิตกลิ่นรสผลไม้ นอกจากนี้มีการใช้จุลินทรีย์ *Pichia Klyuvari* strain Pro-Y17 ในการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีศักยภาพดีในพื้นที่สูงและพัฒนากลิ่นรสกลุ่มช็อคโก

แลต และกระบวนการหมักแบบจำลองทางเดินอาหารสัตว์โดยเชื้อที่สกัดจากขมดโดยเบื้องต้น สามารถพัฒนา กลิ่นรสสมเนยให้กาแฟได้ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสมชนิด *Lactobacillus plantarum*, *Pichia kudriavzevii* ผสม กับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ที่ 2.0 เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ทำให้ เกิดรสชาติใหม่ ทั้งนี้มีการพัฒนาเครื่องช่วยหมักกาแฟทำให้ควบคุมการหมักง่ายโดยใช้หลักการของอากาศแบบยก มีการควบคุมการเติมอากาศและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์นอกสภาวะการหมัก ต้นทุนต่ำและกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมต่อครั้ง ผลพลอยได้จากการหมักกาแฟที่มีกว่าร้อยละ 60 ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟและน้ำเสียจากการหมักกาแฟมีการนำไปวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีกรดอินทรีย์สูงสามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งรสได้เมื่อผ่านการหมักแบบกึ่งแห้งโดยเชื้อ *Streptococcus* spp. และหากนำเชื้อ *Aspergillus niger* หมักสารสกัดที่ความเข้มข้น 40% จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ ก่อโรคแอนแทรกซ์ในกาแฟ โดยเพคตินจากเมือกที่เป็นชนิด High Methoxy Pectin สามารถนำมาผลิตสารเคลือบส้มเพื่อยืดอายุกว่า 10 วันในขณะที่น้ำหมักกาแฟสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำได้ถึงสามครั้ง และตามผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของ Cafestol และ Kahweol สามารถระบุอัตลักษณ์แหล่งผลิตกาแฟที่ผลการทดลองยืนยันว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราส่วนระหว่างกระบวนการแปรรูป สามารถใช้ในการป้องกันการละเมิดสิทธิของการสร้างกาแฟอัตลักษณ์โดยใช้หลักการทาง Chemometric ที่ประเมินอย่างรวดเร็ว

การผลิตกาแฟคุณภาพ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและรับรองการผลิตตั้งแต่แปลงทดสอบถึงแหล่งผลิต เพื่อสร้างความเชื่อถือให้แก่ผู้รับซื้อรวมทั้งผู้บริโภค ได้พัฒนา (1) ระบบการตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพ ตั้งแต่การพัฒนาข้อมูลสนับสนุนการเก็บเกี่ยวกาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้เกณฑ์ความหวาน ($^{\circ}$ Brix) และโรบัสตา พันธุ์ชุมพร 2 ใช้การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาตรผลเชอรี่ที่มีผลรวมทั้งปริมาณสารประกอบกรดเมทิลพิทาโนอิกและคาเฟอีน (2)ระบบการตรวจจำแนกกาแฟอะราบิกาและอะราบิกาและจำแนกอัตลักษณ์แหล่งผลิตด้วยสารกลุ่มไดเทอร์ปีนสองชนิด ได้แก่ คาเฟสโทล และ คาเวอล ที่สามารถใช้อัตราส่วน C/K เป็นตัวกำกับอัตลักษณ์ซึ่งจากผลการทดสอบจะคงที่ตั้งแต่ 90 วันหลังดอกบานถึงกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ (3) ระบบการจัดชั้นสารกาแฟโดยอ้างอิงจากมาตรฐานกาแฟโลกจัดจำแนกข้อบกพร่องของประเทศไทยโดยพบว่า ข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุด คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา

Abstract

Research and Development on Increased Quality Coffee Production Sub Plan was carried out in 2016-2021 due to the problems with the insufficient production of robusta coffee for domestic demand. We implemented the robusta coffee breeding program was implemented to productivity improvement. The 15 new hybrids were trialed to select potential plants and could harvest the first crop; and found 16 progenies were trend in good growth and vigor and yield with good prospects production. In addition biodiversity of robusta coffee, which could select the 54 selected potential robusta coffee high yielding cultivars; were collected. In varietal trial of robusta coffee got the progressive breed with good growth, high yields and quality seeds; 6

cultivars: TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 and TPO14, which the yield equivalent to Chumphon 2. However, since the harvest was only stored for the first 2 years, the data obtained was insufficient to assess. Product data should be kept for at least 4 consecutive years, so that each coffee variety can show its full yield potential. And the comparison trial of robusta coffee cultivars in different growing regions showed that shade affects coffee yields. In addition, the amount and distribution of rainwater in the planting area is also an important factor for growth and production.

In Arabica coffee breeding project carried out to improvement the arabica coffee cultivars with medium to high yield, disease resistance, good taste quality. And also studied on biodiversity and create identity by the DNA level of Arabica coffee. The study found that the cultivars with medium to high yielding potential, disease resistance and good taste quality were H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13, H420/. 9 ML 3/1-106-WW 29/6 and H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10. The progenies line of Arabica coffee (1) which were well in growth rate; height, stem circumference, canopy size and yield per plant; such as, H 420/9 ML 2/1 KW 82, Catimor CIFC 7963-13-28, H 420/9 ML 2/4 78-31-34, (2) 22 rust resistant progenies from seedling and grafted, (3) the F1 hybrid selection was selected for 52 cultivars that passed the selection criteria, 99-100 % rust resistant; Catimor CIFC7963-13-28, H528/46ML2/10-29-65-23 and Caturra, (4) the selection of Sarchimor Arabica hybrid were 100 % rust resistant which that passed the selection criteria for 8 selections (5) the hybrids in the selection of rust and anthracnose resistance 11 crossbreeds 100% rust resistant at the greenhouse level.

Morphological characterization of Arabica coffee in biodiversity collection was carried out at 3 sites, collecting 5,423 cultivars and identified potential strains that could be developed for breeding, high yields, resistance to fungal disease; rust and anthracnose for 4 cultivars (15 progenies). In addition, biotechnology developed for genetic identification in Arabica coffee 3 technologies as follows: (1) Gene detection technique for resistance to rust in arabica coffee; as follows: selection of rust resistant arabica coffee hybrids through disease resistance gene testing, selection of coffee hybrids based on genetic structural components, and rapid detection of coffee rust resistance by leaf disc inoculation method. (2) Gene detection technique in fungi that cause rust. There were 3 physical characteristics of the germ: (a) orange flakes condensed into clumps (b) orange flakes full of colonies (c) orange flakes full of colonies and white mold on the surface middle colony. The genotype was found to be *Hemileia vastatrix*, but the race could not be identified because the structure was not found in the Genbank, a new race rust which that was not available in the database (3). And DNA fingerprinting examination of 143

arabica coffee species found that the prototype data for DNA fingerprinting of arabica coffee was obtained. using molecular markers SSRs using 19 primers yielded 63 different DNA banding patterns. Different primers produced different DNA bands in different coffee varieties. The polymorphisms (PIC) from 0.13-0.79 had the same mean of 0.55 and the Arabica coffee genotypical values 0.72 to 1.00. The UPGMA genotypical associations were grouped into 5 groups.

A study of the transfer of quality characteristics peaberry arabica coffee seeds showed that when seedlings were grown as normal seedlings. H420/9 ML2/4 78-31- 34 and Chiang Mai 80 were 89.1 of peaberry coffee beans, respectively. The appearance of peaberry seeds were affect by temperature, humidity and rainfall and also the genetics.

The increase the efficacy of arabica coffee production and reduce production costs, the objective was the quality and sustainable productivity. In the studied found the guidelines for growing coffee under the shade for the sustainable cultivation of arabica coffee, it was found that coffee grown in shade at the harvest, flowering and fruiting stages showed the highest photosynthetic rate of 315-485 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 4.19-9.85. $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and and has a light intensity that makes the rate of photosynthesis equal to the respiration rate (Light compensation point) is between 19-73 $\mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$ and has a respiration rate (R_d) of coffee leaves in each area condition were similar, between 0.15-1.53 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. The coffee plant which were underneath the macadamia and *Prunus cerasoides* or agroforestry system which had tall trees and dense canopies, the result, coffee was exposed to low light intensity to near zero from normal light intensity (1,800-2,000 $\mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$) when compared to co-plants with tall stems, sparse canopies such as silver oak. The acacia plants in which coffee get a higher light intensity.

In addition, in increase productivity of arabica coffee, by develop the fertilizer application technology, the recommendation for the arabica coffee in the northern region was fertilizing N 43 kg/rai (46-0-0 84 kg/rai), P2O5 12 kg/rai. (18-46-0 26 kg/rai) and K2O 26 kg/rai (0-0-60 43 kg/rai) divided 3 times: after pruning January - February, after Fruiting in May and fruit enlargement in August; respectively. After trial the recommendation in arabica coffee plantations with farmers participation, it was found that fertilizer application at the recommended rate yields a yield of 45,744 baht/rai, higher than that of the farmers at 11,874 baht/rai (increased 26.0%). The cost of chemical fertilizer was decreased by 25.8%. In addition, the case study was the irrigation arabica coffee plants during the dry season (February to May)

found that watered coffee plants had a higher number of fruit node, number of fruit per node and the average yield per plant were higher than no irrigation on dry season

The propagation of arabica coffee varieties H 528/46 ML 2/10-29-65-23 could induced the young leaves through the somatic embryogenesis and to plantlets. In the studied on pest management; the anthracnose disease of arabica coffee, it was found that the morphological characteristics were able to identify the causative fungi of anthracnose was *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. In the prevention and elimination of anthracnose in arabica coffee, found that benomyl 50% WP at the rate of 20 g / 20 liters of water gave the best preventive effect. And cleaning and pruning could reduce the incidence of anthracnose coffee arabica similar to spraying plant preventive agents. In the management of coffee berry borer, were the combination of management. The most effective method was to use *Beauveria bassiana* DOA B4 + pheromone trap (Methyl alcohol : ethyl alcohol = 50 : 50) + coffee pruning. The weeding in arabica coffee, the efficacy of pre-germinated: acetochlor and oxyfluorfen were effective in controlling weeds until 60 days after spraying. In the study on the efficacy of spray herbicides after germination in coffee, it was found that all herbicides were toxic to coffee plants but does not affect growth especially herbicides glufosinate-ammonium + fomesafen at a rate of 105+50 grams of active ingredient per rai and glufosinate-ammonium + oxyfluorfen at a rate of 105+24 grams of active ingredient per rai, the effective for weed control until 30 days after spraying.

The objective of this project; Research and Development of Coffee Post-harvest and Processing, was to developed phototypes of machinery for postharvest and processing of arabica coffee for farmer. This project consisted of of 4 activities: 1) Study and develop a prototype for coffee harvester by striping. The results showed that the prototype were capable of working an average of 30.54 kg per hour. 1.33% loss of splash out of support. The machine is 2.04 times more capable than the collector. 2) Research and Development of Green Coffee Separator. The Machine can separate 90.50% of the green cherry with average working capacity of 929.62 kg/hr. and use 1.5 HP motor as power source. 3) Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group. The prototype evaluation result shows a capacity of 701 kg/hr, mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 per cent of damage kernel and readily to sun drying. 4) Research and development of fresh fruit Arabica coffee processing machinery. The processing machinery consisting of Green coffee separator, pulping machine, coffee bean cleaning machine, and de-mucilage machine. Test

results showed that the average work rate was 802.65 kilograms of fresh fruit per hour. The fracture of coffee bean after de-mucilage is 2.63%, the average water consumption is 1.65 m³/hr

Research on identity of Thai coffee aim to study and develop the value and identity of coffee for use as a basis for registering geographic indications of Arabica Coffee Bean characteristics (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) in 5 provinces (Chiang Mai, Chiang Rai, Mae Hong Son, Nan and Phayao) found that there were differences in geographic conditions such as intercropping, shade plants, planting systems, slopes of area, cultural practices, soil characteristics and climatic conditions which has physical characteristics as follow size of parchment, size of green bean, weight of 1000 of green bean, number of green beans per 100 g. μ , grade 1 -4, % Grade A, and peaberry. Chemical composition by cup tasting, the average score was 79.91 ± 2.42 from 100 score and found that different in area and variety has different aroma as macadamia, chocolate, dried flower, roasted coffee, cinnamon, nutty, peach, apricot, plum Hazelnut, ripe banana, gingerbread, caramel, butter, apple, jasmine, honey, lime, camphor, cocoa, spice, cereal and roasted fruit. The study of Robusta Coffee Bean characteristics found that the physical characteristics of size of green bean of the local variety were larger than the recommended varieties of the Department of Agriculture (Chumpon 2, Chumpon 84-4 and Chumpon varieties). Chumpon 2, Chumpon 84-4 and Chumpon 84-5 weighed 100 seeds less than the local variety. The processing method was related to the weight of the seed that the conversion rate of fresh fruit to dry seed was higher than that of drying method. From the result of the two experiments could provides the basis for determining the identity of the coffee and able to raise the level in adding value of coffee to create community products.

The identity of arabica coffee objective to study and develop the identity value of Catimor Arabica coffee in the year 2016-2018 by studying geographical characteristics. Physical characteristics and chemical composition of 35 Catimor Arabica coffee cultivars in 29 plots grown in an area with an elevation of 839-1499 m above sea level. In Chiang Mai, Chiang Rai, Nan, Mae Hong Son, and Phayao, 4 types of processing were processed, namely wet paint, semi-wet paint, dry type 1 (into the cracker twice, wash and dry) and dry method 2 (wash and dry). found There are clearly differences in geography such as coordinates, co-planted plants, shade plants, planting system, slope of the area. maintenance practice Soil characteristics by dividing the soil section according to the depth. and the amount of nutrients found at each depth of coffee roots and climate For Catimore Chiang Mai 80 Arabica coffee varieties when grown in different areas It was found that there was a statistical difference in the weight of

1,000 coffee beans, the number of coffee beans per 100 grams, the percentage of grade 1-4, the percentage of grade A beans, the percentage of pea berry, the groove characteristics of the coffee compound. and in the sensory properties of cup testing quality with a mean score of 79.72 ± 0.97 (% RSD=1.22), with different odors in each region and processing method: macadamia, chocolate. Gingerbread, butter, honey, dried flowers, roasted coffee, nuts, grains, honey, cinnamon, herbs, fruits, cocoa, baked goods and flowers. In a study of the characteristics of Robusta coffee, it was found that the physical characteristics of the native coffee beans were larger in size than the cultivars. Recommended by the Department of Agriculture (Chumphon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5) by weight of 100 beans, Chumphon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5 have a weight of 100 seeds less than the native variety. And most farmers prefer large-grain coffee varieties because they are easy to harvest and process. The size of the coffee beans depends on the variety. maintenance practice planting area climate The process of processing was related to the weight of the seeds. The conversion rate of fresh fruit to dry seed by fresh color process was higher than that of drying process. The data from these two experiments provide the basis for determining the endemic identity of coffee so that it can be leveraged to further increase the value of coffee.

The proper format for storing coffee beans It was found that storage in HDPE bags with a thickness of 40 microns was found to be of similar quality to that of HDPE bags with a thickness of 78 microns. Especially the monthly tasting quality tended to increase in tasting quality over a longer storage period, starting from 0. to the 12th month and decline respectively from the 15th to the 24th month, with the shelf life of 12 months having the highest tasting quality.

Arabica fermentation valids as novel innovation for developing the flavor of coffee quality is known worldwide. However, there are still problems since incontrollable fermentation process, absence of microorganisms, labor problems, time consuming, wastewater resources, and polluted fermentation waste which related to the core of coffee fermentation ‘ Microorganisms’ included yeast and bacteria. Arabica Coffee Fermentation Project had developed 3 new efficient coffee fermentation processes as follows: AAF techniques or oxidative fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine with aerated and acidified. This technique reduces time consume to 18 hours with the production of fruit flavor. In addition, *Pichia Klyuvari* strain Pro-Y17 was used in anaerobic fermentation with good potency at high altitudes and developed chocolate flavor. Thirdly, the bio-processing fermentation imitated the animal gastrointestinal model extracted from civet enhances milk and butter flavor to coffee. Pilot coffee fermenter has been developed in parallel to facilitate these processes by

using the air-lifting principle. This pilot-fermenter model help aeration controlled and evitated microbial with affordable cost and the production capacity is at less 50 kg per process. Futhermore, coffee fermentation by-products, which are Coffee cherry pulp, Coffee mucile and coffee wastewater, were analyzed and utilized. Especially, coffee pulp with high organic acid was able to develop as a flavoring agent after solid-state fermentation by *Streptococcus spp.*, indeed if using *Aspergillus niger*, the extract could inhibit the growth of anthracnose pathogens in coffee. These technogy have been tested in coffee farm to realize the feasibility of extending to the industrial level for sustainability. Thai Premium Coffee network affected in Department of Agriculture has been established to support this technology, extend to meet the needs of farmers, prevent problems causing throughout the production process in the future. The innovation of Arabica coffee fermentation, both new processes and product prototypes from the project, will enable farmers to raise the quality of arabica coffee to high-value added, creating farmers' identity. Finally, whole process aims to meet the creative bio-business needs in accordance with government policies with an integrated Bio-Circular-Green economy community.

Qualitative Coffee production requires new innovations to meet this disruptive society. To create new coffee flavors by simulating the fermentation of coffee, mimicking the animal feed pathway using mixed microorganisms such as *Lactobacillus Plantarum* and *Pichia Kudriavzevii* mixture combine with pepsin and pancreatic enzymes at pH 2.0 adjustment for at least 24 hours, which enhance mimic 'luwak' flavors. In addition, environmental concerned aborted the important issues, marked the importance of using more than 60% of coffee by-products from coffee fermentation, such as coffee husks, mucilage and wastewater. High methoxy pectin could obtain from coffee mucilage and used to produce 'orange coating' to extend its lifespan by more than 10 days, while coffee ferment water can be reused up to three times. However, the treatment of fermented wastewater is prior to reduce pollution through sedimentation, filtration, aeration processes and wetland plants to meet the national standards. However, in the prevention of infringement of coffee authentication, the results shown the important of chemometric principles, this rapid assessment based on the results of 'Cafestol and Kahweol ratio' analyzes was able to identify coffee producing identities that the experimental results confirmed had no effect on alteration. The ratio of both diterpenes is constant mend to 'the golden ratio' named that can be used to regulate the import coffee bean. The results of research and development on the production of quality coffee to focus on solving the problems that have been set. Through experimental results that are tested in real

areas and farmer plots to test the feasibility of extending to industrial level for sustainability. Premium coffee production network of the department of Agriculture has been created to support technology and development, extending to meet the needs of farmers, preventing problems that can occur throughout the manufacturing process in the future. Coffee fermentation innovation Inspection of new production processes and product prototypes from the project will enable farmers to upgrade coffee quality to add value. By creating a unique identity, there is also the utilization of resources from bio-based bases to meet the needs of creative bio-businesses according to the government's policy and to add value to the integrated Bio-Circular-Green based economy.

Qualitative coffee production requires necessary transparency inspection and certification system from farm to cup in order to persuade among buyers as well as consumers. The project focused on solving all three issues of production system management through cooperation from the government sector, academic sector and the private sector, which results were (1.) Harvest decision making system for quality coffee production of two regional coffee varieties, Arabica Coffee var Chiang Mai 80 using the sweetness criteria ($^{\circ}$ Brix) and Robusta var Chumpon 2 using the bark color and the volume of fruit cherries including the content of methyl butanoic acid and caffeine compounds. (2.) Authentication system for Arabica and Robusta coffee using chemometric method of diterpenes compounds: cafestol and kahweol, with their C/K ratio with constantly stable from 90 days after flowering to the coffee bean storage process (3.) Green coffee bean classification system based on the specialty coffee association (SCA) applied to local deficiencies of Thailand which found the most common defect is insects' seed followed by the fungus seed exceeding from current Thai ACFS standard.

บทนำ (Introduction)

กาแฟมีไม่เพียงพอต่ออุตสาหกรรมและการบริโภคจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศอันเนื่องมาจากการเปิดเขตการค้าเสรีในปี 2553 ที่ผ่านมา ทำให้มีการปลอมปนเมล็ดกาแฟจากแหล่งอื่นส่งผลให้ไม่มีมาตรฐานและน่าเชื่อถือ การปลูกกาแฟอาราบิกาบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ประกอบกับพื้นที่ปลูกมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ความชื้นสูง และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแต่ละปีค่อนข้างมาก การใช้วัสดุคลุมโคนต้นในช่วงฤดูแล้ง การปลูกกาแฟอาราบิกายใต้สภาพร่มเงาโดยอาศัยป่าไม้ธรรมชาติและปลูกในระหว่างแถวไม้ผลหรือไม้ผลเมืองหนาว เช่น มะคาเดเมีย นัท บัวย หรือปลูกไม้บังร่ม จะช่วยลดการสูญเสียน้ำในดิน และต้นกาแฟ สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตลอดช่วงฤดูแล้ง (ช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตระหว่าง 15 – 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิกาคือ 10 องศาเซลเซียส ถึงระดับต่ำสุดที่ระดับน้ำค้างแข็ง อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญเติบโตคือ 30 องศา

เซลเซียส การลดผลกระทบของอุณหภูมิทำได้โดยการคลุมดิน หรือ การทำบังร่มให้ต้นอ่อนของกาแฟ ผลกระทบของอุณหภูมิจะทำให้ต้นกาแฟเกิดอาการตายยอด (die back) และมีผลต่อการเจริญเติบโตและเร่งการออกดอกของกาแฟ กาแฟอะราบิกาปลูกกันในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 800 – 2,500 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,400 – 1,600 มิลลิเมตรต่อปี นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว การกระจายตัวของฝนเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่า โดยเฉพาะการกระจายตัวที่ดี จะต้องมียะเวลารับน้ำฝน 2 – 3 เดือนเพื่อกระตุ้นให้กาแฟสร้างตาดอก นอกจากนี้การเก็บเมล็ดกาแฟปนกัน อันเนื่องมาจากปัญหาค่าแรงงานในการเก็บผลกาแฟบ่อยครั้ง และถ้ากาแฟขาดน้ำช่วงขยายผลคือเป็นช่วงวิกฤตของกาแฟระยะที่ผลกำลังเติบโตทำให้ เมล็ดกาแฟมีขนาดเล็กได้ (ดิเรกและคณะ.มปป.) เพราะน้ำมีส่วนสำคัญในการพัฒนาของผลกาแฟและแนวโน้มในอนาคต ถ้าไม่มีการจัดการเรื่องน้ำในการผลิตกาแฟก็จะเกิดปัญหาเดิมๆและในหน้าฝนน้ำมาก ในหน้าแล้งขาดน้ำรดกาแฟ ด้านการจัดการน้ำในสวนกาแฟ จึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีอีกด้านหนึ่งมากกว่าการขยายพื้นที่ปลูกและพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในป่าสงวน

ผลกระทบมาจากสภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง (Climate Change) และส่งผลให้พบปัญหาการเข้าทำลายของโรคและแมลงมากขึ้น ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ โรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนส เป็นต้น ประกอบกับต้นกาแฟมีอายุมากขึ้น เกษตรกรขาดการดูแลรักษาในเรื่องการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย และมีความเชื่อว่าการเพิ่มพื้นที่ปลูกเป็นการเพิ่มผลผลิต ทำให้บุกรุกพื้นที่ป่าสงวน หรือปลูกเป็นพืชเดี่ยวในพื้นที่ที่เป็นไร่เลื่อนลอยเดิมโดยไม่มีการวางแผนระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม ทำให้ไม่ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ นอกจากนี้เกษตรกรพบปัญหาดันทุนค่าแรงที่สูงขึ้นและขาดแคลนแรงงาน มีการนำเข้าเครื่องจักรสำหรับเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟจากต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตมากขึ้น สำหรับคุณภาพของกาแฟไทยในตลาดโลกพบว่า เป็นที่ยอมรับเมื่อเทียบกับคู่แข่งในภูมิภาคเดียวกัน แต่ยังขาดมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพ

ดังนั้น กรมวิชาการเกษตร ได้มีแนวทางแก้ไขปัญหสำหรับกาแฟในเรื่องของผลผลิตที่ตกต่ำและไม่เพียงพอกับความต้องการมาตรฐานคุณภาพผลผลิต และลดต้นทุนการผลิต โดยการจัดทำชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพสำหรับกาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกา โดยวิจัยและพัฒนาในเรื่องของการปรับปรุงพันธุ์ เทคโนโลยีการผลิต ระบบการปลูก กระบวนการผลิต วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับเก็บเกี่ยวและแปรรูป เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีผลผลิตสูง คุณภาพดี ทนทานต่อโรค เทคโนโลยีการผลิตและแปรรูปที่ถูกต้องและเหมาะสม และเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร ทำให้ลดต้นทุน ลดการนำเข้า และได้ฐานข้อมูลในการสร้างมาตรฐานในการผลิตกาแฟที่เหมาะสมของประเทศไทย สอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2552 เป็นต้นมา เพื่อให้สามารถเป็นผู้นำสินค้ากาแฟในอาเซียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของแผนงานย่อย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์กาแฟโรบัสตา และกาแฟอะราบิกาที่มีผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพดี
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกาในการขยายพันธุ์และการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนเกษตรกรแบบมีส่วนร่วมเพื่อลดต้นทุนการผลิต

3. เพื่อพัฒนาวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลผลิตกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ มีเพิ่มขึ้น และลดต้นทุนการผลิต

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการที่ 1 โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา

กิจกรรมที่ 1 การสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่

การทดลองที่ 1.1 การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา

ทำการผสมเกสรด้วยมือ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม - กลุ่มที่ 1 มี 10 คู่ผสม - กลุ่มที่ 2 มี 6 คู่ผสม

วิธีการดำเนินงาน เมื่อต้นเริ่มมีดอก กลุ่มผู้ซื้อดอกบนต้นแม่พันธุ์ ทำไว้เป็นจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เก็บละอองเกสรจากพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อพันธุ์ก่อนวันผสม 1 – 2 วัน ผสมเกสรคู่ผสมพ่อ-แม่ ตามกรรมวิธีที่กำหนด กลุ่มผู้ซื้อตามเดิม หลังจากวันผสมละอองเกสร หมั่นตรวจดูช่อดอกที่ทำการผสม คอยผลิตดอกที่เกิดขึ้นตามมาในภายหลัง ซึ่งเป็นดอกที่ไม่ต้องการออกเสมอ ๆ รอจนผลเปลี่ยนเป็นสีแดง เก็บผลมาเพาะต่อไป

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา

นำเมล็ดพันธุ์กาแฟโรบัสตาลูกผสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 ไปปลูกทดสอบ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้- กลุ่มที่ 1 มี 10 คู่ผสม - กลุ่มที่ 2 มี 6 คู่ผสม

วิธีปฏิบัติการทดลอง ทำการเก็บผลสุกจากทุกคู่ผสมแบบแยกต้น ทำการเพาะเมล็ดเป็นต้นกล้า คัดเลือกต้นกล้าที่แข็งแรง คู่ผสมละ 50-100 ต้น จากนั้นนำต้นลูกที่ได้ลงปลูกเปรียบเทียบกับต้นพันธุ์พ่อ-แม่ และพันธุ์เปรียบเทียบ (พันธุ์แนะนำต่าง ๆ) ลงปลูกในแปลงทดลอง ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 3 เดือนหลังจากปลูกเป็นต้นไป และ เมื่อต้นกาแฟมีดอกและมีการติดผล เก็บข้อมูลผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต

กิจกรรมที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา

การทดลองที่ 2.1 การรวบรวมและศึกษาพันธุ์กาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ต่าง ๆ

วิธีปฏิบัติการทดลอง ปลูกร่วมกับต้นมะพร้าวแบบแถวคู่ ดูแลรักษาในช่วง 2 ปีแรก การบันทึกข้อมูล การเจริญเติบโตและคุณลักษณะประจำพันธุ์ต่าง ๆ บันทึกผลผลิต

การทดลองที่ 2.2 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตามะลัดใหญ่

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 บล็อก ให้พันธุ์ (สายต้น) เป็นกรรมวิธีมี 10 กรรมวิธี กำหนดให้มี 6 ต้นต่อพันธุ์ต่อบล็อก

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงและทรงพุ่มของต้น องค์ประกอบของผลผลิตบางลักษณะ ให้คะแนนความอุดมสมบูรณ์ของต้น บันทึกระยะเวลาการออกดอก จำนวนครั้งที่ออกดอก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว บันทึกปริมาณผลผลิตสดและเมล็ดกาแฟ (ความชื้นเมล็ด 12-13%) ต่อดัน และคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด ขนาด ฯลฯ

การทดลองที่ 2.3 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 10 สายพันธุ์ ชุดที่ 7

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ พันธุ์เป็นกรรมวิธี มี 10 กรรมวิธี

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิต การเข้าทำลายของโรคและแมลง

การทดลองที่ 2.4 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 8

วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ พันธุ์เป็นกรรมวิธี มี 12 กรรมวิธี

การบันทึกข้อมูลบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น รอบโคน ความสูง จำนวนกิ่ง/ต้น ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่ง ความยาวข้อจำนวนผลต่อข้อ บันทึกการให้ผลผลิต เช่น การออกดอก และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ปริมาณผลสด และ เมล็ดกาแฟแห้ง คุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด %คาเฟอีน อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) และบันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

การทดลองที่ 2.5 เปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 9 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ต้น ให้พันธุ์เป็นกรรมวิธี มีทั้งหมด 12 กรรมวิธี ใช้ 6 ต้น เป็น 1 experimental unit

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิต การเข้าทำลายของโรคและแมลง

การทดลองที่ 2.6 เปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 8 สายพันธุ์ ชุดที่ 10

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ต้น ให้พันธุ์เป็นกรรมวิธี มีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ใช้ 6 ต้น เป็น 1 experimental unit

การบันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต เมล็ดกาแฟแห้ง และ คุณภาพผลผลิต และบันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

การทดลองที่ 2.7 การทดสอบพันธุ์กาแฟโรบัสตา ชุดที่ 2 ในแหล่งปลูกต่าง ๆ)

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 6 บล็อก ให้พันธุ์ (สายต้น) เป็นกรรมวิธี มี 3 กรรมวิธี กำหนดให้มี 6 ต้นต่อพันธุ์ต่อบล็อก

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงและทรงพุ่มของต้น องค์ประกอบของผลผลิตบางลักษณะ ให้คะแนนความอุดมสมบูรณ์ของต้น การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม การออกดอกและติดผลครั้งแรก (precocity) ระยะเวลาการออกดอก และจำนวนครั้งที่ออกดอก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว บันทึกปริมาณผลผลิตสดและเมล็ดกาแฟ (ความชื้นเมล็ด 12-13%) ต่อต้น คุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ดกาแฟ ขนาดเมล็ด ฯลฯ และลักษณะเฉพาะอื่น ๆ

โครงการที่ 2 โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้า

กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้าต้านทานต่อโรคราสนิม จำนวน 13 การทดลอง

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1 (2559-2562)

เปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละสายพันธุ์โดยปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 50 ต้น กาแฟพันธุ์ที่คัดเลือก 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H490/9 ML3/1-106-ww29/5, H490/9 ML3/1-106-ww29/6, H490/9 ML3/1-106-ww29/10, H490/9 ML3/1-106-ww29/13, H490/9 ML3/1-106-ww29/14, H490/9 ML3/1-106-ww29/15, H490/9 ML3/1-106-ww29/23 และ H490/9 ML3/1-106-ww29/26 ไม่รวมเงา 5 ชนิด ได้แก่ ซิลเวอร์โอ๊ค ต้นทางหลวง ถั่วหูช้าง เหยียง

การทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ (2559-2562)

แผนการทดลองแบบ RCB มี 9 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำๆ ละ 100 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 2 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 P2 (พันธุ์จากประเทศจีน) กรรมวิธีที่ 6 San ramon (พันธุ์จากประเทศออสเตรเลีย) กรรมวิธีที่ 7 Catimor CIFIC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 8 Typica และกรรมวิธีที่ 9 Caturra

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 ในแหล่งต่างๆ (2559-2562)

แผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 2 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 Catimor CIFIC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 6 Caturra

การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาด้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 (ปี 2559-2560)

ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย ดังนี้ (1) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 จากต้นเพาะเมล็ด (2) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 จากต้นเสียบยอด

การทดลองที่ 1.5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 (2559)

เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์กับพ่อแม่พันธุ์และพันธุ์อ่อนแอ (Typica และ Caturra) ปลุกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างต้น 1x 1 ม.

การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย(2559)

แผนการทดลอง RCB มี 7 กรรมวิธี ขนาดหลุมปลูก 0.50x0.50x0.50 เมตร ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 San ramon กรรมวิธีที่ 2 Java Typica กรรมวิธีที่ 3 Catuai Rojo กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/4-78-62-26 กรรมวิธีที่ 5 H 528/46 ML 2/10-29-65-23 กรรมวิธีที่ 6 Catimor CIFIC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 7 Caturra

การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 (2559-2560)

ปลูกเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 1x1 เมตร ขนาดหลุม 0.50x0.50x0.50 เมตร ดังนี้ (1) CIFIC No.1 (2) CIFIC No.2 (3) CIFIC No.3 (4) CIFIC No.4 (5) CIFIC No.5

ายน 2560 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 (2559-2562)

เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์ กับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ คือ พันธุ์ Typica ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร

การทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 (2559-2562)

เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์กับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร

การทดลองที่ 1.10 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุ์กรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ (2559-2564)

2. สำรวจ รวบรวมเชื้อพันธุ์ที่มีอยู่เดิมในศูนย์วิจัยพืชสวน และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร ซึ่งได้รับเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ เพื่อศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ การประเมินคุณลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอย่างละเอียด และประเมินลักษณะทางการเกษตร ข้อมูลผลผลิต และความต้านทานโรคและแมลง และดูแลรักษาแปลงรวบรวมพันธุ์พืชอย่างสม่ำเสมอ

การทดลองที่ 1.11 การหาพื้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 (2559-2564)

1. แบบและวิธีการทดลอง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การตรวจยืนยันต้านทานโรคราสนิม

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจการแสดงออกของยีนต้านทานโรคราสนิม

การวิเคราะห์ผลการแสดงออกของยีน ใช้วิธีการวัดปริมาณแบบสัมพัทธ์ (relative quantification) ซึ่งเป็นการหาปริมาณ DNA เริ่มต้นที่ต่างกัน 2 ตัวอย่างโดยเปรียบเทียบค่า Crossing point (cp) หรือค่า threshold cyclyer (ct) ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณจำออกมาเป็นจำนวนเท่า โดยนำค่า cp ของยีนที่ใช้เป็น reference (housekeeping gene) ใช้เป็นเป็นค่าเปรียบเทียบกับค่า cp ของยีนที่ใช้ศึกษาการแสดงออกของยีน การหาปริมาณการแสดงออกของยีน (expression level) คำนวณจากวิธี $\Delta\Delta Ct$ ($\Delta\Delta Ct$ method) ของ Livak and Schmittgen, (2001) จากสมการ

$$\text{Ratio} = 2^{-\Delta\Delta Ct} \text{ โดย } \Delta\Delta Ct = (Ct \text{ Target} - \text{reference})_{\text{sample}} - (Ct \text{ Target} - \text{reference})$$

การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน

สำรวจและเก็บตัวอย่างราสนิมกาแฟในแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาใน จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย ปลูกเชื้อราสนิมกาแฟที่รวบรวมได้ลงต้นกล้ากาแฟ สกัดดีเอ็นเอเชื้อราสนิมที่ได้แหล่งต่างๆ เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเชื้อราสนิมที่สำรวจพบ ด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อราสนิมกาแฟ ตรวจสอบผลผลิตดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ นำผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (sequencing) นำผลวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ ไปออกแบบไพรเมอร์ให้ครอบคลุมส่วนของยีนที่ต้องการ เพื่อจำแนกชนิดของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ละ race วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ละ isolate ที่รวบรวมได้เพื่อจำแนก race ของเชื้อราสนิมกาแฟ

การทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา (2562-2564)

1.การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค SSR

2. การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกาโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR

3. การบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรม

กิจกรรมที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกคโนส (2559 - 2564)

การทดลองที่ 2.1 การผสมพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกคโนส (2559-2563)

ปลูกต้นกาแฟคู่ผสมไว้ในโรงเรือนที่หลังคามุงด้วยพลาสติกใส ด้านข้างเป็นตาข่ายสีขาว และแบ่งภายในโรงเรือนเป็นห้อง ๆ ของแต่ละคู่ผสม การผสมพันธุ์จะเริ่มช่วงเดือนเมษายนก่อนดอกบาน 3-4 วัน ในช่วงเช้า โดยจะมีเก็บละอองเกสรตัวผู้ (ก่อนดอกบาน 1-2 วัน) ไว้ไม่เกิน 24 ชม. ในตู้เก็บละอองเกสร ใช้กึ่งแขนงจำนวน 5 กิ่ง/

ต้น เก็บเมล็ด และเพาะลูกผสม นำไปทดสอบความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสในระดับโรงเรือน โดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ จากนั้นคัดเลือกและนำไปปลูกในแปลงสำหรับใช้ในงานทดสอบพันธุ์ต่อไป

การทดลองที่ 2.2 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส

วิเคราะห์ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในการต้านทานโรคของกาแฟสายพันธุ์ลูกผสม โดยมีหลักการคัดเลือกพันธุ์ คือ ระดับโรงเรือน (ห้องปฏิบัติการ) คือ ต้านทานโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส 100% และระดับแปลง คือ มีสายเลือดกาแฟอะราบิกาเพิ่มขึ้นจาก 50-75 % เป็น 87.25% ต้านทานโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส 80-100% ต้นเตี้ย สูงปานกลาง ข้อสั้น ความยาวระหว่างข้อไม่เกิน 4 ซม. จำนวนเมล็ด/น้ำหนัก 100 กรัม คือ ไม่น้อยกว่า 400 เมล็ด ผลผลิตสูง (เกรด A) 70% คุณภาพการชิม (Cup Quality test) ระดับคะแนนรวมไม่น้อยกว่า 6 จาก 10 คะแนน ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกา

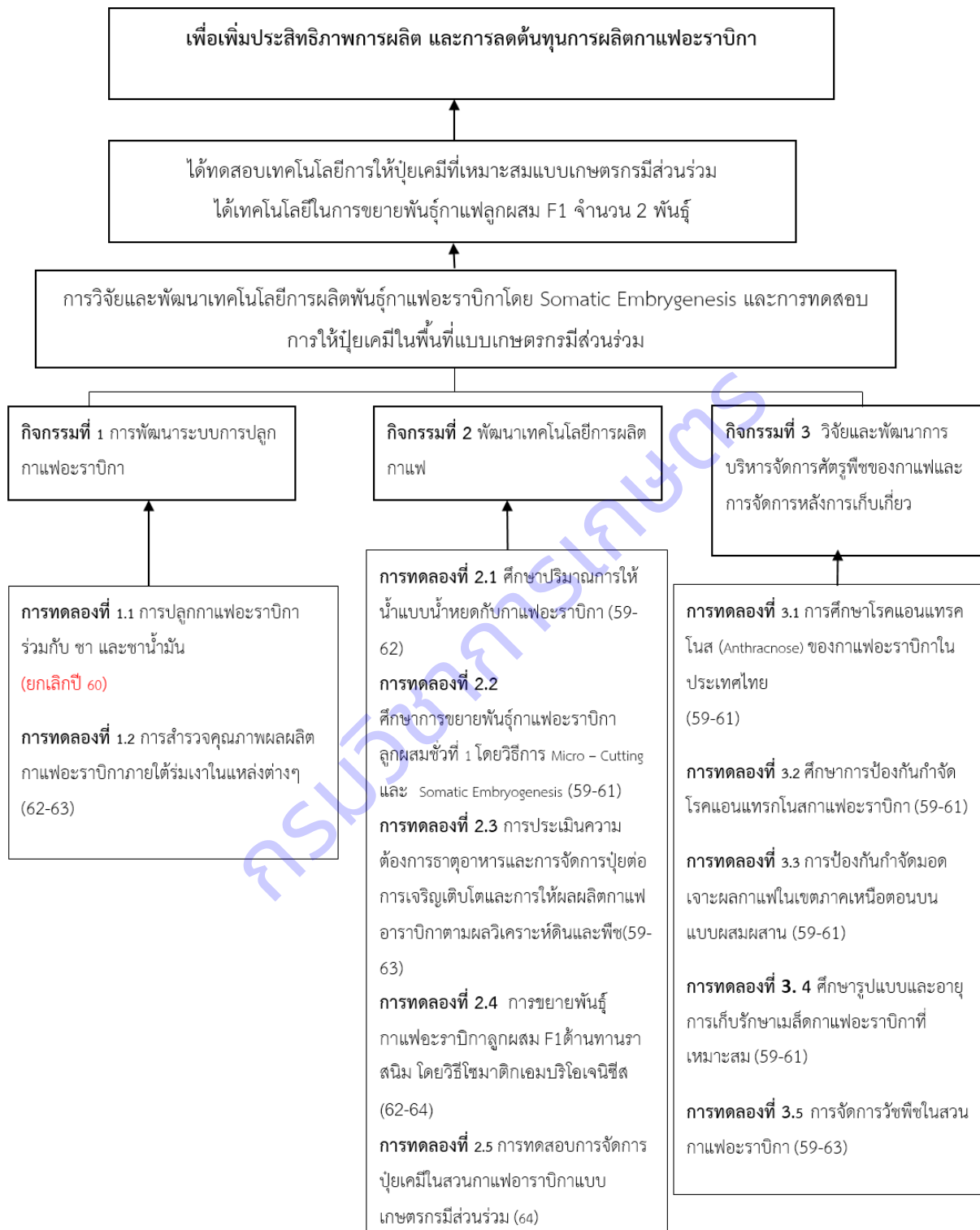
การทดลองที่ 3.1 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกามาจากเมล็ด Peaberry (2559)

1. นำเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะ Peaberry เพาะเป็นต้นกล้าพร้อมปลูกหลุมปลูกขนาด $0.50 \times 0.50 \times 0.50$ เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุมปลูกเป็นกลุ่มในปี 2554 เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

2. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลง โดยมีหลักการคัดเลือกพันธุ์คือ มีการถ่ายทอดลักษณะ Pea berry 70% ขึ้นไป

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม



โครงการที่ 4. โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

วิธีการ

- 1) ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
- 2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ
- 3) ทดสอบเบื้องต้น แก๊วข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
- 4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป
- 5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน

วิธีปฏิบัติการทดลอง

การทดลองนี้ ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว นำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปสดกาแฟเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพ โดยคัดแยกผลกาแฟคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลอ่อน ผลเขียว และอาจรวมทั้งผลกาแฟเสียที่ลอยน้ำออกก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก

1. ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแฟ โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าผลกาแฟอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรูดผลกาแฟและแบบตีผลกาแฟ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

แบบรูดผลกาแฟ ประกอบด้วยลูกกลิ้งรูดผลกาแฟทรงกระบอก ติดริ้วหรือครีบทตามความยาว ลูกกลิ้งหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร (พิจารณาจากขนาดเมล็ดกะลาเมื่อแก่และผลกาแฟ) หลักการทำงานของผลกาแฟสุกมีลักษณะนุ่มจะถูกลูกกลิ้งรูดให้ลอดผ่านช่องตะแกรง โดยผลกาแฟสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดกะลาเมื่อแก่ปลิ้นออกจากเปลือก ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง

แบบตีผลกาแฟ ประกอบด้วยลูกกลิ้งหมุน มีลักษณะทรงกระบอกติดครีบทตามความยาว ทำหน้าที่ตีผลกาแฟไปกระทบกับผนัง ผลกาแฟสุกซึ่งมีลักษณะนุ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีลักษณะแข็งจะกระดอนกลับไปได้ไกลกว่า แผ่นกั้นช่องแยกผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตีผลกาแฟกับผนังกระทบสามารถปรับระยะได้

- 1) ทดสอบเบื้องต้น แก๊วข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
 - 2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของต้นแบบทั้งสองแบบ คือ แบบรูดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ
- วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการคัดแยก ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยปัจจัยศึกษาสำหรับแบบรูดผลกาแฟ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแฟ และแบบช่องเสื้อตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) ปัจจัยศึกษาสำหรับแบบตีผลกาแฟ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแฟ ระยะห่างของผนังกระทบ และระยะห่างช่องแผ่นกั้นระหว่างผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักผลกาแฟก่อนและหลังการคั่วแยกผลอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- เวลาที่ใช้ในคั่วแยกผลกาแฟอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- คุณภาพผลกาแฟหลังการคั่วแยก
- น้ำหนักผลกาแฟอ่อนที่ปนในผลกาแฟสุกหลังการคั่วแยก
- น้ำหนักผลกาแฟสุกที่ปนในผลกาแฟอ่อนหลังการคั่วแยก
- กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
- ความเร็วของลูกกลิ้งรีดผลกาแฟ และลูกกลิ้งรีดผลกาแฟ (เมตรต่อวินาที)

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

วิธีดำเนินการ

1) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง โดยป้อนกาแฟเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแฟรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอกสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกาแฟที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

2) ทดสอบเบื้องต้น แกะไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

3) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการขัดล้างเมือก คุณภาพเมล็ดกาแฟกะลา ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และปริมาณการใช้น้ำ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบปัจจัยศึกษาต่างๆ จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

ความเร็วของแกนขัด 3 ระดับ ระหว่าง 3 - 5 เมตรต่อวินาที

ความยาวก้านกวนเมล็ด 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร

จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร)

ก้านกวนเมล็ดแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม

ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาหลังขัดล้างเมือก

4) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย โดยเลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

น้ำหนักผลกาแฟสุกก่อนทำการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด

เวลาที่ใช้ในลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด

น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกแตก

เวลาที่ใช้ในขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก

น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

กระแสไฟฟ้าใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)

ความเร็วของแกนขัดล้างเมือกต้นแบบ (เมตรต่อวินาที)

ระดับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมือกแล้ว (มิลลิเมตร)

กิจกรรมที่ 4 วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1) ออกแบบสร้างต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ มีส่วนประกอบดังนี้

- เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนต้นแบบจากการทดลองที่ 2 ใช้คัดแยกผลกาแฟอ่อนออกจากกาแฟสุก
- เครื่องลอกเปลือกผลสด โดยเลือกใช้เครื่องที่ผลิตในประเทศที่มีประสิทธิภาพ และเกษตรกรนิยมใช้ (โรงงานเพชรศรี จังหวัดชุมพร) ใช้ลอกเปลือกผลสด ได้เมล็ดกะลาเมือก ส่วนเปลือกถูกแยกออกไป
- เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสม เป็นแบบทรงกระบอกหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 800 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กแผ่นตะแกรง ขนาดรู 8 x 20 มิลลิเมตร ใช้สำหรับคัดแยกกาแฟหลังจากผ่านเครื่องลอกเปลือก เพื่อคัดแยกผลที่ไม่ถูกลอกเปลือก และเปลือกบางส่วน ออกไปจากเมล็ดกะลาเมือก ซึ่งเมล็ดกะลาเมือกจะไหลลงสู่เครื่องขัดล้างเมือกต่อไป
- เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ต้นแบบจากการทดลองที่ 3 ได้เมล็ดกะลาขึ้นที่พร้อมนำไปตากแห้ง
- ออกแบบสร้างโครงสร้างสำหรับยึดประกอบเครื่อง

2) ติดตั้งต้นแบบทดสอบการใช้งานบันทึกข้อมูล คุณภาพของเมล็ดกาแฟ ความสามารถในการทำงาน ปริมาณการใช้น้ำ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

3) ปรับปรุงแก้ไขทดสอบการใช้งานในพื้นที่ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักและคุณภาพของผลกาแฟสุก
- เวลาที่ใช้ในการแปรรูปด้วยต้นแบบชุดเครื่องจักรกลแปรรูปผลสดกาแฟระดับเกษตรกร

- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมื่อแตกหลังการลอกเปลือก
- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือก
- คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมือก
- ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- กระแสไฟฟ้าใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)
- ค่าใช้จ่ายในการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- คุณภาพเมล็ดกาแฟจากการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ

โครงการที่ 5. โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอาราบิกา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สํารวจข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอาราบิกาในจังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และน่าน บันทึกข้อมูลคือ ความสูงพื้นที่ พิกัดแปลงปลูก สภาพพื้นที่การปลูก แหล่งน้ำทำการเกษตร สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนสะสม เป็นต้น การเจริญเติบโต ออกดอก ติดผลและเก็บเกี่ยว การปลูกและดูแลของเกษตรกร ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน ปัจจัยการผลิต กระบวนการแปรรูปและจำหน่ายของเกษตรกร แหล่งพันธุ์ ประวัติการปลูก ธาตุอาหารในดิน

2. รวบรวมข้อมูล ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิกาในภาคเหนือ เลือกเกษตรกร ตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา (Time series) เป็นเอกสารวิชาการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟจากแต่ละแหล่งปลูกที่สำคัญกาแฟอาราบิกาในจังหวัดภาคเหนือ โดยเก็บตัวอย่างเก็บผลสดกาแฟที่สุกแก่ (90%) จากแหล่งปลูกรายละเอียด 100 ก.ก.ต่อตัวอย่าง ลอยน้ำ และคัดแยกผลดี คัดแยกขนาด นำมาแปรรูป 4 รูปแบบได้แก่ (1) วิธีสีเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ หมัก 2 คืน ขัดเมือก ล้าง และตากแห้ง) (2) วิธีสีกึ่งเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้ง หมัก 12 ชั่วโมง ขัดเมือก ล้าง และตากแห้ง) (3) วิธีแห้งแบบที่ 1 (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้ง ล้าง และตากแห้ง) และ (4) วิธีแห้งแบบที่ 2 (ล้าง และตากแห้ง)

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ได้แก่ เมล็ดกาแฟแบบกะลา เมล็ดกาแฟแบบสาร ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ KETT รุ่น PM650 Version 6501

4.1.2 ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ ด้วยแผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบกะลา และใช้หลักการประเมินเปรียบเทียบตามระบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบสาร

4.1.3 อื่นๆ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด (กว้าง ยาว หนา) ขนาดของสารกาแฟ (กว้าง ยาว หนา) น้ำหนักสารกาแฟต่อ 1000 เมล็ด (กรัม) จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม (เมล็ด) เมล็ดกลม (Peaberry) ขนาดของเมล็ด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 (เมล็ดขนาด >7.1 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 (เมล็ดขนาด 6.3≤7.1 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 (เมล็ดขนาด 5.6≤6.3 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 (เมล็ดขนาด ≤ 5.6 มิลลิเมตรเฉลี่ย) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A (เมล็ดขนาด > 5.6 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ข้อบกพร่อง (Deflect) ได้แก่ เมล็ดดำ เมล็ดแตก เมล็ดสามเหลี่ยม เมล็ดแมลงทำลาย เมล็ดขีด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.5701-2552 เมล็ดกาแฟอะราบิกา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) ลักษณะร่องของกาแฟกะลา (ตรง-โค้ง) รูปทรงของกาแฟกะลา (เรียว-กลม) ลักษณะร่องของสารกาแฟ (ตรงลึก-ตรงตื้น-โค้งลึก-โค้งตื้น) รูปทรงของสารกาแฟ (กลมป้อม-ค่อนข้างกลม-กลมรี-ยาวเล็ก)

4.2 องค์ประกอบทางเคมี ทดสอบโดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-เบส (pH), ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acid content: TAC), ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายได้ในน้ำ (Alkalinity of the soluble ash: AA), สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen contain: NC), ค่าสีที่พื้นผิว (Color: C), ปริมาณความชื้น (Moisture content: MC) และ ปริมาณน้ำตาล (Sugar content: SC)

4.2.2 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ฟิวแรน (Polychlorinated dibenzofurans PCDFs: Fur), ไพรีดีน (Pyridine: Pyr), คาเฟอีน (Caffeine: Caff), กรดควินิก (Quinic acid: QA), กรดคลอโรจีนิค (Chlorogenic Acid: CA), ไตรโกเนลไลน์ (Trigonelline: Tri), PAH group หรือ PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: PAHs) ไพรีน (Pyrene: Pye), เบนโซเอไพรีน (Benzo[a]pyrene: B[a]P), ฟลูออแรนทีน (Fluoranthene: Flu), เบนโซบีฟลูออแรนทีน (Benzo[b]fluoranthene: B[b]f), โอคราโทกซิน เอ (Ochratoxin A: OTA), คาเฟสตอล (Cafestol) และ คาเวโอล (Kahweol)

4.2.3 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

1) ทดสอบกลิ่นด้วยเครื่อง E-nose ได้แก่ กลิ่นถั่ว (Garden Peas: E-VG), กลิ่นแบล็คเคอร์เรนต์ (Blackcurrant: E-FB), กลิ่นเนย (Butter: E-AB), กลิ่นคาราเมล (Caramel: E-TC), กลิ่นถั่วคั่ว (Roasted peanuts: E-TRP) และ กลิ่นกาแฟคั่ว (Roasted coffee: E-TR)

2) คุณภาพการชิม แบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ (1) สายตา (Visual) ได้แก่ สี (Color: Dark/Medium/Light) ความหนาของครีมมากาแฟ (Thickness: Thick/Medium/Less), ระยะเวลาการคงอยู่ของครีมมากาแฟ (Persistency on the board of Cup) (2) กลิ่น (Olfactive) ได้แก่ Aromatic (Fruity/ Flowery), Evolution, Persistency (in seconds after smell) (3) รสชาติ (Gustative) ได้แก่ Sweetness, Acidity, Bitterness, Astringency, Evolution, Aromatic, Persistency (in seconds after drink) (4) ความพึงพอใจ (General Impression) ได้แก่ Quality, Coffee Varieties

3) คุณภาพการชิม แบบ Cup testing ใช้หลักการประเมินตามแบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) ระดับดี (Good = 60-67.5) ดีมาก (Very Good = 70-77.5) ยอดเยี่ยม (Excellent = 80-87.5) สุดยอด (Out standing = 90-97.5) รวมคะแนนเต็ม 100 คะแนน

4.3 ปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail-P), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec-K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec-Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec-Mg), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe) อินทรีย์คาร์บอน (OC), แมงกานีส (Mn) ซัลเฟอร์ (S) และ โบรอน (B)

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สืบหาข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟโรบัสตาในเขตจังหวัดทางภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง บันทึกข้อมูลคือ ความสูงพื้นที่ พิกัดแปลงปลูก สภาพพื้นที่การปลูก แหล่งน้ำทำการเกษตร สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนสะสม เป็นต้น การเจริญเติบโต ออกดอก ติดผลและเก็บเกี่ยว การปลูกและดูแลของเกษตรกร ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน ปัจจัยการผลิต กระบวนการแปรรูปและจำหน่ายของเกษตรกร แหล่งพันธุ์/ประวัติการปลูกกาแฟ ชาติอาหารในดิน

2. รวบรวมข้อมูล ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟโรบัสตาในภาคใต้ เลือกเกษตรกรตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา (Time series) เป็นเอกสารวิชาการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตาในภาคใต้ โดยเก็บตัวอย่างเก็บผลสดกาแฟที่สุกแก่ (90%) จากแหล่งปลูกต่าง ๆ สุ่มเก็บตัวอย่าง 10% ของประชากรที่ปลูกในแต่ละแหล่ง รายละเอียด 25 ก.ก. ต่อตัวอย่าง ลอยน้ำ และคัดแยกผลดี คัดแยกขนาด แล้วแปรรูป 2 รูปแบบได้แก่ (1) โดยวิธีสีเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ-หมัก 2 คืน-ขัด เมือก-ล้าง และตากแห้ง) (2) วิธีแบบแห้ง (ลอยน้ำ และตากแห้ง)

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด (กว้าง ยาว หนา), ขนาดของสารกาแฟ (กว้าง ยาว หนา), จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม (เมล็ด) ความหนาแน่นของเมล็ด สี กลิ่น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟดิบที่เสีย รูปร่างของเมล็ด และลักษณะร่องของเมล็ด เป็นต้น

โครงการที่ 6 โครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ปริมาณทริบโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอร์รี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2

ตอนที่ 1 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอร์รี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอร์รี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ตัดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 จากแหล่งปลูกในเขตภาคเหนือ จำนวน 4 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 และ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 92 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 176 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 232 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 273 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ (

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 94 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 180 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 235 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 278 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 4 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี (เชียงราย) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 98 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 182 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 238 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 280 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

1.2 สีเปลือกของผลเชอรี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็น ค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว

ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง

ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

1.3 สังเกตอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอรี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

นำผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แยกเปลือก เนื้อและเมล็ดออกจากกันด้วยเครื่องสีผลเชอรี่ นำเมล็ดกาแฟแช่น้ำ เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมงเพื่อหมักเมล็ด และล้างด้วยน้ำสะอาด ฟึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดดบนลานปูนซีเมนต์ปูด้วยผ้าใบหรือสแลน ประมาณ 10-15 วัน หรือตากจนกว่าจะมีเมล็ดกาแฟมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 เมล็ดกาแฟที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือกาแฟกะลาไปบรรจุในถุงตาข่าย วางบนแผ่นไม้ที่อยู่ในโรงเก็บรักษา

ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลานาน 6-9 เดือน จากนั้นนำกาแฟลาที่ได้นำสีเปลือกหุ้มเมล็ดออกจนได้สารกาแฟเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางเคมีในสารกาแฟต่อไป

2.1 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างสารกาแฟที่บดละเอียดหนัก 5 กรัม แช่ในสารละลายเมทานอลต่ออะซิโตนไนไตรต์ต่อน้ำ อัตราส่วน 2 ต่อ 2 ต่อ 1 ปริมาตร 10 มล. เขย่าสารสกัดด้วยความเร็วรอบ 85 rpm ด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย นาน 8 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารสำคัญออกจากสารกาแฟ จากนั้นทำการแยกสารสกัดที่ได้และตัวทำละลายออกจากกันด้วย vacuum rotary evaporator ที่ระดับความดัน 50-200 mbar ที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดกาแฟเข้มข้นพร้อมตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

2.2 นำสารสกัดกาแฟเข้มข้น ปริมาตร 10 ไมโครลิตร กรองด้วย pre-filtered ขนาด 0.2 ไมครอนเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

การวิเคราะห์นี้ ใช้ UV chromatograms ในการตรวจ หลักการทำงานคือ สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้ L-Tryptophan, Caffeine และ Chlorogenic acid เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คอลัมน์ที่ใช้คือ Waters XSelect-CSH ขนาด 100 mmx 4.6 mm. ความจุ 3 ไมโครลิตร Gradient time คือ 12 นาที สารละลาย A คือ น้ำที่มีกรดฟอร์มิก 0.1 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย B คือ เมทานอลและอะซิโตนไนไตรต์ อัตรา 1 ต่อ 1 MS ที่ใช้คือ ESI+ อัตราการไหล คือ 1 มล.ต่อนาที วิธีวิเคราะห์ คือ ฉีดตัวอย่างสารสกัดที่ผ่านการกรอง 0.2 ไมครอน ที่ปริมาตร 10 ไมโครลิตร โดยใช้สารมาตรฐานความเข้มข้น 1 มก.ต่อ มล. ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทั้งแบบสารมาตรฐานผสมและแบบสารมาตรฐานแต่ละชนิด ฉีดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดย Retention time (RT) และความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสง UV มากที่สุด ($W_{mix\ uv}$) ของสารมาตรฐาน คือ

L-Tryptophan	มี RT ที่ 5.04 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 278 nm
Caffeine	มี RT ที่ 5.85 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 272 nm
Chlorogenic acid	มี RT ที่ 6.38 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 325 nm

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

3.1 การเตรียมตัวอย่างกาแฟ นำสารกาแฟตามกรรมวิธีที่กำหนดจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี มาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh ซึ่งน้ำหนัก ปริมาณ 10 กรัมต่อแก้ว เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92.2 - 94.4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 180-200 มล. เป็นเวลานาน 3 นาที ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4-5 มล. ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.2 ผู้ทดสอบ จะใช้ผู้ชิมที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจนชำนาญในการจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) เพื่อคัดแยกข้อบกพร่อง การทดสอบกลิ่นรสในกาแฟทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Green cupping test ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) ทดสอบกลิ่นในตัวอย่างกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วย ประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวน ทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged (Faded), Over roast, Under

roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test) จำนวนอย่างน้อย 10 คน ตม และชิมกาแฟ

3.3 ผู้ทดสอบทำการประเมินและจำแนกโดยเปรียบเทียบกับกลิ่น แล้วให้คะแนนคุณภาพกาแฟที่ชิม เป็น 3 ด้านคือ

3.3.1 กลิ่น (Aroma) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นหอมของผงกาแฟที่บดไว้ไม่น้อยกว่า 15 นาที และกลิ่นหอมที่ระเหยออกมาเมื่อเราเทน้ำร้อนลงยังผลกาแฟ ตามอัตราส่วนในข้อ 4.1 เป็นเวลานาน 3 นาที

3.3.2 กลิ่นรส (Flavor) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นรสสัมผัสของกาแฟ เมื่อเราได้ slurp กาแฟเข้าไป ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมินคือ 8-10 นาที นับจากเริ่มเทน้ำร้อน ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส

3.3.3 ความรู้สึกตกค้าง (After taste) หมายถึง ความยาวนานในความรู้สึกเชิงคุณภาพของกลิ่นรสที่ยังคงอยู่ในลมหายใจ หลังจากที่ผู้ทดสอบกลืนกาแฟเข้าไปแล้วหรือบ้วนออกมา หากความรู้สึกนั้นสั้น หรือไม่ดี คะแนนควรจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมิน คือ 8-10 นาที

โดยเกณฑ์การประเมินของผู้ทดสอบ แบ่งได้ดังนี้

เกณฑ์การยอมรับด้านกลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) โดยใช้เกณฑ์คะแนน 9 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

1= extremely poor แย่ที่สุด	2= very poor แย่มาก
3= poor แย่	4= below average ต่ำกว่าเกณฑ์
5= fair ปานกลาง	6= good ดี
7= very good ดีมาก	8= excellent ยอดเยี่ยม
9= outstanding โดดเด่น	

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่น โดยใช้เกณฑ์คะแนน 4 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

0 = None ไม่พบ	1 = Low น้อย
2 = Medium ปานกลาง	3 = High มาก

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่นรส ใช้เกณฑ์เดียวกับการรับรู้ด้านกลิ่น

ตอนที่ 2 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอร์รี่ในกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ ชุมพร 2

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอร์รี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ตัดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอร์รี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 จากแหล่งเขตภาคใต้ ตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 3 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เก็บตัวอย่างผลเชอร์รี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอร์รี่เขียว (อายุผลเชอร์รี่ 183 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอร์รี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 288 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
 กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอร์รี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 309 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
 กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอร์รี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอร์รี่ 325 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
 แหล่งที่ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งพล) เก็บตัวอย่างผลเชอร์รี่เมื่ออายุ
 กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอร์รี่สีเขียว (อายุผลเชอร์รี่ 185 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
 กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอร์รี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 292 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
 กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอร์รี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 311 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
 กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอร์รี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอร์รี่ 329 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
 แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เก็บตัวอย่างผลเชอร์รี่เมื่ออายุ (ภาพที่ 7)
 กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอร์รี่สีเขียว (อายุผลเชอร์รี่ 189 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
 กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอร์รี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 294 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
 กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอร์รี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอร์รี่ 315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
 กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอร์รี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอร์รี่ 335 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
 โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอร์รี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาตรของผลเชอร์รี่ ด้วยการใส่เวอร์เนียร์คาร์ริบเบอร์ วัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของผลเชอร์รี่ โดยแสดงค่าที่อ่านได้ หน่วยเป็น มม.

1.2 สีเปลือกของผลเชอร์รี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็น ค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L	เป็น 0	คือ สีดำ	เป็น 100	คือ สีขาว
ค่า a	เป็น ลบ	คือ สีเขียว	เป็น บวก	คือ สีแดง
ค่า b	เป็น ลบ	คือ สีน้ำเงิน	เป็น บวก	คือ สีเหลือง

1.3 ชั่งน้ำหนักผลเชอร์รี่ จำนวน 25 ผล หน่วยเป็นกรัม

1.4 สังเกตอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอร์รี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ใช้การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอาราบิก้า

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ใช้การเตรียมตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอาราบิก้า

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

พัฒนากระบวนการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และสาร Kahweol ตลอดกระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การหมักกาแฟ การตากกาแฟ การเก็บรักษากาแฟ การคั่วกาแฟและกระบวนการชง ประเมินคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

1. ทดสอบการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID เปรียบเทียบระหว่างการสกัดโดยวิธี GSLS Soxhlet ที่ 4 ชั่วโมง และการสกัดโดยวิธี AOAC soxhlet ที่ 16 ชั่วโมง

2. ทดสอบเปรียบเทียบการฉีดสารสกัดโดยใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi

3. ทดสอบวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์กาแฟเบื้องต้นจากท้องตลาด

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างก่อนการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บเกี่ยวเชอร์รี่กาแฟ

1. กำหนดแปลงทดลองที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ไม่น้อยกว่า 10 แปลงทดลอง และกาแฟโรบัสต้าสายพันธุ์ชุมพร 2 ไม่น้อยกว่า 5 แปลงทดลอง

2. เก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังระยะออกดอกตามเวลาหลังติดดอกเป็นเวลา 7 – 9 เดือน โดยเก็บตัวอย่างปริมาณ 100 กรัมต่อต้น บริเวณกิ่งที่นอนที่สองที่เป็นกิ่งที่สมบูรณ์ที่สุดในของกาแฟและวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

3. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

1. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟ ภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการย่อยเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* BAwine

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *PROwine* 16

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol, ปริมาณกรดซิตริก, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 4 การตากและการเก็บรักษากาแฟ

1. แบ่งสารกาแฟในการตากโดยการสุ่มเมล็ดกาแฟอย่างน้อยแปดทดลองละ 300 กรัม และระหว่างเก็บรักษาทุกสัปดาห์ตลอดเวลาการเก็บรักษา 18 เดือนความชื้นไม่เกินร้อยละ 50

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม เมล็ดกาแฟเก็บในกระสอบป่าน

กรรมวิธีที่ 2 เก็บในถุงซิบบน One way valve

กรรมวิธีที่ 3 เก็บในกล่องกระดาษหุ้มฟลอย

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟ ภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol, ปริมาณกรดซิตริก, ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

-เวลาและสถานที่

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.1) คัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความสามารถในการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟ โดยเชิญ

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช จำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- การประเมินการแยกรสชาติพื้นฐาน ได้แก่ หวาน เค็ม เปรี้ยว ขม อูมามิ และเผื่อน เป็นต้น
- การประเมินการแยกรสชาติ ได้แก่ ผลเปรี้ยวจากกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดแลกติก กรดอะซิติก กรดมาร์ลิก และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น รสหวานจากน้ำตาลชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลซูโครส เป็นต้น และความสามารถในการรับรู้รสขมของสาร Propylthiouracil
- การประเมินการแยกกลิ่น ได้แก่ วงล้อกลิ่นกาแฟ (Coffee Taster's Flavor Wheel) จำนวน 15 กลิ่น ได้แก่ ส้ม สตรอเบอร์รี่ ถั่วลิสงบด ช็อคโกแลต อบเชย กานพลู มะลิ วนิลา น้ำผึ้ง ไวน์ ฟาง ยาง ใบชา ผลไม้อบแห้ง และน้ำส้มสายชู เป็นต้น

1.2) ฝึกฝนผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 12 คน ให้มีความเชี่ยวชาญในการทดสอบ ดังนี้

- ฝึกฝนการจำแนกข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟทางกายภาพ โดยวิธี Green grading coffee เพื่อคัดแยกข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ (Full black) เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) เมล็ดเชื้อรา (Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) และสิ่งแปลกปลอมในเมล็ดกาแฟ (Foreign Matter)
- ฝึกฝนการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test ตามมาตรฐานของ Specialty Coffee Association of America (SCAA)
- ทดสอบกลิ่นในตัวอย่งกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วยประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวนทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged

(Faded), Over roast, Under roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test)

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟ (Green coffee bean)

2.1) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิกา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (มูเซอ) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวิ) และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน ตาก เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน นครราชสีมา และชัยภูมิ

2.2) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟเมล็ดกาแฟโรบัสตา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชสวนจังหวัดชุมพร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดราชบุรี จันทบุรี ตรดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เลย นครราชสีมา ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี

ขั้นตอนที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) และเปรียบเทียบผลตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอาราบิกา (มกษ. 5701-2561) และมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) โดยมีวิธีการ ดังนี้

3.1) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟ จำนวน 350 กรัม ใส่ในภาชนะสุญญากาศ

3.2) เทเมล็ดกาแฟลงบนกระดานขาว (A4) เพื่อคัดแยกเมล็ดที่มีข้อบกพร่องหลัก (Full defect) ได้แก่ เมล็ดดำ (Full Black) เมล็ดเปรี้ยว (Full Sour) ผลกาแฟแห้ง (Cherry/Pod) เมล็ดเชื้อรา (Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe Insect) และสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) โดยการนับจำนวนเมล็ดที่พบซึ่งข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกเว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน กรณีที่พบข้อบกพร่องมากกว่าหนึ่งข้อในเมล็ดกาแฟให้นับเฉพาะข้อบกพร่องที่มีผลกระทบมากที่สุด โดยข้อบกพร่องทั้งหมดต้องไม่เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม หากเป็นให้ทำการปัดเศษลง

3.3) นำข้อบกพร่องที่พบในแต่ละรายการไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนัก (ร้อยละ) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟอาราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

3.4) นำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผล และจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิกา และโรบัสตาทางกายภาพโดยจัดลำดับชั้นตามหลัก Hierarchical Ascendant Classification (HAC)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เป็นการประเมินกลิ่น รสชาติ และรสชาติตกค้าง โดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) มีวิธีการ ดังนี้

4.1) บดตัวอย่างเมล็ดกาแฟ ให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh

4.2) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่บดแล้ว จำนวน 10 กรัม ต่อหนึ่งแก้ว

4.3) เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 92.2 – 94.4 °C) ประมาณ 180 – 200 มิลลิลิตร จับเวลา 3 นาที

4.4) ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4 – 5 มิลลิลิตร ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การชิมจะใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามเกณฑ์ในขั้นตอนที่ 1 ทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่ผสมข้อบกพร่องหลัก จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ตามกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black) ที่เกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp. ที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟก่อนการเก็บเกี่ยวและทำให้เกิดผลกาแฟเสียหายเน่าคั่ว โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดดำ)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 80 เมล็ด

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น เติมน้ำออกแบบการทดลองผสมเมล็ดกาแฟ 5 กรรมวิธี แต่เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ชิม จึงปรับเปลี่ยนวิธีการทดลอง โดยดำเนินการเพาะเชื้อและส่งทดสอบสารพิษจากเชื้อรา แทนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 80 เมล็ด

- เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลงกลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ และอาจส่งผลกระทบให้เกิดข้อบกพร่องอื่น เช่น เมล็ดเชื้อรา และเมล็ดเปรี้ยวตามมาได้ โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีแมลงทำลาย)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 80 เมล็ด

- เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean) ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) ซึ่งหากพบเมล็ด

เปรี้ยวเกิน 20 เมล็ด จะไม่ยอมรับสารกาแฟล้อนั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีเมล็ดเปรี้ยว)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด

- ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีผลกาแฟแห้ง)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 80 เมล็ด

6) สิ่งแปลกปลอม (Foreign matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีภาชนะรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด ซึ่งหากพบสิ่งแปลกปลอมเกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จะไม่ยอมรับสารกาแฟล้อนั้น นั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้ว (ไม่มีสิ่งแปลกปลอม)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คั่วเกรดแล้วผสมสิ่งแปลกปลอม ร้อยละ 0.5

โครงการที่ 7. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ

การทดลองที่ 1 การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าด้วยจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ

1.1 การเตรียมหัวเชื้อสำหรับการทดลอง

1.2 ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอาราบิก้าและคุณภาพกาแฟ

อาราบิก้าที่ได้จากการหมักในห้องปฏิบัติการ

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อ C116 2%

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ BAwine 2%

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์, ตรวจสอบสายพันธุ์ และคุณภาพกาแฟหลังหมัก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าด้วยจุลินทรีย์ในแปลงทดสอบ

2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟโดยวิธีปักติในสถานีทดลองอย่างน้อย 4 สถานี

2.2 ทดลองนำผลมาจากการสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออกด้วยมือ คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 3 วิธีคือ หมักโดยเติมหัวเชื้อของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่คัดเลือกและไม่เติมหัวเชื้อเป็นตัวควบคุมหรือการหมักตามธรรมชาติ จาก 4 สถานี

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อ BAwine 2%

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการแปรรูปแบบแห้ง(Dry process) เพื่อแสดงความสำคัญของกระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้า

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ ตรวจสอบสายพันธุ์และคุณภาพกาแฟหลังหมัก

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้า

3.1 ทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในห้องทดลอง

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ $3 \times 3 + 1$ Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ในอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 1 หมักโดยการปรับปริมาณเกลือในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 2.5% และ 2%

ปัจจัยที่ 2 หมักโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง(pH), การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ และปริมาณเกลือ

3.2 ทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในห้องทดลอง

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ $3 \times 3 + 1$ Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ในอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 1 หมักโดยการปรับปริมาณกรดในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 5% และ 10%

ปัจจัยที่ 2 หมักโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง(pH)และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

3.3 ทดสอบควบคุมปัจจัยต่อปริมาณเชื้อโดยใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบควบคุมได้เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นที่ส่งผลและควบคุมปริมาณแก๊สที่ผลิตและทดลองหมักกาแฟอาราบิก้าในบ่อหมักจริงอย่างน้อย 2 สถานีวิจัยโดยใช้การแปรผันปัจจัยที่ได้จากการพัฒนาการเร่งการหมัก

การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์การหมักเมล็ดกาแฟ ได้แก่ ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ด, ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity : AOAC, 2000), วิเคราะห์การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์คุณภาพเมล็ดกาแฟหลังคั่วและการทดสอบทางประสาทสัมผัสและตรวจสอบคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษากระบวนการหมัก AAF techniques ในการย่อยเมือกกาแฟและการประยุกต์ใช้ในแปลงทดลอง

4.1 ศึกษากระบวนการย่อยเมือกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

4.2 ทดลองนำผลมาจากการสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออกด้วยมือ คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 3 วิธีคือ หมักโดยเติมหัวเชื้อของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่คัดเลือกและไม่เติมหัวเชื้อเป็นตัวควบคุมหรือการหมักตามธรรมชาติ จาก 4 สถานี

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 การใช้เทคนิคใหม่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการแปรรูปแบบแห้ง(Dry process) เพื่อแสดงความสำคัญของกระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้า

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ ตรวจสอบสาย

การทดลองที่ 2 ศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อยในห้องปฏิบัติการ

1.1 คัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อย

1.2 ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเพคตินของจุลินทรีย์ที่แยกได้

1.2.1 ทดสอบบนอาหารแข็ง Cristal Violet Pectate Medium (CVP)

1.2.2 ทดสอบการหมักเมือกกาแฟในขวดปิดสนิท

1.3 ทดสอบการหมักในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์

1.3.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

1.3.2 ทดสอบการหมักภายใต้ระบบแอนแอโรบิกโดยการเติมหัวเชื้อยีสต์และแบคทีเรีย

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 การทำ Acidification ด้วยกรดทาหาริก จนมีค่า pH เท่ากับ 4

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* BAwine

กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Leuconostoc oneos*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantalum*

กรรมวิธีที่ 6 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากข้อ 1.2.2

2 ศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกสภาวะที่มีอากาศน้อยในแปลงทดสอบ

ทดสอบการหมักกาแฟอาราบิก้าในแปลงทดสอบ 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ), ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (ดอยมูเซอ), ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง), ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาอี) โดยบรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ทำการหมัก 6 กรรมวิธี โดยในการทดสอบการหมักจะเติมหักเชื้อที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.3.1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในขวดหมัก หลังจากนั้นปิดฝาขวดหมักและตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุมเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมง สังเกตการหลุดของเมือกจากเมล็ดกาแฟโดยวิเคราะห์ค่าความชื้น, ปริมาณกรดทั้งหมด, ความเป็นกรด-ด่าง

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหักเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 การทำ Acidification ด้วยกรดทาหาริก จนมีค่า pH เท่ากับ 4

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* BAwine

กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Leuconostoc oneos*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantalum*

กรรมวิธีที่ 6 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากข้อ 1.2.2

3 ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยนำผลการทดลองในข้อที่ 2 มาศึกษาต่อ

3.1 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในขวดปิด

3.1.1 ศึกษาผลของปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟในห้องทดลอง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต)

กรรมวิธีที่ 2 เติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต

กรรมวิธีที่ 3 เติม 1.5% แอมโมเนียมซัลเฟต

กรรมวิธีที่ 4 เติม 2% แอมโมเนียมซัลเฟต

3.1.2 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟในห้องทดลอง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง)

กรรมวิธีที่ 2 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5 ด้วยกรดทาฮาริก

กรรมวิธีที่ 3 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6 ด้วยกรดทาฮาริก

กรรมวิธีที่ 4 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 8 ด้วยกรดทาฮาริก

3.1.3 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในถังหมักในห้องปฏิบัติการ

3.1.4 ทดสอบผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ในอาหารสังเคราะห์

3.2 ทดลองหมักกาแฟอาราบิก้าในถังหมักอย่างน้อย 2 ศูนย์วิจัยโดยใช้การแปรผันปัจจัยที่ได้จากการพัฒนาการเร่งการหมัก

3.3 ตรวจสอบคุณภาพของกาแฟอาราบิก้า

3.4 เปรียบเทียบคุณภาพกาแฟที่ได้จากการหมักในระบบปิดกับวิธีปกติและคำนวณต้นทุนการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม แบบใช้เครื่องจักร แบบการใช้สารเคมีและวิธีที่พัฒนามาใหม่

การทดลองที่ 3 การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ

1. ดัดแปลงเครื่องช่วยหมักขนาด 20 ลิตรโดยใช้หลักการของ single-stage pilot plan ดัดแปลงตามวิธีของ Bartlett and Gerhardt (1989) และทดลองประกอบเครื่องช่วยหมักอย่างง่ายโดยประกอบส่วนประกอบทั้งสิ้น 3 ส่วนได้แก่ ชุดปั๊มอากาศ ส่วนของถังหมัก และชุดเก็บตัวอย่างน้ำหมัก

2. นำสภาวะเลี้ยงเชื้อของยีสต์และแบคทีเรียภายใต้สภาวะการหมักจากเทคนิค AAF technique โกเมต (2560) มาใช้ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพทำการทดสอบการหมักแบบ twin-batch competition

3. ทดสอบถังหมักโดยใช้การหมักเมือกโดยใช้เครื่องช่วยหมักอย่างง่ายล้อตามการหมัก Chloramphenicol fermentation ตามวิธีของ Bartlett and Gerhardt (1989) เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมและบันทึกข้อมูล

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ควบคุมความเป็นกรดต่าง (บันทึกการเปลี่ยนแปลง pH)

กรรมวิธีที่ 2 ควบคุมความเป็นกรดต่างโดยใช้กรดทาฮาริกปรับเป็น pH 3.0

กรรมวิธีที่ 3 ควบคุมความเป็นกรดต่างโดยใช้กรดทาฮาริกปรับเป็น pH 3.5

กรรมวิธีที่ 4 ควบคุมความเป็นกรดต่างโดยใช้กรดทาฮาริกปรับเป็น pH 4.0

กรรมวิธีที่ 5 ควบคุมความเป็นกรดต่างโดยใช้กรดทาฮาริกปรับเป็น pH 5.0

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลง, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

4. ทดสอบถังหมักโดยใช้การหมักเมือกโดยใช้เครื่องช่วยหมักอย่างง่ายล้อตามการหมัก Penicillin fermentation ตามวิธีของ Bartlett and Gerhardt (1989) เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและเวลาที่เหมาะสมในการใช้เครื่องช่วยหมัก

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ 3x3 Factorial in RCD จำนวน 3 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ควบคุมเวลาในการสกัดจำนวน 12,24,48 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ 2 ควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัดระดับ 50%, 75% และ 100% ของถังหมัก

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลง ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

5. ทดสอบถึงหมักโดยใช้การหมักจริงในสภาวะสุญญากาศในสถานีวิจัย เปรียบเทียบคุณภาพกาแฟ เวลาหมักและปริมาณเมือกที่หลุดกับวิธีปกติ

การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์การหมักเมล็ดกาแฟ ได้แก่ ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity : AOAC, 942.15) วิเคราะห์การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

การวิเคราะห์เมล็ดกาแฟหลังคั่ว ได้แก่ ความชื้นจากเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีของ The Official Analytical Chemists (AOAC 930.15) ค่าสีของเมล็ดกาแฟโดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity : AOAC 942.15) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ปริมาณเถ้าของเมล็ดกาแฟ (Ash) น้ำหนักเมล็ดกาแฟ ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาร์ล ปริมาณสารคาเฟอีน (Caffeine) และธีโอโบรมีน (Theobromine) ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิเคราะห์สารสำคัญที่ให้กลิ่นในกาแฟด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose : E-nose)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน ทดสอบชิมประเมินความชอบในคุณลักษณะของกาแฟในแต่ละด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (Visual) กลิ่น (Olfactive) รสชาติ (Gustative) และ ความพึงพอใจ (General Impression)

6. สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีปกติ คำนวณต้นทุนการทดลองและถ่ายทอดผลงาน

การทดลองที่ 4 การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการหมักกาแฟ

ขั้นตอนที่ 2 การนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์

1. ศึกษาคุณภาพและคุณสมบัติของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation) โดยมุ่งเน้นคุณค่าทางอาหารเป็นหลัก

2. ศึกษาปริมาณกรดอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ โดยเครื่องโครมาโทกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักแบบแห้ง

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์

กรรมวิธีที่ 2 เติมเชื้อจุลินทรีย์ *Aspergillus niger* (ที่ไม่ผลิตสารพิษ)

กรรมวิธีที่ 3 เติมเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp.

การบันทึกข้อมูล ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Glucose, Fructose), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณสารแทนนิน, ปริมาณกรดอะมิโน, ปริมาณกรดโครโรเจนิกและปริมาณสารอีเทอร์

3. ศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (Biofungicide) ในรูปแบบสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (อัตราเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ 100 กิโลกรัมต่อหัวเชื้อ 20 ppm) ทดสอบคุณสมบัติการเกิด Clear-zone ในการ

ยับยั้งเชื้อราจากสารสกัดโดยทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ด้วยวิธี Broth Dilution Technique

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) มี 7 ตำรับการทดลองจำนวน 5

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides*

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

หมายเหตุ: A; เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราที่เจริญในตำรับควบคุม

B; เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนผิวหน้าอาหารที่ใช้ในการทดสอบ

การบันทึกข้อมูล คุณสมบัติการยับยั้งเชื้อรา (Clear-zone distance), ปริมาณเซลล์ที่เหลือ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อรา

4. ศึกษาการผลิตกรดซิตริกจากเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp. และเพื่อพัฒนาเครื่องปรุงรส Aromat และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus lactis* 2%

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophilus* 2%

กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus faecium* 2%

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูล ปริมาณกรดซิตริก, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ทดลองผลิตสารสำคัญที่ได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟและนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในอาหารประเภทเบเกอรี่และเครื่องดื่มเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

การทดลองที่ 5 ศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์

1. คัดแยกจุลินทรีย์จากกาแฟขี้ชะมด

1.1 นำกาแฟขี้ชะมดที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูป จำนวน 10 กรัม บรรจุลงในขวดหมักที่บรรจุน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 30 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar, MRS agar และ YM agar และสุ่มเก็บจุลินทรีย์ที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน

1.2 ตรวจสอบสายพันธุ์ของแบคทีเรียและยีสต์แยกได้โดยวิธีทางชีวเคมีและโดยอาศัยอนุกรมวิธานระดับโมเลกุล

2. ทดสอบการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่แยกได้จากกาแฟสีเขียว

2.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

2.2 การหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ t-test จำนวน 2 กรรมวิธี 10 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่จุลินทรีย์ผสมที่แยกจากกาแฟสีเขียว ในข้อ 2.1

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หยุดการหมักกาแฟหลังจากหมักนาน 20 ชั่วโมง

3. ทดสอบการหมักกาแฟด้วยกรดและเอนไซม์เพื่อเลียนแบบสภาวะระบบย่อยอาหารของสัตว์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุมที่ไม่เติมกรดและเอนไซม์

กรรมวิธีที่ 2 กรดไฮโดรคลอริก 0.01%

กรรมวิธีที่ 3 เอนไซม์เปปซิน 1.4%

กรรมวิธีที่ 4 เอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin 1.4%)

4. การตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

โครงการที่ 8. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

กิจกรรมที่ 1

การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

1. นำเมือกกาแฟและเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาสกัดเพคตินเพื่อจำแนกชนิดและการนำไปใช้ประโยชน์โดยการศึกษา Degree of esterification (DE%) เพื่อจำแนกชนิด ปริมาณกรดกาแลคทูโลนิก ความหนืด การคงตัว และภาวะการก่อเจล

2. ทดลองนำเพคตินจากการสกัดจากน้ำหมักกาแฟไปใช้ในการทดสอบการเคลือบผิวส้ม

2.1. การเตรียมผลส้มเพื่อทดสอบการเคลือบ โดยนำส้มมาล้างที่น้ำสะอาดและน้ำผสมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 0.02 เพื่อทำความสะอาดและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2.2. การเตรียมสารเคลือบตามวิธีของ Moalemiyan, 2010 ใช้เพคตินสกัดละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมงผสมซอร์บิทอลปริมาณ 6.75 กรัมคนผสมและอุ่นปีแวกซ์ปริมาณ 6 กรัมและโมโนกลีเซอไรท์ 1.8 กรัมใช้เครื่องผสมอัตโนมัติ (homogenizer PowerGen700) ที่ความเร็วรอบ 14,000 rpm เวลา 4 นาทีและลดอุณหภูมิจนเหลือที่ 37 ± 2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารเคลือบปริมาตร 0.8 มิลลิลิตรมาทาเคลือบส้มและตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงและแพ็คในถุงพลาสติกเพื่อทดสอบการเคลือบผิวส้มในเวลาเก็บรักษา 30 วัน โดยแปรผันกรรมวิธีโดยเติมเพคตินสกัดปริมาณ 0%, 3% และ 5%

ขั้นตอนที่ 2 การใช้ประโยชน์จากน้ำหมักกาแฟ

1. ทดสอบคุณภาพน้ำหมักกาแฟจากการหมักสารกาแฟปริมาณไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมเซอร์รีกาแฟ โดยกระบวนการ AAF Techniques (ผลการทดลองจากการทดลองการหมักกาแฟโดยจุลินทรีย์) โดยการใช้การหมักสารกาแฟโดยจุลินทรีย์ *S. cerevisiae* strain BAwine และทดสอบการใช้น้ำหมักซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

2. นำตะกอนและน้ำเสียที่เหลือไปทดสอบเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียและตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนทิ้งในแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยการตกตะกอนและบำบัดโดยพืช โดยทดสอบระบบบำบัดขนาด 21 ลิตรและติดตามคุณภาพบำบัดน้ำหมักในระดับห้องปฏิบัติการ

2.1 ออกแบบระบบบำบัดน้ำหมักกาแฟโดยตรวจสอบคุณภาพน้ำหมักกาแฟเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำปล่อยจากโรงงานผลิตอาหารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 ดัดแปลงระบบบำบัดน้ำเสียตาม ไพฑูรย์, 2535 จำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1.) บ่อรวบรวมน้ำหมักเพื่อบำบัด (Sump tank), บ่อตกตะกอน (Sediment tank), บ่อกรอง (Filtration tank), บ่อเติมอากาศ (Aerated tank) และบ่อพืชบำบัด (Wetland tank)

3 ทดสอบขยายดัดแปลงบ่อพืชบำบัดโดยคัดเลือกพืชบำบัดในพื้นที่ทดสอบจริงโดยขยายกำลังการบำบัดขนาดไม่น้อยกว่า 100 ลิตร

3.1 ดัดแปลงระบบบำบัดจำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1.) บ่อรวบรวมน้ำหมักเพื่อบำบัด (Sump tank), บ่อตกตะกอน (Sediment tank), บ่อกรอง (Filtration tank), บ่อเติมอากาศ (Aerated tank) และบ่อพืชบำบัด (Wetland tank) และคัดเลือกพืชท้องถิ่น จำนวน 2 ชนิดได้แก่ ฐปถาชีและพุทธรักษาเพื่อบำบัดเปรียบเทียบกับระบบการบำบัดโดยการปล่อยลงดิน

ประเด็นวิจัย : งานวิจัยนี้ได้การจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดโดยไม่ใช้สัตว์ในการผลิต เพื่อพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดปัญหาการทรมานสัตว์โดยใช้จุลินทรีย์ผสมที่คัดเลือกได้จากขี้ชะมด โดยคัดเลือกเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟและไม่เป็นกลุ่มเชื้อก่อโรค ร่วมกับการใช้เอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร และการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการผลิตกาแฟ

ทดสอบการหมักกาแฟด้วยการผสมเอนไซม์และจุลินทรีย์จากลำไส้สัตว์ในขูดหมัก

1.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากขี้ชะมดโดยเลี้ยงเชื้อยีสต์บนอาหารแข็ง YM agar เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหารแข็ง Nutrient agar และเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลคติกบนอาหารแข็ง MRS agar บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง เชื้อเชื้อบนอาหารแข็งลงในขวดที่บรรจุน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับค่า optical density (OD) ที่ 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อใช้สำหรับการทดสอบการหมัก

1.2 ทดสอบการหมักกาแฟในขูดหมัก

นำผลมาจากการสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและ เมล็ดที่ลอยน้ำออกล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขูดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 2 วิธีคือ ไม่เติมจุลินทรีย์ (หมักแบบธรรมชาติ), เติมจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากกาแฟขี้ชะมดและเอนไซม์จากตับอ่อน

(Pancreatin)จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง

1.3 ตรวจสอบคุณภาพกาแฟโดยใช้การคั่วเมล็ดกาแฟแบบคั่วกลาง หลังจากหมักเสร็จแล้วล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดด ประมาณ 3-4 วัน คอยพลิกกลับเมล็ดจนเมล็ดแห้ง สุ่มตัวอย่างไปวัดความชื้นให้มีเหลือประมาณไม่เกิน 12 % นำไปสีเปลือกกาแฟออกทำการบรรจุเก็บ ในถุงพลาสติกสุญญากาศนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการสีเปลือกออกแล้ว มาคั่วด้วยเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ โดยทำการคั่วในระดับปานกลาง (medium roast) ใช้เวลาการคั่วประมาณ 8-9 นาที เมื่อคั่วเสร็จแล้วจะได้เมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลดำ เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วใส่ถุงพลาสติกสุญญากาศ นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วไปตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping) ทำการวิเคราะห์ด้าน กายภาพ วิเคราะห์ด้านเคมี และการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่หักลงในกาแฟ

2. ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

2.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากชี้ขมดโดยเลี้ยงเชื้อยีสต์บนอาหารแข็ง Yeast-Malt agar (YM) เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหารแข็ง Nutrient agar และเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลคติกบนอาหารแข็ง MRS agar บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง เชื้อเชื้อบนอาหารแข็งลงในขวดที่บรรจุน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับค่า optical density (OD) ที่ 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อใช้สำหรับการทดสอบการหมัก

2.2 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์ในขวดหมัก

2.2.1 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์โดยปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.0 และ 4.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก นำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร เติมจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ได้จากข้อ 1 ทำการหมัก 3 วิธีคือ ชุดควบคุม (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง), ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2 และปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้นปิดฝาขวดหมัก บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

2.2.3 ศึกษาผลของเวลาในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์โดยหมักกาแฟนาน 18, 20 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร เติมจุลินทรีย์และเอนไซม์เปปซิน และหลังจากนั้นปิดฝาขวด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20, 18 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

วิเคราะห์ตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือนเก็บในกระสอบป่าน, ถุงซูเปอร์ Grain Pro (HDPE), ถุง PP, ถุง PE, ถุง HDPE และกล่องกระดาษหุ้มฟลอย

4. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

ขั้นตอนที่ 2 การคั่วกาแฟ (Roasting coffee test)

1. ศึกษาคุณภาพเมล็ดกาแฟเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 10 เดือนในภาชนะที่บรรจุตามกรรมวิธีที่ได้ผลดีที่สุดที่สุดในขั้นตอนที่ 3 g เพื่อนำมาศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญโดยการเลือกการคั่วกลางแบบ Full-city Roast (อุณหภูมิไม่เกิน 240 องศาเซลเซียสเวลา 16 นาที) เพื่อลดการเกิดสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่เป็นสารพิษในการผลิตกาแฟ

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโทกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol แบ่งเป็นสารกาแฟไม่คั่ว และคั่วโดยวิธีปกติที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เวลา 5, 10, 12, 15 และ 20 นาที

ขั้นตอนที่ 3 การชงกาแฟ (Espresso cupping test)

1. ศึกษาคุณภาพกาแฟที่ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือนโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่ให้ผลดีที่สุดในขั้นตอนที่ 3 และคั่วที่ให้ผลดีที่สุดที่สุดในขั้นตอนที่ 4 เพื่อนำมาศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ (อุณหภูมิไม่เกิน 240 องศาเซลเซียสเวลา 16 นาที) เพื่อลดการเกิดสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่เป็นสารพิษในการผลิตกาแฟและการพัฒนา Perfect Cupping โดยการทดสอบ Espresso Cupping

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโทกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol โดยใช้กาแฟชงแบบ Espresso ปริมาณ 9 กรัมปล่อยเวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30 วินาที ทดสอบการใช้องค์ความรู้ของอัตราส่วนของสาร diterpenes ในพื้นที่แปลงกาแฟพรีเมียมเป็นกรณีศึกษาจำนวน 7 จังหวัดในสถานที่ทดลองและแปลงกาแฟเกษตรกรพรีเมียมเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญในพื้นที่จริง ตรวจสอบกระบวนการผลิต จุดวิกฤตและประเมินคุณภาพกาแฟ

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 1 โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา

กิจกรรมที่ 1 การสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่

การทดลองที่ 1.1 การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่มที่ 1 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

1. สันฐานวิทยาของดอกกาแฟและวันที่ดอกบาน โดยทั่วไปดอกเกิดที่ข้อตรงซอกใบ มีจำนวนประมาณ 8-20 ดอกต่อซอกใบ ดอกมีกลีบเลี้ยงห้าแฉก รองรับกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ ส่วนล่างของกลีบดอกเชื่อมติดกันคล้ายเป็นถ้วยทรงกระบอก มีอับละอองเกสรเพศผู้สี่หลอดติดอยู่กับกลีบดอกแต่ละกลีบ มีก้านอับละอองเกสรตัวผู้สั้นทำหน้าที่ยึดอับละอองเกสรไว้กับกลีบดอก ก้านเกสรเพศเมียมีปลายแยกเป็นสองแฉกและมีรังไข่ตรงส่วนฐานของดอก (inferior ovary) ซึ่งแบ่งเป็นสองช่อง แต่ละช่อง มีไข่ (ovule) อยู่ข้างละใบ ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม

เมื่อดอกบานเข้าฤดู หลังจากนั้นไม่นานอับละอองเกสรเพศผู้เริ่มแตก ปลอละอองเกสร จึงเกิดการผสมเกสรขึ้น และมีการติดผลต่อไป ในเขตภาคใต้ของประเทศไทยกาแฟโรบัสตาออกดอกประมาณเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สุริรัตน์ และ เสาวนีย์ 2548) ในช่วงที่ทำการทดลอง มีวันที่ดอกบาน 5-6 ชุด แต่ในปี 2559-2560 ทำการผสมได้เพียง 3 ชุดเท่านั้น เนื่องจากฝนตกหนักในวันที่ดอกบาน ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้และชุดวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2559 นั้นฝนตกหนักมากหลังวันผสม จนถุงคลุมช่อดอกเปียกโชกกลิ้งลื่นไปติดกับช่อดอก ดอกไม่น่าจะติดผลได้ จึงได้ดำเนินการผสมเพิ่มในปี 2560-2561 เพื่อให้ได้ปริมาณเมล็ดมากขึ้น

2. ผลการผสมเกสรและอัตราการติดผล จากการสังเกตพบว่า อัตราการติดผลขึ้นกับ

1) สภาพความพร้อมของดอก การผสมดอกที่ตูม (เริ่มคลี่กลีบดอกพร้อมที่จะบานวันรุ่งขึ้น) แม้เพียงวันเดียวก็ทำให้ไม่ติดผล อาจเนื่องจากยอดเกสรเพศเมียยังไม่พร้อมผสม (non-receptive) การผสมเกสรในปีแรกที่ทำทดลองได้อัตราการติดผลต่ำมาก เนื่องจากผสมขณะดอกอ่อนเกินไป การที่เลือกผสมดอกขณะตูมเพราะปฏิบัติงานได้ง่ายกว่า แต่เมื่อพบว่าให้ผลต่ำ ในปีต่อ ๆ มาจึงได้ทำการผสมเมื่อดอกบาน ทำให้ได้ผลดีขึ้น

2) อายุของกิ่งและตำแหน่งของกิ่งที่ทำการผสมเกสร กิ่งที่อายุน้อยน่าจะมีอัตราการติดผลดีกว่า พบว่าอายุของกิ่งและตำแหน่งความสูงของกิ่งมีความเกี่ยวเนื่องกัน ผลที่ติดส่วนใหญ่อยู่บนกิ่งที่แตกใหม่ (ซึ่งมักจะอยู่ในระดับต่ำ ไม่ต้องเอื้อมมือสูง) มากกว่ากิ่งที่อายุมาก (ซึ่งมักจะอยู่สูงบนต้น) ผลติดบนกิ่งอายุมากมีน้อยและถ้าติดก็มักจะอยู่ไม่ถึงระยะสุกเก็บเกี่ยวได้ ผลก็จะแห้งหรือผุไปหรือแห้งทั้งกิ่งก่อนผลสุก กิ่งที่นับว่าอยู่ในตำแหน่งที่สะดวกในการปฏิบัติงานควรสูงจากพื้นดินประมาณ 120 ± 20 ซม. ทั้งนี้ขึ้นกับความสูงของผู้ปฏิบัติงานด้วย

3) สภาพแวดล้อม

- ควรทำการผสมในช่วงเช้า ตั้งแต่ดอกเริ่มบานเข้าฤดู 7.00-10.00 น. อากาศที่ไม่ร้อนเกินไปช่วยให้การทำงานผ่อนคลายและได้ผลงานที่ดี

- การปฏิบัติงานบางวันมีฝนตกขณะทำการผสมเกสรทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้และมีอัตราการติดผลต่ำ

- สภาพแวดล้อมหลังการผสม มีฝนตกในวันที่ผสมหรือวันรุ่งขึ้นหลังผสมเกสรแล้วมีผลต่อการปฏิบัติงานและการติดของผลเป็นอย่างมาก ควรเปิดถุงออกภายใน 2-4 วัน สภาพอากาศหลังจากผสมแล้วน่าจะมีผลต่อการติดผลเช่นกัน หากอากาศร้อนจัดและถอดถุงเข้าไป (7 วัน)

- สภาพการเจริญเติบโตของผลบนต้นจนถึงวันเก็บเกี่ยวได้

4) การเข้ากันได้ของพันธุ์ พันธุ์ L69 x ชุมพร 1 มีอัตราการติดผลสูงกว่าคู่อื่น ๆ เฉพาะคู่ผสมนี้ แม้แต่คู่ผสมสลับแม่-พ่อพันธุ์ (reciprocal) ก็ได้อัตราการติดผลต่ำกว่ามาก

5) ความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงานต้องทำอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีการบอบช้ำน้อยที่สุด ซึ่งผลกระทบจากการปฏิบัติดูแลหลังการผสมเกสร การปลิดผลที่เกิดภายหลังออกให้หมดบ่อ ๆ อาจมีผลกระทบกระเทือนต่อผลอ่อนที่ต้องการได้

โดยธรรมชาติแล้วอัตราการติดผลเป็นผลลัพธ์มาจากการผสมเกสรอย่างสมบูรณ์ กาแฟโรบัสตาเป็นพืชผสมข้าม (crossed pollinated) และผสมเกสรโดยลม (wind pollinated) เป็นหลัก มีรายงานว่าอัตราการติดผลของกาแฟเพิ่มขึ้นได้หากมีการช่วยผสมเกสรของแมลง (Le Pelley, 1973; Klein et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ใน การทดลองนี้อัตราการติดผลต่ำอาจมีสาเหตุจากการติดผลไม่สมบูรณ์เนื่องจากสาเหตุหลักสองประการดังที่ได้กล่าว

ไว้แล้ว คือ สภาพของดอกที่มีเกสรเพศเมียไม่พร้อมผสมและสภาพฝนขณะผสมและหลังวันผสม ส่วนปัจจัยอื่นนอกเหนือจากนั้นน่าจะเป็นสาเหตุรองลงมา อย่างไรก็ดี แม้ว่าการที่ผลจะเจริญเติบโตจนสุกเก็บเกี่ยวได้ ขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น แสง สภาพแวดล้อม และธาตุอาหาร (สุรรัตน์ และ เสาวนีย์ 2548; Cannel, 1985) แต่ได้มีการจัดการปัจจัยอื่น ๆ ในการทดลองนี้อย่างเหมาะสม จึงไม่น่าจะเป็นสาเหตุในการติดผลต่ำดังกล่าว

การทดลองที่ 1.1 การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่มที่ 2

ทำการผสมพันธุ์ในแปลงพ่อ-แม่พันธุ์ พบว่า ในปี 2558/59 ดอกกาแฟมีหลายชุด ปริมาณดอกมาน้อยแตกต่างกันในแต่ละครั้ง โดยการบานของดอกกาแฟจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของฝนเป็นหลัก จากการนับจำนวนผลที่ติดหลังจากการผสมพันธุ์ 6 เดือน พบว่า คู่ผสมที่ 5 (PP01 X SKE06) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด คือ 65.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมที่ 6 (ชุมพร 2 X SC05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลต่ำที่สุด คือ 23.29 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ SC05 (คู่ผสมที่ 1 SC05 X PP05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลค่อนข้างดี แต่ไม่สามารถเก็บผลมาเพาะได้ เนื่องจากหลังจากการผสมดอกกาแฟมีการพัฒนามาจนถึงเป็นผลกาแฟที่ใกล้กำหนดเก็บเกี่ยว จะแสดงอาการผลเหลืองและร่วงหล่นในที่สุด อีกทั้งต้นแม่พันธุ์ SC 05 จะออกดอกน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ การผสมเกสรในปี 2559/60 พบว่า คู่ผสมที่ 2 (PP05 X SC05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด คือ 59.91 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลต่ำที่สุด คือ 14.83 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกาแฟชุดใหญ่ 1 ชุด ไม่สามารถทำการผสมเกสรได้เนื่องจากมีฝนตกติดต่อกัน 11 วัน สำหรับการติดผลมีลักษณะการไม่ติดผล 2 ลักษณะด้วยกัน คือหลังจากได้รับการผสมพันธุ์แล้วดอกกาแฟจะเหี่ยวและไม่มีการพัฒนาไปเป็นผลกาแฟ กับผลมีการพัฒนาแต่หลุดร่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (พันธุ์ SC05)

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

การทดลองที่ 1.2 เป็นการนำลูกผสมกาแฟโรบัสตาจากการทดลองที่ 1.1 มาทำการคัดเลือกเพื่อให้ได้พันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีขนาดเมล็ดค่อนข้างใหญ่ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่ม 1

ทำการปลูกเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2561 เนื่องจากมีฝนตกต่อเนื่องหลายเดือน ทำให้ไม่สามารถปรับพื้นที่ได้ ทำให้ปลูกล่าช้าจากปกติที่จะปลูกในเดือนพฤษภาคม 2561 ปัจจุบันต้นกาแฟโรบัสตาอายุ 3 ปี ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและข้อมูลการให้ผลผลิต ดังนี้

1. การเจริญเติบโต ลูกผสมคู่ที่ 4 พันธุ์ชุมพร 4 x L3 ลูกผสมคู่ที่ 8 พันธุ์ชุมพร 4 x ชุมพร 1 และลูกผสมคู่ที่ 9 พันธุ์ชุมพร 1 x L69 มีปัญหาจำนวนต้นไม่เพียงพอจึงได้ตัดออกจากการทดลอง และได้ทำการผสมพันธุ์เพิ่ม ได้แก่ พันธุ์ L69 x ชุมพร 4 และนำเมล็ดที่ได้มาทำการคัดเลือกร่วมกัน จากข้อมูลพบว่าลูกผสมพันธุ์ L3 x ชุมพร 4 มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงและทรงพุ่มดีกว่าลูกผสมพันธุ์อื่น รองลงมา ได้แก่ลูกผสม FRT03 x ชุมพร 1

2. ผลผลิต ปี 2563/64 ต้นกาแฟบางคู่ผสมออกดอก แต่เนื่องจากกาแฟอายุน้อยเพียง 2 ปี จึงได้ทำการลิดดอกออกเพื่อให้ต้นมีความสมบูรณ์ ปี 2564/65 เป็นการเก็บผลผลิตปีแรกซึ่งบางต้นยังให้ผลผลิตไม่เต็มที่ จากการเก็บข้อมูล พบว่าลูกผสมพันธุ์ชุมพร 1 x FRT03 ให้ผลผลิตเมล็ดแห้งมากที่สุด 23.86 กิโลกรัม/ไร่/ปี รองลงมา ได้แก่ลูกผสม L3 x ชุมพร 4 และ L69 x ชุมพร 4 ซึ่งให้ผลผลิต 15.63 และ 10.36 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3) โดยลูกผสมพันธุ์ L69 x ชุมพร 1 มีอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดกาแฟแห้งเฉลี่ย น้าหนัก

เมล็ดแห้งและค่าเมล็ดเต็มผลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าลูกผสมนี้มีเปลือกผลบาง ส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งมีค่าสูง สอดคล้องกับสุรรัตน์ และคณะ (2555) ที่รายงานว่าอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งที่ดีจะมีค่าตั้งแต่ 20.4-25.0 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่ามาตรฐานของเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ปกติจะมีน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 12-15 กรัม (Charrier and Berthaud, 1987 อ้างถึงใน สุรรัตน์ และคณะ, 2555; Clarke, 1988) ส่วนค่าเมล็ดเต็มผลเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าในกาแฟพันธุ์นั้นมีเมล็ดคู่มากหรือน้อย (IPGRI, 1996) (ค่าเมล็ดเต็มผล = 2) ซึ่งกาแฟที่มีเมล็ดเดี่ยวหรือเมล็ดลีบมากจะส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ซึ่งการมีเมล็ดเดี่ยวเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์หมายถึงการลดลงของผลผลิต 0.75 เปอร์เซ็นต์ (Ferwerda, 1948)

เนื่องจากกาแฟทดลองเป็นกาแฟที่มาจากการเพาะเมล็ดจึงมีความไม่สม่ำเสมอในเรื่องการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ไม่เหมือนกับกาแฟที่มาจากวิธีการเปลี่ยนยอดหรือเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า จากการทดลองพบว่าภายในกลุ่มเดียวกันมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก หากคัดเลือกลูกผสมเฉพาะต้นที่มีความดีเด่นโดยพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) น้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด และปริมาณผลผลิต พบว่ามี 5 กลุ่ม 7 ต้น ที่มีลักษณะดี ให้ปริมาณผลผลิตมากกว่าค่าเฉลี่ยในกลุ่มลูกผสมเดียวกัน โดยลูกผสมทั้ง 7 ต้น มี Out-turn อยู่ในช่วง 17.47 – 22.71 เปอร์เซ็นต์ บางต้นมี Out-turn ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ แต่มีน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ดสูงกว่า 17 กรัม ซึ่งเป็นเมล็ดที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (น้ำหนัก 17-18 กรัม) ไปจนถึงเมล็ดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 18 กรัม) การที่เมล็ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่น่าจะมาจากการใช้ต้นแม่เป็นพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ เช่น พันธุ์ชุมพร 1 และ L3 ซึ่งเป็นพันธุ์ไทยพื้นเมือง ทั้งนี้ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดจะได้รับการถ่ายทอดลักษณะที่ดีจากต้นแม่ (Ferwerda, 1948)

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่ม 2

จากการทดลองกาแฟโรบัสตาลูกผสมแปลงที่ 1 ได้จากการผสมพันธุ์ของปี 2558/59 ให้ผลผลิตเพียง 1 ปี และผลผลิตปีที่ 2 ยังอยู่ระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต หากพิจารณาคัดเลือกในภาพรวมของกลุ่ม จากการเจริญเติบโตดี การออกดอกและการให้ผลผลิตเร็ว พบว่า ลูกผสมของสายพันธุ์ SKE06 X พันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ให้ผลผลิตและออกดอกเร็วกว่ากลุ่มอื่นๆ ปีที่ 1 มีการออกดอกมากที่สุด 76 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนต้นทั้งหมด และปีที่ 2 มีการออกดอก 82 จากจำนวนต้นทั้งหมด แต่ยังพบการกระจายตัวของกาแฟลูกผสมแต่ต้นภายในกลุ่มเดียวกัน จึงทำการคัดเลือกแยกแต่ละต้น เพื่อคัดเลือต้นที่มีลักษณะที่โดดเด่น การเจริญเติบโตดี ออกดอกเร็ว ผลผลิตตก จำนวนข้อที่ติดผลและจำนวนผลต่อกิ่งให้ผลมาก จำนวน 9 ต้น ประกอบด้วย ลูกผสมของสายพันธุ์ SKE01X พันธุ์ชุมพร 2 ต้นที่ 4 ลูกผสม สายพันธุ์ SKE06 X พันธุ์ชุมพร 2 ต้นที่ 12, ต้นที่ 14, ต้นที่ 25, ต้นที่ 27, ต้นที่ 32 และต้นที่ 49 ลูกผสม สายพันธุ์ PP01 X สายพันธุ์ SKE06 ต้นที่ 18 และต้นที่ 29

การเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟปี 2564/65 เป็นการเก็บเกี่ยวผลผลิตปีแรก ซึ่งกาแฟยังให้ผลไม่เต็มที่ทำให้ไม่สามารถประเมินศักยภาพของกาแฟได้อย่างถูกต้อง หากประเมินผลผลิตเฉพาะในช่วง 1-2 ปีแรก อาจทำให้การประเมินศักยภาพของกาแฟแต่ละต้น/พันธุ์มีความผิดพลาดได้ เนื่องจากกาแฟบางพันธุ์มีการให้ผลผลิตเร็วและมีปริมาณมากในช่วง 1-2 ปีแรก หลังจากนั้นจะเริ่มให้ผลผลิตลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล เช่น พันธุ์ FRT11, FRT16, FRT48 และพันธุ์ไทยพื้นเมือง (สุรรัตน์ และคณะ, 2555) หรือบางพันธุ์มีลักษณะการให้ผลผลิตดีแบบปีเว้นปี (alternation phenomena) (ปานหทัยและคณะ, 2561) การให้ผลผลิตแบบปีเว้นปีนี้มักพบในกาแฟโรบัสตาและพบมากในกาแฟอะ

ราบิกา (Cilas and Motagnon, 2011) ซึ่งกาแฟพันธุ์ดีควรมีลักษณะการให้ผลผลิตสม่ำเสมอตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน (Carvalho et al., 1969; Cilas et al., 2003; da Fonseca et al., 2004) เพื่อให้ต้นกาแฟแสดงลักษณะเด่นและศักยภาพของแต่ละต้น/พันธุ์ได้อย่างเต็มที่ จะทำให้ผู้ประเมินพันธุ์สามารถประเมินได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

กิจกรรมที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา

การทดลองที่ 2.1 การรวบรวมและศึกษาพันธุ์กาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

1. ข้อมูลการเจริญเติบโต

1.1) ความสูง จากการสุ่มวัดเหนือระดับพื้นดิน 5 ซม. ถึงยอดที่คลี่เต็มที่ เมื่ออายุ 5 – 9 ปี พบว่า ในแต่ละปีต้นกาแฟแต่ละพันธุ์มีความสูงใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์ PT6 มีความสูงเฉลี่ย 354 ซม.

1.2 ขนาดรอบโคน วัดเหนือระดับพื้นดิน 5 ซม. เมื่อต้นกาแฟอายุ 5 – 9 ปี ในแต่ละปีมีขนาดรอบโคนแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยขนาดรอบโคนแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 มากกว่า 30 ซม. ประกอบด้วย PT 6, MRK3, MKR 4 และ D2 ช่วงที่ 2 ตั้งแต่ 20-30 ซม. ประกอบด้วย PT 5, PT 8, PT 9, เวียดนาม, PT 1, C1/11, V 25, V 5, V 1, RJ 27, RJ 106, RJ 5, P2, MKR 2, MCR 61, MCR 64, K 3, K 4, IN 3, J 1, J 3, J 4, J 5, B 5, B 2, FRT 68, FRT 65, FRT 48, FRT 15, FRT 14, FRT 03, FRT 17, FRT 10, FRT 09, FRT 08, FRT 01 และ FRT 04 ช่วงที่ 3 ตั้งแต่ น้อยกว่า 20 ซม. ประกอบด้วยพันธุ์ PT5, RJ12, K2, FRT48, FRT47, FRT27, FRT05, FRT07, SKE09 และ TTK07 เกิดจากการปลูกซ่อมในบางพันธุ์ ส่งผลให้ขนาดรอบโคนมีขนาดเล็ก

2. ข้อมูลด้านผลผลิต ระหว่างปี 2559-2564 พบว่า สายพันธุ์ PT9 ให้ผลผลิตเฉลี่ยมากที่สุด 224 กก./ไร่/ปี และมีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูง 19.42 กรัม ร่องลงมาเป็นสายพันธุ์ R3 และ MKR 3 220 และ 214 กก./ไร่/ปี

การทดลองที่ 2.2 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาเมล็ดใหญ่ (เริ่มต้น 2559-2561)

ผลจากการทดลอง คัดเลือกได้พันธุ์ L69 ซึ่งให้ผลผลิตสูงสุดและใกล้เคียงกับพันธุ์แนะนำชุมพร 1 ชุมพร 4 และชุมพร 5 โดยให้ผลผลิตเมล็ดแห้ง 269 กก./ไร่/ปี เมล็ดมีขนาดปานกลาง น้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 15.0-17.3 กรัม หรือมีค่าเฉลี่ยรวม 15.8 กรัม มีเมล็ดขนาดใหญ่พรีเมียม (เบอร์ 16 ขึ้นไป) เฉลี่ยรวม 60.4% รสชาติเมื่อชงดื่มเป็นกลาง เป็นที่ยอมรับได้ และมีอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งเฉลี่ยรวม 19.9% การที่ผลผลิตกาแฟโรบัสตาจะสูงหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะที่เป็นองค์ประกอบของผลผลิต (Yield components) ซึ่งมียูมมากมายด้วยกันและแต่ละลักษณะเป็นส่วนสำคัญของผลผลิตมากน้อยต่างกันไป (Cilas et al., 2006; Panyatona and Nopchinwong, 2006) เช่น จำนวนกิ่งหลักต่อต้น จำนวนกิ่งให้ผลชั้นที่ 1 (Primary branches) ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่สำคัญที่บ่งบอกถึงผลผลิตของต้นกาแฟโรบัสตา ในช่วงปีแรก ๆ (ปีที่ 2 และ 3) กิ่งให้ผลชั้นที่ 1 จะเพิ่มตามอายุและตามจำนวนกิ่งหลัก แต่เมื่อจำนวนกิ่งหลักเริ่มคงที่เมื่อต้นโตเต็มที่ จำนวนกิ่งให้ผลจะเป็นไปตามความอุดมสมบูรณ์ของต้นพันธุ์ในแต่ละปีด้วย

นอกจากนี้คุณภาพของเมล็ดกาแฟแห้งถูกควบคุมด้วยพันธุ์กรรมและปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก น้ำหนักเมล็ดแห้งของกาแฟโรบัสตาที่ได้มาตรฐานสากลอยู่ที่ 12 - 15 กรัม (Charrier and Berthaud, 1987; Clarke, 1988) ซึ่งปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนมีผลต่อการออกจากการพักตัวและการขยายตัวของผลอย่างรวดเร็ว ถือเป็นระยะวิกฤตดังนั้นควรมีการให้น้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผลกาแฟเติบโตอย่างเต็มที่ สุรรัตน์ และเสาวนีย์ (2548)

รายงานว่ามีผลต่อการพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟโรบัสตา หากผลกาแฟชุดใดขาดฝนในช่วงการขยายขนาดซึ่งเป็นระยะวิกฤต ผลชุดนั้นจะเบาและมีขนาดเล็ก ส่วนในปีที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดฤดูกาลผลิต ผลจะมีพัฒนาการที่ดี มีขนาดใหญ่และมีคุณภาพดี

การทดลองที่ 2.3 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 10 สายพันธุ์ ชุดที่ 7 (เริ่มต้น 2559-2561)

การทดลองนี้เป็นงานที่ต่อเนื่องจากงานเดิมในโครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาปี 2553-2558 ซึ่งทำการปลูกกาแฟในปี 2554 และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง กาแฟเริ่มให้ผลผลิตในปีที่ 3 หลังปลูก (ปี 2557) จากการทดลองปลูกกาแฟทั้ง 10 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญเติบโตในด้านขนาดรอบโคน ความสูงมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ รวมถึงการให้ผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยการให้ผลผลิตปีที่ 3 หลังปลูก ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี พันธุ์ชุมพร 2 ให้ผลผลิตต่อไร่ 145 กิโลกรัม ส่วนพันธุ์อื่นให้ผลผลิตน้อยกว่า 120 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.6) ทั้งนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในแต่ละปีประกอบกับการที่มีฝนตกในช่วงที่ดอกกาแฟบานส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ โดยในปีที่เก็บเกี่ยวผลผลิตปี 2560/61 มีฝนตกในวันที่ดอกกาแฟบาน 4 ครั้งจาก 6 ครั้ง ส่งผลให้การติดผลลดลง เนื่องจากกาแฟเป็นพืชที่มีการผสมเกสรโดยอาศัยลมเป็นหลัก (Ferwerda, 1948) เมื่อฝนตกจะชะละอองเกสร ทำให้ละอองเกสรไม่สามารถปลิวไปผสมได้

การทดลองที่ 2.4 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 8 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันกาแฟโรบัสตาอายุ 5 ปี 2 เดือนหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตาเป็นปีที่ 4 (2564/65) ซึ่งในเดือนธันวาคม 2564 อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิต จึงสามารถนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 3 ปี สามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์ TST08, SC 12 และ TST07 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 221.62, 214.17 และ 201.49 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 163.18 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์คาเฟอีนของสายพันธุ์ต่างๆ อยู่ระหว่าง 1.49 - 2.39 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์คาเฟอีนน้อยที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ SC05 ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า สายพันธุ์ PP01 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 20.54 กรัม สำหรับอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดกาแฟสาร (Out-turn) พบว่า สายพันธุ์ PP 01 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 23.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ TST08 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เท่ากับ 22.73 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเมล็ดแห้ง (Bean size) พบว่า สายพันธุ์ PP01, PP05, SC05, SKE01, SC12, TST07 และ TST08 ขนาดเมล็ดส่วนใหญ่เป็นเกรดพรีเมียมอยู่ในช่วงเบอร์ 16-20 สำหรับการเจริญเติบโต พบว่า สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ TST07, PA03 และ TST08 ซึ่งการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี และแข็งแรง สามารถส่งผลให้ต้นกาแฟโรบัสตาให้ผลผลิตสูง

การทดลองที่ 2.5 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 9 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันต้นกาแฟอายุ 5 ปี 5 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตาเป็นปีที่ 3 (2564/65) ซึ่งในเดือนธันวาคม 2564 อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิตจึงนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 2 ปี โดยสามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วย สายพันธุ์ JM03 และ JM04 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 162.67 และ 160.06 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 157.00 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ละสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์คาเฟอีนอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.21

เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า สายพันธุ์ PP08 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 20.05 กรัม สัดส่วนผลสดต่อเมล็ดกาแฟสาร (เปอร์เซ็นต์ Out-turn) พบว่า สายพันธุ์ FRT 133 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn สูงที่สุด เท่ากับ 22.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขนาดเมล็ดแห้ง (Bean size) พบว่า สายพันธุ์ JM08, PP08 และ JM04 ขนาดเมล็ดส่วนใหญ่เป็นเกรดพรีเมียมอยู่ในช่วงเบอร์ 16-20 การทดลองสามารถเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปี ซึ่งสำหรับกาแฟโรบัสตาหลังจากให้ผลผลิตแล้ว ควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 4 ปี จึงควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติมเพื่อให้แต่ละสายพันธุ์แสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ สำหรับการเจริญเติบโต พันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญทางลำต้นดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 2.6 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 8 สายพันธุ์ ชุดที่ 10 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันกาแฟโรบัสตาอายุ 5 ปี 3 เดือนหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตาเป็นปีที่ 3 (2564/65) อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิตจึงสามารถนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 2 ปี สามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TPO14 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 157.16 และ 141.58 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 135.83 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากมีฝนตกในช่วงที่ดอกกาแฟบานในเดือนธันวาคม (2562/63) ซึ่งเป็นช่วงการออกดอกชุดใหญ่ของกาแฟ ส่งผลต่อการผสมเกสรและทำให้การติดผลลดลง (สถานีอุตุนิยมวิทยาสวี่, 2564) ประกอบกับมีการปลูกซ่อมต้นกาแฟบางส่วน ทำให้ผลผลิตต่อต้นน้อย การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์คาเฟอีน พบว่ากาแฟทดลองมีคาเฟอีนอยู่ระหว่าง 1.31 - 2.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ด พบว่าพันธุ์ TPO14 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 19.42 กรัม และมีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 22.34 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองสามารถเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปี ซึ่งสำหรับกาแฟโรบัสตาหลังจากให้ผลผลิตแล้ว ควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 4 ปี จึงควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติม เพื่อให้แต่ละสายพันธุ์แสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ ในด้านการเจริญเติบโต พบว่าพันธุ์ SKE10 มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต เช่น จำนวนกิ่งให้ผล ที่มากกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 2.7 การทดสอบพันธุ์กาแฟโรบัสตา ชุดที่ 2 ในแหล่งปลูกต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

การทดลองนี้เป็นงานต่อเนื่องจากโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาของปีงบประมาณ 2553-2558 เนื่องจากต้องทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 5 ปี จึงจะสรุปข้อมูลได้ จึงได้ขอขยายเวลาในการวิจัยและทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องจนถึงปี 2564 ทั้งนี้แปลงกาแฟที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษได้เข้าร่วมในการทดลองเมื่อปี 2559 โดยใช้ต้นกาแฟโรบัสตาอายุ 2 ปี (ปลูกปี 2557) จึงมีข้อมูลตั้งแต่ปี 2559 เป็นต้นไป และในปี 2560 เกษตรกรจังหวัดชุมพรและระนองขอพื้นที่คืนเพื่อปลูกพืชอื่น ทำให้เก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องได้ถึงปี 2559/60 ซึ่งเพียงพอในการประเมินศักยภาพของพันธุ์กาแฟได้ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกาแฟในเขตภาคใต้ดีกว่าในเขตภาคเหนือเนื่องจากปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนดีกว่า โดยพันธุ์ชุมพร 2 สามารถปลูกได้ดีในทุกแหล่งปลูก แต่หากปีใดมีปริมาณฝนน้อย กาแฟพันธุ์ชุมพร 2 จะสลับผลทั้งทำให้ผลผลิตในปีนั้นลดลง ส่วนพันธุ์ชุมพร 4 จะให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศทางภาคใต้ ดังนั้นการพิจารณาแหล่งปลูกกาแฟโรบัสตาควรคำนึงถึงสภาพอากาศและปริมาณ

น้ำฝนในพื้นที่ด้วย เนื่องจากกาแฟโรบัสตาต้องการน้ำในช่วงที่ผลกาแฟมีการขยายขนาด การปลูกกาแฟโรบัสตาในสภาพพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของน้ำฝนดีจะส่งผลให้กาแฟให้ผลผลิตดี

จะเห็นได้ว่าทั้งปัจจัยด้านพันธุกรรมและปัจจัยสภาพแวดล้อมมีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ แม้ว่ากาแฟทั้ง 3 พันธุ์มีการเจริญเติบโตดีแต่สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะน้ำเป็นปัจจัยสำคัญมากสามารถจำกัดการเจริญเติบโตของกาแฟได้ ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของน้ำฝนสำคัญมาก (สุริรัตน์ และเสาวนีย์, 2548; Cannell, 1985) โดยเฉพาะแหล่งปลูกส่วนใหญ่ที่ยังคงอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งกาแฟโรบัสตาที่ปลูกในแหล่งที่มีช่วงการกระจายตัวของน้ำฝนแคบ เช่น จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นตัวแทนภาคเหนือจะมีการเจริญเติบโตรวมต่ำกว่าภาคใต้และน่าจะมีส่วนต่อการสร้างผลผลิตด้วยเช่นกัน

โครงการที่ 2 โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา

กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาด้านทานต่อโรคราสนิม จำนวน 13 การทดลองได้แก่

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ด้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1

ศึกษาเพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ เพื่อให้ต้านทานต่อโรคราสนิม โดยคัดเลือกจากต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดเชียงราย เมื่อปี พ.ศ. 2545-2546 พื้นที่ปลูก 4 ไร่ จำนวน 38 สายพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี และไม่เป็นโรคราสนิม ได้จำนวน 20 พันธุ์ ควบคุมดอกเมื่อผสมเกสร และนำเมล็ดข้าวที่ 6 มาเพาะกล้า และทดสอบปฏิกิริยาโรคราสนิมที่เกิดจากเชื้อรา *Hemileia vastatrix* B.& Br. ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย โดย inoculate เชื้อราสนิม ที่อุณหภูมิ 22 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-91 เปอร์เซ็นต์ ในห้องมีदनาน 24 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 เดือน inoculate เชื้อราสนิมกับต้นกล้ากาแฟอะราบิกาทุกผสมข้าวที่ 7 ในปี 2554 และปี 2555 และคัดต้นที่ไม่เป็นโรคราสนิม ได้จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW29/5, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/14, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/15, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/23, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/24 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/26 และในปี 2555 ได้นำต้นกล้าที่ผ่านการปลูกเชื้อไปปลูกทดสอบพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แปลงแม่จอนหลวง) และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดเชียงราย โดยปลูกร่วมกับไม้บังร่มเงาได้แก่ ซิลเวอร์โอ๊กและกระถินอินโดนีเซีย พบว่า พันธุ์ที่มีศักยภาพได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 เนื่องจาก พันธุ์ 29/13 เนื่องจากมีผลผลิตสูงและมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความต้านทานโรคปานกลาง เกษตรกรจะได้ผลผลิตมากกว่า ระดับความรุนแรงของโรคต่ำ แนะนำควรปลูกภายใต้ไม้บังร่มเงา เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพดี และมีระดับความทนทานของโรค ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพที่มีค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด ประมาณ 46.46 มีค่าความชอบสูง และ พันธุ์ 29/6 เนื่องจากมีผลผลิตสูงและมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความต้านทานโรคปานกลาง เกษตรกรจะได้ผลผลิตมากกว่า เนื่องจากระดับความรุนแรงของโรคต่ำ แนะนำควรปลูกภายใต้ไม้บังร่มเงา เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพดี และมีระดับความทนทานของโรค ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพที่มีค่าความสว่าง (L^*) ประมาณ 44.33 มีค่าความชอบปานกลาง เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพการชิมที่ Acaemia do Café, Lisboa ประเทศโปรตุเกส พบว่า

พันธุ์ 29/6, 29/13 ได้คะแนนการประเมิน 78 และ 79 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนรสชาติและกลิ่น นั้น พันธุ์ 29/6 : Fragrance of caramel, Nutty aroma, Sweet and mild flavor พันธุ์ 29/13 : Fragrance of sweet spices like clove, Spicy aroma, Mild acidity

การทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอาราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิต ของกาแฟอาราบิกาชุดที่ 2/2 เปรียบเทียบกับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง เชียงใหม่ (ขุนวาง: 1400 ม. จากระดับน้ำทะเล) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 9 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ต้น ได้แก่ Catimor CIFIC 7963-13-28, Caturra, P2 (พันธุ์จากประเทศจีน), H 420/9 ML 2/4 78-31-34, H 528/46 ML 2/10 29-65-23, H 420/9 ML 1/3 KW 54, H 420/9 ML 2/1 KW 82, San Ramon และ Typica พบว่า พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82 มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย มากที่สุดคือ 23.21 ซม., 2.38 ซม. และ 23.6 ซม. ตามลำดับ และพันธุ์ H 420/9 ML 1/3 KW 54 มีอัตราการเพิ่มขนาดความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 17.93 ซม. พันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มขนาดเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.11 และพันธุ์ P2 มีอัตราการเพิ่มขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 21.1 ซม. พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82 ให้ผลผลิตน้ำหนัสดต่อต้น น้ำหนัสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ มากที่สุด คือ 1.52 607.59 0.30 และ 119.77 กก. ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ San Ramon ให้ผลผลิตน้ำหนัสดต่อต้น น้ำหนัสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ น้อยที่สุด คือ 0.72 285.99 0.18 และ 70.75 กก. ตามลำดับ และควรมีการศึกษาข้อมูลผลผลิตเพิ่มอีก 1-2 ปี เพื่อข้อมูลที่สมบูรณ์ต่อไป

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอาราบิกาพันธุ์คัดเลือกในแหล่งต่างๆ (2559-2562)

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่ ดำเนินการเดือนตุลาคม 2559-กันยายน 2562 ใน 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง: 1300 ม.) ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ: 1000 ม.) และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ: 800 ม.) วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 2 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 Catimor CIFIC 7963-13-28 และ กรรมวิธีที่ 6 Cattura ผลการดำเนินการ เมื่ออายุ 9 ปี หลังการปลูกดังนี้

1. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ พบว่า สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีความสูงมากที่สุดคือ 229.11 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML 1/3 KW54 มีขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด 20.28 ซม. และ สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 120 ซม. และพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 199.6 ซม. สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10 29-65-23 มีอัตราการเพิ่มขนาดความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 23.1 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML1/3 KW54 มีอัตราเพิ่มเส้นรอบวงโคนต้นมากที่สุด 2.3 ซม. และ สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 มีอัตราเพิ่มขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย มากที่สุด 24.46 ซม. ผลผลิต รวม 5 ปี (2558-2561) พบว่า สายพันธุ์ Caturra มีผลผลิตน้ำหนัสดมากที่สุด 814.30 กิโลกรัมต่อไร่ และ Catimor CIFIC 7963-13-28 น้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 146.88 กิโลกรัมต่อไร่ และ พันธุ์ H 420/9 ML 2/4 78-31-34

ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้าง (กะลา) น้อยที่สุด 294.57 กิโลกรัมต่อไร่ และ 59.34 กิโลกรัมต่อไร่ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100 %

2. ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย พบว่า สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีความสูงมากที่สุด 103.54 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML2/4-78-31-34 มีเส้นรอบวงโคนต้นมากที่สุด 55.92 มม. และ สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 86.54 ซม. สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 20.44 ซม. และสายพันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 5.71 ซม. สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้าง (กะลา) มากที่สุด 54.77 กิโลกรัมต่อไร่ และ 10.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และ พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีให้ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้าง (กะลา) น้อยที่สุด 18.71 และ 3.74 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100%

3. ศูนย์วิจัยเกษตรเพชรบูรณ์ เมื่ออายุ 4 ปีหลังปลูก พบว่า สายพันธุ์ Caturra มีความสูงมากที่สุด 142 ซม. สายพันธุ์ Catimor 7963-13-28 มีขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด 9.47 ซม. และ สายพันธุ์ H 420/9 ML 2/4-78-31-34 ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 156 ซม. สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10 29-65-23 มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตในด้านของความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด และ สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 มีค่าเฉลี่ยของความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดเส้นรอบโคนต้นน้อยที่สุด สายพันธุ์ H 420/9 ML1/3 KW54 ให้ผลผลิตน้ำหนักรส และน้ำหนักร้าง (กะลา) เฉลี่ยมากที่สุด 169 กิโลกรัมต่อไร่ และ 33.8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และ สายพันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW28 ผลผลิตเฉลี่ยน้อยที่สุด 65 กิโลกรัมต่อไร่ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100 %

จากข้อมูลการให้ผลผลิตทั้ง 3 สถานที่พบว่า แต่ละสายพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลผลิตน้อยมากที่สุด ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ สาเหตุเนื่องจากปลูกภายในร่มเงาของต้นลิ้นจี่ และมะคาเดเมีย ซึ่งที่บ่มมากเกินไป ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการตัดแต่งกิ่งลิ้นจี่ เพื่อเพิ่มการสังเคราะห์แสงให้แก่กาแฟอาราบิก้า

การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิก้าต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 (2559-2560)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ดำเนินการคัดเลือกต้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (แปลง) 100% จากต้นกาแฟสายพันธุ์ลูกผสมกลุ่มกาแฟอาราบิก้า HDT derivative ชั่วที่ 5 ที่ได้จากการรวบรวมพันธุ์ในแปลงปลูกของ ศวพ.ตาก เมื่อปี 2541 จำนวน 14 รหัสสายพันธุ์ ๑ ละ 50 ต้น ได้แก่ 5-3-50-43, 5-4-57-2, 5-4-3-37, 5-3-74-29, 5-4-40-37, 5-3-74-35, 5-4-78-17, 313.1/7, 305.2/8, 5-4-30-45, 5-4-48-7, 5-4-40-21, 5-4-78-4 และ 5-3-50-13 คัดเลือกต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคราสนิมได้ 37 ต้น และให้รหัสใหม่เป็น No.1-No.37 เริ่มทดลองปี 2555-2560 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย คือ (1) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเพาะเมล็ด พบว่า เมื่อนำเมล็ดกาแฟจากลูกผสมชั่วที่ 5 ทั้ง 37 เบอร์ เพาะเป็นต้นกล้าแล้วทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมโดยการปลูกเชื้อราสาเหตุ *Hemileia vastatrix* ในสภาพโรงเรือน พบว่า สามารถคัดเลือกต้นที่ต้านทานโรคราสนิม 96% ขึ้นไป แสดงอาการแบบ Resistance และ Moderate resistance ได้ 26 เบอร์ คือ No.1 2 4 5 6 7 9 10 11 13 14 15 17 19 20 21 26 27 29 31 32 33 34 35 36 และ

37 ต่อมาปี 2556 ได้นำมาปลูกลงแปลงเบอร์ละ 5 ต้น จนถึงปี 2560 สามารถคัดเลือกเบอร์ที่แสดงอาการโรคราสนิมอยู่ในระดับที่ 1 และมีลักษณะต้นสมบูรณ์ ได้ 17 เบอร์ ได้แก่ No.1 No.9 No.10 No.11 No.13 No.15 No.17 No.19 No.20 No.26 No.27 No.29 No.31 No.32 No.34 No.35 และ No.36 รวม 66 สายต้น (2) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเสียยอดที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 1 ทั้ง 26 เบอร์ ไปเสียยอดกับต้นต่อแล้วคัดต้นสมบูรณ์ปลูกลงกระถาง เบอร์ละ 5 ต้น จนถึงปี 2560 พบว่า ช่วงเดือน ตุลาคม 2559-กันยายน 2560 สามารถคัดเลือกเบอร์ที่แสดงอาการโรคราสนิมอยู่ในระดับที่ 1 และมีลักษณะต้นสมบูรณ์ ได้ 15 เบอร์ ได้แก่ No.2 4 5 6 7 11 14 17 19 20 29 31 32 35 และ 37 รวม 40 สายต้น

การทดลองที่ 1.5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิก้าลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 (2559)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ดำเนินการเดือน ตุลาคม 2553-มกราคม 2560 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยปลูกปี พ.ศ. 2553 และทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพแปลงและสภาพธรรมชาติ 40 คู่ผสม 655 สายพันธุ์ พบว่า ออกดอก ติดผล และเก็บเกี่ยวผลผลิต 3 ปีหลังจากปลูก โดยออกดอกและติดผลในเดือนเมษายน-พฤษภาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ มีอายุเก็บเกี่ยว 8-10 เดือน หลังจากปลูกเมื่ออายุ 3 ปี ให้ผลผลิต 449 สายพันธุ์ เมื่ออายุ 4 ปีให้ผลผลิต 358 สายพันธุ์ และเมื่ออายุ 5 ปี ให้ผลผลิต 369 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นต้นที่ให้ผลผลิตทั้ง 3 ปี 524 สายพันธุ์ เกณฑ์การคัดเลือกพันธุ์ได้แก่ ต้านทานโรคราสนิม 100% (ในระดับห้องปฏิบัติการ) ต้านทานโรคราสนิม 99-100% (ในระดับแปลง) ต้านทานโรคแอนแทรกโนส 95-100% (ในระดับแปลง) มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ โดยมีผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักรสแห้งมากกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด ผลผลิตน้ำหนักรสเฉลี่ย 3 ปี 969 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักรสแห้งกาแฟละเฉลี่ย 3 ปี 208 กรัมต่อต้น มีความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลระหว่าง 3-5 ซม. ผลการทดลองพบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 สายพันธุ์ ต้านทานโรคราสนิม 99-100% ผลผลิตน้ำหนักรสเฉลี่ย 3 ปี 2,566.2 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักรสแห้งกาแฟละเฉลี่ย 3 ปี 547.7 กรัมต่อต้น ความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลเฉลี่ย 3.4 ซม.

การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้านำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย (2559)

วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟให้ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2554-กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอาราบิก้า 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 สายพันธุ์ H420/9ML2/4-78-62-26 สายพันธุ์ H528/46ML2/10-29-65-23 และพันธุ์ที่ได้รับเมล็ดจากประเทศออสเตรเลีย 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ San Ramon Sln.7.3 พันธุ์ Typica และพันธุ์ Caturra ปลูกในเดือนตุลาคม 2555 ร่วมกับต้นพลับ พบว่า กาแฟเริ่มออกดอกปีที่ 1 เดือน พ.ค. 2558 ติดผลเดือน มิ.ย.-ก.ค. 2558 เก็บเกี่ยวเดือน ม.ค. 2559 สายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด ทุกสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ Caturra ให้ผลผลิตน้ำหนักรสต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักรสต่อไร่ ผลผลิต

น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ มากที่สุดคือ 0.38 กก.ต่อต้น 150.9 กก.ต่อไร่ 0.07 กก.ต่อต้น และ 29.7 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ และสายพันธุ์ Catimor CIFIC7963-13-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ ผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ น้อยที่สุดคือ 0.24 กก.ต่อต้น 94.5 กก.ต่อไร่ 0.05 กก.ต่อต้น และ 18.5 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ปี 2557-2558 ไม่มีข้อมูลของพันธุ์ San Ramon Sln.7.3 พันธุ์ Typica และสายพันธุ์ H420/9ML2/4-78-62-26 เพราะต้นตาย

การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาคุณภาพสูง Sarchimor ชุดที่ 1 (2559-2560)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ดำเนินการเดือน ตุลาคม 2554-กันยายน 2561 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาว จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์ Sarchimor 5 กลุ่มพันธุ์ๆ ละ 50-70 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFIC No.1 จำนวน 52 สายพันธุ์ CIFIC No.2 จำนวน 72 สายพันธุ์ CIFIC No.3 จำนวน 70 สายพันธุ์ CIFIC No.4 จำนวน 63 สายพันธุ์ CIFIC No.5 จำนวน 46 สายพันธุ์ รวม 303 สายพันธุ์ ปลูกในเดือนตุลาคม 2554 เกณฑ์การคัดเลือกพันธุ์ได้แก่ ต้านทานโรคราสนิม 100% (ในระดับแปลง) ต้านทานโรคแอนแทรกโนส 95-100% (ในระดับแปลง) มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ โดยมีผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด คุณภาพการชิมมากกว่า 6.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 เมื่ออายุ 7 ปี ควรมีความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลระหว่าง 2-5 ซม. ความยาวระหว่างข้อของลำต้นน้อยกว่า 5 ซม. สารกาแฟมีขนาดกว้างและยาวมากกว่า 7 มม. และหนามากกว่า 2.8 มม. จำนวนสารกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม น้อยกว่า 600 เมล็ด เปอร์เซ็นต์สารกาแฟเกรด A มากกว่า 70% และเปอร์เซ็นต์สารกาแฟ Peaberry น้อยกว่า 15% ผลการทดลองพบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 8 สายพันธุ์ ได้แก่ ได้แก่ CIFIC No.1-T8, CIFIC No.1-T15, CIFIC No.1-T16, CIFIC No.1-T51, CIFIC No.2-T10, CIFIC No.2-T14, CIFIC No.2-T21 และ CIFIC No.2-T27 ซึ่งไม่พบการเข้าทำลายของโรคราสนิม ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 5 ปีคือ 985.73 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งกาแฟกะลาเฉลี่ย 5 ปีคือ 245.45 กรัมต่อต้น คุณภาพการชิมเฉลี่ย 8.4 คะแนน ความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลเฉลี่ย 3.23 ซม. ความยาวระหว่างข้อของลำต้นเฉลี่ย 4.6 ซม. ขนาดของสารกาแฟได้แก่ กว้างเฉลี่ย 7 มม. ยาวเฉลี่ย 11 มม. หนาเฉลี่ย 4 มม. จำนวนสารกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมคือ 555 เมล็ด เปอร์เซ็นต์สารกาแฟเกรด A เฉลี่ย 86.89% และเปอร์เซ็นต์สารกาแฟ Peaberry เฉลี่ย 9.11%

การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาคุณภาพสูงชุดที่ 1 ชุดที่ 3/2 (2559-2562)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิต ของกาแฟอะราบิกาคุณภาพสูงชุดที่ 1 ชุดที่ 3/2 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาว จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง พบว่า ได้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกาแฟจำนวน 14 คู่ผสม คู่ผสมของ K7 X H528 มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง และขนาดทรงพุ่มมากที่สุด เฉลี่ย 23.90 ซม. 257.29 ซม. และ 258.96 ซม. ตามลำดับ ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี พบว่า คู่ผสมของ Caturra Amarelo x Catimor CIFIC 7963-13-28 B.C. มีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 2,132.3 กรัมต่อต้น และ 417.4 กรัมต่อต้น ทุกคู่ผสมมีความอ่อนแอต่อโรคราสนิม แต่คู่ผสมของ Caturra Amarelo Catimor X CIFIC 7963-13-28 B.C. เกิดโรคราสนิมน้อยที่สุด การ

เกิดโรคแอนแทรกโนส รวม 14 เดือน พบว่า มี 2 คู่ผสมที่ยังไม่พบการเกิดโรคแอนแทรกโนส คือคู่ผสมของ Caturra X 13-28 และคู่ผสมของ Caturra X H 420

การทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 (2559 - 2562)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิตของกาแฟอะราบิกาผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง พบว่า ได้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกาแฟจำนวน 17 คู่ผสม คู่ผสมของ SL6 H528/46 x ML2/10 29-65-23 มีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง ทรงพุ่ม เส้นรอบวงโคนต้น และความยาวข้อต่อต้นมากที่สุด 255.3 ซม. 194.7 ซม. 14.4 ซม. และ 8.0 ซม. ตามลำดับ และ คู่ผสมของ H528/76ML2/1029-65-23 x saramon มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนข้อต่อต้นมากที่สุด 41 ข้อ คู่ผสมของ H528/76ML2/1029-65-23 x saramon ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี โดยมีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 4,450.0 กรัมต่อต้น และ 881.0 กรัมต่อต้น ล้างจากปลูกเมื่อ 3 กันยายน 2557 เริ่มพบการระบาดของโรคราสนิมในเดือนตุลาคม 2558 ทุกคู่ผสม แต่ไม่พบการเข้าทำลายของโรคราสนิมใน 1 คู่ผสม คือ H528/46ML5/1029-65-23 x Catuai

การทดลองที่ 1.10 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุ์กรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ (2559-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ตัดที่ได้จากการศึกษาจำแนกลักษณะพันธุ์กรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2564 ดำเนินการ 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (54 กลุ่ม 830 สายพันธุ์) ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (6 กลุ่ม 113 สายพันธุ์) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (224 กลุ่ม 4,480 สายพันธุ์) พบสายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส โดยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ คัดเลือกได้ 2 สายพันธุ์ 9 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ 6-2 (51-269), สายพันธุ์ Catuai km18, สายต้น H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19 H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 เหลือง B6/1T1 และ H7262/8-2 เหลือง B6/1T3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย คัดเลือกได้ 1 สายพันธุ์ 5 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ H306 1/7EK, สายต้น 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8 และ 5-4-2764 ต้นที่ 9 และศูนย์วิจัยพืชสวนเลย คัดเลือกได้ 1 สายพันธุ์ คือ 4-1-130-35 ที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกา ที่มีความต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนสต่อไป

การทดลองที่ 1.11 การหาอินที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาผสม ชุดที่ 1 (2559-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบยีนและการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความต้านทานโรคราสนิมที่เกิดจากเชื้อรา *Hemileia vastatrix* ในกาแฟอาราบิก้า โดยศึกษาอินที่เกี่ยวกับการสร้างความต้านทานโรคดังกล่าว 6 ชนิดในกลุ่ม Hypersensitive response (HR) และ Pathogen related (PR) ได้แก่ CaR111, CaWRKY1, CaRLK, CaGT CaPR1b, CaPR10 และใช้ CaUbiquitin เป็นยีนควบคุม เพื่อวิเคราะห์ยีนและการแสดงออกของยีนดังกล่าวในอาราบิก้าสายพันธุ์ต่างๆ รวมถึงพันธุ์เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมของ

กรมวิชาการเกษตรที่มีปัญหาความแปรปรวนในคุณสมบัติด้านการทนโรคราสนิมในกลุ่มประชากรที่ขยายพันธุ์ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการตรวจความแตกต่างของยีนต้านทานโรคราสนิมอย่างง่ายด้วยเทคนิค High Resolution Melting Temperature (HRM) โดยวิเคราะห์ค่า melting temperature (T_m) ที่จำเพาะต่อยีน ในกาแฟทนโรคราสนิม 3 พันธุ์ ได้แก่ Liberica, Arabica, Robusta และพันธุ์อ่อนแอ 1 พันธุ์ คือ Typica พบว่าทุกพันธุ์มีค่า T_m ของยีน R111 ที่ 82°C, Ubiquitin มีค่าที่ 79°C, RLK มีค่าที่ 85°C, PR10 มีค่าที่ 78°C และ 82°C, PR1b มีค่าที่ 86°C แต่พบว่าพันธุ์ Liberica มีค่า T_m ของยีน GT และ WRKY1 แตกต่างจากพันธุ์อื่น โดยยีน GT มีค่าที่ 82°C แตกต่างจากพันธุ์อื่นซึ่งมีค่าที่ 84°C และยีน WRKY1 มีค่าที่ 76°C ในขณะที่พันธุ์อื่นมีค่าที่ 86°C จากการศึกษาลำดับเบสของยีน RLKs และ PR1b ในกาแฟทั้ง 4 พันธุ์ พบว่า RLK ที่ได้มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม protein kinase ของ *C. arabica* ในระดับ 82% ลำดับเบสของยีน PR1b ที่ได้มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม pathogenesis-related protein1 (PR1) ของ *C. arabica* ที่ 78% ส่วนลำดับเบสของยีน GT มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม UDP-glycosyltransferase 74 G1-like ของ *Nicotiana tomentosiformis* ที่ระดับ 89% ผลการตรวจการแสดงออกของยีน 5 ชนิดใน 44 ตัวอย่างในตัวอย่างกาแฟกลุ่ม CM80 (12 ตัวอย่าง) ลูกผสม F1 (Hybrid) (8 ตัวอย่าง) Typica (16 ตัวอย่าง) Catuai Rojo (4 ตัวอย่าง) Catura Rojo (2 ตัวอย่าง) Marati (1 ตัวอย่าง) และ San Ramon (1 ตัวอย่าง) ที่เก็บในเดือนกันยายน 2562 ที่ไม่มีอาการของโรค และธันวาคม 2562 และในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2564 จากต้นเดิมที่มีอาการของโรค พบว่ากลุ่มพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีการแสดงอาการของโรคราสนิมน้อยกว่ากลุ่ม Typica และกลุ่มอื่น โดยพบว่ากลุ่มยีน R111, GT, PR1b และ PR10 มีค่าการแสดงออกของยีนสูงในกลุ่มพันธุ์เชียงใหม่ 80 เกือบทุกตัวอย่าง สอดคล้องกับรายงานอื่น โดยในปีที่มีการแสดงอาการของโรคสูงมีการแสดงออกของ PR1b สูงกว่าปีที่ไม่มีอาการแสดงอาการของโรค แสดงให้เห็นว่าเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานโรคราสนิม ในขณะที่กลุ่ม Typica ที่อ่อนแอต่อโรคและกลุ่มอื่นมีประชากรที่พบการแสดงออกของยีนเหล่านี้ต่ำกว่า การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการแสดงออกของยีนภายในพันธุ์และระหว่างพันธุ์ของยีนทั้งหมด 6 ยีน ในตัวอย่างกาแฟที่ศึกษาด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) ด้วยซอฟต์แวร์ SPSS พบเพียงยีน PR1b ที่มีการแสดงออกของยีนแตกต่างกันระหว่างกลุ่มพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P = 0.016$ ($P < 0.05$) ในปี 2562 และ $P = 0.048$ ($P < 0.05$) ในปี 2564 แสดงให้เห็นว่ายีน PR1b มีความเกี่ยวข้องกับการแสดงความต้านทานโรคราสนิมในกาแฟพันธุ์ CM80

การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน

วัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคในการตรวจยีนในเชื้อที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราสนิมกาแฟในแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ อ.เมือง อ.แม่สรวย อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ รวม 22 แปลง จำแนกลักษณะของเชื้อราสนิมได้ 3 ลักษณะคือ 1) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆแพร่กระจายเป็นวงกลม 2) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนี และ 3) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนีและมีเชื้อราสีขาวอยู่ตรงกลางโคโลนี นำเชื้อราสนิมเก็บในหลอดทดสอบขนาด 1.5 มล. เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปลูกเชื้อลงต้นกาแฟสายพันธุ์ Typica รหัส T980 เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อราสาเหตุโรคราสนิม แล้วสกัดดีเอ็นเอไอโซเลทของเชื้อราสนิม *Hemileia*

vastatrix จากใบกาแฟอะราบิกา โดยดัดแปลงจาก วิธีสกัดดีเอ็นเอตามวิธี Faleiro, 1997 และตรวจหาปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยวิธี gel electrophoresis บน 1 % Agarose Gel ใน 1x TAE buffer และเปรียบเทียบขนาดด้วย 1 Kb DNA ladder 1% เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของ rDNA ตรงบริเวณระหว่าง ITS1-5.8S-ITS2 โดยใช้คู่มือ DC6 และ ITS4 และนำไปแยกขนาดของชิ้นดีเอ็นเอ บน 1 % Agarose Gel ใน 1XTBE buffer ได้ขนาดดีเอ็นเอประมาณ 820 คู่เบส ได้นำผลผลิตดีเอ็นเอที่ได้จากแปลงที่ 1 ในพื้นที่ อ.เมือง จ.เชียงราย หลังทำผลผลิตดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ให้บริสุทธิ์ ส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ได้ประมาณ 626 คู่เบส (ภาพที่ 1.2-1) ซึ่งได้จากลักษณะของโคลนีเชื้อราสนิมกาแฟที่มีลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆแพร่กระจายเป็นวงกลม และเมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบใน GenBank พบว่าคล้ายกับลำดับของนิว คลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ของเชื้อราสนิมกาแฟได้

```

ttcgcctctcg   ttctagtccc   tcatcatTTTA   caaaagggatc   atctacaaaa   cactgcaata
gaacttggtgt   cggccttttct   tgacgctcat   ccagattttac   cttcacaatc   tgatatccaa
aacttcctca   tcgaaacact   tgacgtttac   tttaatcttt   cattagaaga   tgactctcaa
actcttatttg   cgcggtgatct   gacaattTTTA   tggactgagt   ggtcaaatcc   ctcaactTTTA
aatcctgaag   atcttttTgtc   aaatcattct   tctttggctt   atcgtatcaa   aactctagct
gatcagagta   aaaaccttcc   tccgcatcat   catcatagca   ccttggccac   tgccaactct
gcaacactct   ctgactctca   agatgattct   gaagatgata   tcgctgaaga   tgacgatgtg
gatacccgga   attgtaacac   ccaagcacia   ataacttcta   atcaacaatt   ggatattcgat
cctgctccat   ctctccacc   tcttttggtt   gacgaagacg   gtttcacttt   ggttacaaaa
cataaacgtc   gataaaatac   catctttttt   tatctttttt   taaaattttg   ttttttgga
gtggaagaat   ttttacttgc   ttcaat

```

ภาพที่ 1.2-1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟที่ได้จากแปลงปลูกกาแฟ

การทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา (2562-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกาโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดเอสเอสอาร์ (SSR) หรือ microsatellite เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถระบุความใกล้ชิดทางพันธุกรรม สำหรับใช้ประกอบการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา และสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ ดำเนินการในกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ พบว่าไพรเมอร์ที่เลือกใช้ 19 คู่ ทำให้รูปแบบการเกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 63 ตำแหน่ง ไพรเมอร์ต่างชนิดกันทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในกาแฟแต่ละสายพันธุ์ แต่ละไพรเมอร์มีโอกาสที่จะพบค่าความหลากหลาย (PIC) ตั้งแต่ 0.13-0.79 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ผลการวิเคราะห์ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกาทั้งหมด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.72 ถึง 1.00 ผลของการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA แล้วเขียนแผนภูมิ Dendrogram ทำให้การจัดแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 จำนวน 43 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Vermelho 2/28 SM, Caturra Vermelho 2/49 SF, Caturra Vermelho 2/50 SF, Caturra Vermelho 1/3 SF, Caturra Vermelho 1/4 SF, Caturra Vermelho 1/2 SF, H420 29/6 T27, H420 29/6 T49, H420 29/6 T3, H420 29/6 T19, H420 2/16 SF, H420 3/6 SF, H420 29/6 T42, F1 1/1 B2T5, F1 1/4 B3T3, H420 2/12 SF, H420 2/14 SF, H420 2/17 SF, H420 3/5 SF, H420 2/18 SF, H420 2/38 SM, H420 2/41 SM, H420 2/19 SF, H420 2/20 SF, H420 2/21 SF, CM80 2/25 SF, CM80 T2R1, CM80 2/28 SF, CM80 2/31 SF,

CM80 2/36 SM, CM80 2/39 SM, CM80 2/45 SM, CM80 2/48 SM, K7 2/27 SF, CM80 3/15 SM, Catuai rojo T1, Cioccie 1/3 SM, CM80 T4R1, CM80 2/42 SM, H420 2/35 SM, Caturra rojo T5, San Ramon 3/2 SM และ H420 2/22 SF กลุ่มที่ 2 จำนวน 27 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Amarelol 1/5 SF, Caturra Amarelol 1/7 SF, Caturra Amarelol 1/8 SF, K7 1/1 SM, H528 2/6 SF, H528 2/3 SF, H528 2/8 SF, Catuai Vermelho 1/2 SM, Catuai Vermelho 2/40 SF, Catuai Vermelho 2/41 SF, Catuai Vermelho 2/42 SF, H528 2/2 SF, H528 2/4 SF, H528 2/7 SF, H528/46 T3, H528/46 T5, H528 2/5 SF, F1 2/34 B4T6, F1 3/2 B7T7, Caturra Vermelho 1/1 SF, Caturra Amarelol 2/18 SM, K7 1/5 SM, K7 2/55 SF, F1 2/8 B1T3, CM80 T3R1, Caturra Amarelol 2/7 SM และ K7 2/8 SM กลุ่มที่ 3 จำนวน 22 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Amarelol 1/6 SF, Caturra Amarelol 1/9 SF, H528 2/1 SF, Caturra Amarelol 2/29 SM, H528/46 T2, Caturra Amarelol 2/29 SF, Caturra Amarelol 2/54 SF, Caturra Vermelho 2/17 SM, Caturra Vermelho 2/6 SM, H420 2/13 SF, H420 2/15 SF, H420 3/4 SF, San Ramon 1/8 SM, San Ramon 3/13 SF, San Ramon 1/4 SM, San Ramon 3/8 SM, San Ramon 3/14 SF, CM80 3/2 SM, F1 2/22 B2T5, San Ramon 3/5 SM, F1 3/5 B7T1 และ Typica 3/2 B7 กลุ่มที่ 4 จำนวน 30 สายพันธุ์ ได้แก่ Colombia 2/33 SM, SL6 2/1 SM, SL6 2/34 SF, SL6 2/35 SF, SL34 3/11 SF, SL34 3/12 SF, SL6 2/23 SM, SL34 3/7 SM, SL6 2/12 SM, SL34 3/4 SM, SL34 3/10 SF, Catuai Vermelho 2/14 SM, K7 2/19 SM, Typica 2/45 B5, Java Typica KM46 T2, Java Typica KM46 T1, Typica 2/44-2 B5, Catuai rojo T2, Catuai rojo T5, Catuai rojo T4, Caturra rojo T1, K7 2/56 SF, Colombia 1/9 SM, Colombia 2/11 SM, Cioccie 2/32 SM, Colombia 2/22 SM, H420 3/11 SM, H420 3/14 SM, F1 2/27 B4T5 และ CIFIC Matari และ กลุ่มที่ 5 จำนวน 21 สายพันธุ์ ได้แก่ Catuai Vermelho 2/37 SF, Catuai Vermelho 2/38 SF, Catuai Vermelho 2/25 SM, Catuai Vermelho 2/24 SM, Catuai Vermelho 2/2 SM, Catuai Vermelho 2/13 SM, Catuai Vermelho 1/6 SM, K7 2/30 SM, Typica 2/20 B3, Java Typica KM46 T3, CM80 T1R1, Catuai rojo T3, Caturra rojo T4, Caturra Vermelho 2/5 1 SF, Cioccie 1/7 SM, CIFIC Caturra Vermelho, Typica 2/45-1 B6, Typica 3/5 B7, Caturra rojo T2, Typica 2/29 B4 และ Catuai Vermelho 2/39 SF

กิจกรรมที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกาด้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2564)

การทดลองที่ 2.1 การผสมพันธุ์กาแฟอาราบิกาด้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2563)

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่ให้ผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกา ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่ว้าง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยเตรียมพ่อแม่พันธุ์กาแฟอาราบิกาสำหรับผสมพันธุ์ 13 คู่ผสม ปลุกในโรงเรือนพ่อแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์และทดสอบความต้านทานโรคโดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 1/4 B3SF คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 2/20 B2SF และคู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/10-2 B7T9 มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส 100% แต่

คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/10-2 B7T9 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลและเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์คู่ผสมที่มีแนวโน้มการต้านทานโรคแอนแทรกโนส 6 สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 1/4 B3SF คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 2/20 B2SF คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/2-1 B7T6 คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T8 คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 และ คู่ผสม Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/14-2 B7T10 เพื่อใช้ทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับแปลงต่อไป

การทดลองที่ 2.2 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิกานำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่ให้ผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกา ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่ว้าง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยคัดเลือกพันธุ์ที่มีในแปลงปลูกรวบรวมพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่ได้จากต่างประเทศ 13 สายพันธุ์ นำเมล็ดมาปลูกเพื่อทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในโรงเรือน โดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ พบว่าสายพันธุ์ 3/2-1 T7B7 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลและเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดี มีแนวโน้มการต้านทานโรคแอนแทรกโนสมากที่สุด จึงได้คัดเลือกและนำต้นที่ผ่านการทดสอบไปปลูกเพื่อใช้ในการทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับแปลงต่อไป

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอาราบิกา

การทดลองที่ 3.1 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอาราบิกามาจากเมล็ด Peaberry (2559)

ดำเนินการเดือน ต.ค. 2553-กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่ว้าง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอาราบิกา 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML2/4 78-31-34, H420/9 ML2/4 78-62-26, H420/9 ML2/4 87-84-35, H420/9 ML1/3 KW54, H528/46 ML2/10 29-65-23, H420/9 ML2/1 KW82, H420/9 ML2/10 KW46, Caturra และพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่เป็นเมล็ดที่มีลักษณะ Peaberry มาเพาะเป็นต้นกล้า พบว่า สามารถงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ ปลูกเดือนตุลาคม 2555 ร่วมกับมะคาเดเมีย พบว่า กาแฟเริ่มออกดอกในเดือน มี.ค. 2556 ติดผลเดือน เม.ย.-พ.ค. 2556 และเก็บเกี่ยวในเดือน ม.ค.-ก.พ. 2557 จำนวน 6 สายพันธุ์ ปีที่ 2 ออกดอกในเดือน เม.ย. 2557 ติดผลเดือน พ.ค.-มิ.ย. 2557 และเก็บเกี่ยวในวันที่ 14 ม.ค. 2558 และ 16 มี.ค. 2558 ครบทุกพันธุ์ และปีที่ 3 ออกดอกในเดือน พ.ค. 2558 ติดผลเดือน มิ.ย. -ก.ค. 2558 และเก็บเกี่ยววันที่ 11 ม.ค. 2559 และ 23 มี.ค. 2559 ครบทุกพันธุ์ พบว่า ให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเฉลี่ยมากกว่าเมล็ดที่มีลักษณะ Peaberry คิดเป็น 89.1% และ 9.4% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ H420/9 ML2/4 78-31-34 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด 14.2% และพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด 6.3% สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ร่วมกับพันธุกรรม

โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา

การสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกายาใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและเพชรบูรณ์ ระหว่างปี 2562-2563 โดยการบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาของกาแฟในสภาพร่มเงา ในแหล่งต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ การคายน้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ ฯลฯ และข้อมูลสภาพแวดล้อมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ผลการสำรวจพบว่า กาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะ หลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล มีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด $315-485 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด $4.19-9.85 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง $19-73 \mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$ และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง $0.15-1.53 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบพบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยใน ระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบ กาแฟในสภาพร่มเงาต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ลำต้นสูง ทรงพุ่ม หนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ ($1,800-2,000 \mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-2}$) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่ต้นกาแฟจะได้รับ ความเข้มแสงที่สูงกว่า

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ

ศึกษาปริมาณการให้น้ำแบบหยดกับกาแฟอะราบิกา

(1) ผลจากการให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญด้านความสูงของและ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นมากกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chemura (2014) ที่พบว่า การให้น้ำในปริมาณที่สูงและมากเพียงพอ ส่งผลให้การเจริญความสูงต้นและขนาดลำต้นของกาแฟ มากกว่าต้นกาแฟที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือขาดน้ำ

(2) จำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อของต้นกาแฟที่มีการให้น้ำ มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับ ต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ในปี 2561 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.31 และ 12.26 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวน ผลต่อข้อเท่ากับ 14.27 และ 11.95 ผล/ข้อ ตามลำดับ และในปี 2562 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.03 และ 11.85 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวนผลต่อข้อเท่ากับ 12.79 และ 11.91 ผล/ข้อ ตามลำดับ

(3) ผลผลิตกาแฟอะราบิกาที่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติ จาก ต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ผลผลิตกาแฟปี 2560 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 1.99 และ 1.69 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 471.7 และ 407.5 กรัม/ต้น ตามลำดับ ผลผลิตปี 2561 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2.02 และ 1.35 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลา เท่ากับ และ 452.3 และ 300.1 กรัม/ต้น ตามลำดับ และผลผลิตปี 2562 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ

2 เท่ากับ 1.74 และ 1.43 กก./ตัน ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 401.3 และ 315.7 กรัม/ตัน ตามลำดับ

(4) การให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลต่อกิ่ง และปริมาณผลผลิตกาแฟสูงกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Tesfaye Shimber *et. al* (2013) ที่พบว่าการให้น้ำแก่ต้นกาแฟในปริมาณที่มากเพียงพอ ส่งผลให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลกาแฟต่อกิ่ง จำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตกาแฟผลสดสูงกว่าที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือไม่เพียงพอ

การศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาจากผสมชั่วที่ 1 โดยวิธีการ Micro – Cutting และ Somatic Embryogenesis

(1) การชักนำให้เกิดแคลลัส (embryogenic callus induction) ในกาแฟอะราบिकासายพันธุ์ H.528/46 ML2/10-29-65-23 พบว่า ชิ้นส่วนใบเริ่มสร้างแคลลัส เมื่อเลี้ยงด้วยสูตรอาหารกรรมวิธี 3 (MS/4 + IAA 5 mg/L) เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 5 เดือน โดยแคลลัสจะมีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ที่เกาะตัวกันมีสีขาวอมเหลือง มีความมันวาวในตัวเอง โดยในส่วนของแคลลัสบางส่วนนั้น มีการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอโดยตรง (ภาพที่ 2.1ข) ซึ่งเรียกว่า Direct embryos เป็นต้นอ่อนที่ได้จากกระบวนการ Somatic embryogenesis อีกแบบหนึ่ง โดยอัตราการสร้างแคลลัสอยู่ที่ 6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการสร้างแคลลัสเพิ่มขึ้นเป็น 54 เปอร์เซ็นต์เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 7 เดือนและเริ่มพบ Direct embryos ในเดือนที่ 5 และสามารถย้ายปลูก Direct embryos จำนวน 200 ต้น ในเดือนที่ 7 และกรรมวิธีที่ 4 (IAA 2 mg/L + 2,4-D 1 mg/L) พบว่าแคลลัสจะพัฒนาเป็น Direct embryos มากกว่าเป็น embryogenic callus จากผลการทดลองนี้พบว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกานั้น อาหารที่ใช้จะเป็นอาหารสูตร MS เป็นหลักเช่นเดียวกับกาแฟโรบัสตา แต่ในกาแฟอะราบิกานั้นจะมีการเติมฮอร์โมนออกซิน ซึ่งในการทดลองนี้มีทั้งการใช้ IAA และ 2,4-D

(2) การผลิตต้นอ่อนรูปตอปีโด (torpedo embryo production) เมื่อหลังจากได้แคลลัสจากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 แล้ว คัดกลุ่มแคลลัสที่มีศักยภาพ ภายใต้กล้องสเตอริโอ คัดเลือกแคลลัสที่ยังเกาะกลุ่มกัน (ภาพที่ 2.2ก) มีความวาว สีขาวอมเหลือง และคัด ต้นอ่อนโดยตรง (direct embryos) ออกจากกลุ่มแคลลัส ชั่งน้ำหนักแคลลัสที่ 0.03 กรัม นำแคลลัสไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว MS+BAP 1 mg/L, 100 ml เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และเปลี่ยนเป็นอาหารเหลว MS ไม่เติมฮอร์โมน 500 ml โดยทำการเปลี่ยนอาหารทุกๆ 2 สัปดาห์ ในขั้นตอนนี้ให้เลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบแนวนอนตลอดเวลา จนกระทั่งแคลลัสพัฒนาเป็นต้นอ่อนรูปตอปีโด ซึ่งใช้เวลา 10 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโดได้จำนวน 16.20 กรัม ข้อจำกัดในขั้นตอนนี้จะต้องควบคุมไม่ให้เครื่องเขย่าหยุดทำงานเกิน 1 ชั่วโมง

(3) การชักนำให้ต้นอ่อนรูปตอปีโดเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง (*in vitro* pregermination)

เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโดจากอาหารเหลว ได้ต้นอ่อนรูปตอปีโดจำนวน 16.20 กรัม วางต้นอ่อนรูปตอปีโดบนกระดาษซับที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 7 วัน เพื่อทำลายการพักตัวของต้นอ่อน จากนั้นชั่งต้นอ่อนจำนวน 1 กรัม นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร 1/2MS +BAP 0.5 mg/L ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ อย่างไรก็ตามต้นอ่อนรูปตอปีโดจำนวน 16.20 กรัม ไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริงได้ เนื่องจาก ต้น

อ่อนรูปตอปีโดไม่เจริญเติบโต เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็น คาดว่า สาเหตุเกิดจากช่วงการชักนำให้เป็นต้นอ่อนรูปตอปีโดในอาหารเหล่านั้น เกิดเหตุการณ์แสงไฟฟ้าขัดข้องเกินกว่า 2 ชั่วโมง เครื่องเขย่าหยุดการทำงานเกินกว่า 1 ชั่วโมง ทำให้การเขย่าของอาหารเหลวไม่ต่อเนื่อง เป็นเหตุให้ต้นอ่อนรูปตอปีโดที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกิดการขาดออกซิเจน การเจริญเติบโตชะงัก ถึงแม้ว่าการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโด เมื่อครบ 10 สัปดาห์ จะไม่พบความผิดปกติของต้นอ่อนรูปตอปีโดมากนัก แต่เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเพื่อชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่เกิดใบจริง ต้นอ่อนเปลี่ยนเป็นสีดำและไม่เจริญเติบโต

ในขั้นตอนการชักนำให้เกิดแคลลัสนั้น บางส่วนของชิ้นส่วนพืชได้พัฒนาเป็น Direct embryos ทำการรวบรวม Direct embryos จากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มาชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง โดยเฉพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง สูตร $1/2MS + BAP 0.5 \text{ mg/L}$ ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร $1/2MS$ เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ ได้ต้นอ่อนที่มีใบจริงจำนวน 400 ต้น นำไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ

จากการรวบรวมต้นอ่อนที่ได้จาก Direct embryos จำนวน 400 ต้น เพื่อย้ายไปอนุบาลให้เป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้ย้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 %

สามารถผลิตต้นอ่อนที่มีใบจริงได้จำนวน 400 ต้น เพื่อย้ายไปอนุบาลให้เป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้ย้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5

(4) การอนุบาลในเรือนเพาะชำ (*Ex vitro* pregermination)

เมื่อได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง 2-3 คู่ จะย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

(4.1) การอนุบาลในตระกร้า ผสมวัสดุปลูกโดยใช้ พีทมอส (peat moss) ขาวและดำ ในอัตราส่วน 1:1 ผสมให้วัสดุปลูกมีความชื้นประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ นำไปเก็บในอุโมงค์พลาสติกที่ควบคุมอุณหภูมิภายในไม่ให้เกิน 35 องศาเซลเซียส และมีการพรางแสงประมาณ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ จากการอนุบาลต้นอ่อนที่มีใบจริงในตระกร้าเป็นเวลา 4 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ พบว่า ทำการย้ายอนุบาลจำนวน 400 ต้น โดยเป็นการอนุบาลคละขนาดของต้นอ่อน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ Catimor C1FC 7963-661-36 นั้น สูตรอาหารที่ใช้ กับสายพันธุ์อื่นยังไม่สามารถกระตุ้นให้สายพันธุ์นี้สร้างแคลลัสได้ มีเพียงปฏิกิริยา คือสร้างฟองน้ำขึ้น ดังนั้น จะต้องมีการศึกษาถึงอัตราของฮอร์โมนต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้กาแฟสายพันธุ์นี้สามารถสร้างแคลลัสได้อีกต่อไป

การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟประกอบด้วย การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบและผล ธาตุอาหารในดิน ปริมาณผลผลิตที่ต้องการ นำทั้งหมดมาคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่กาแฟต้องการในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ดังผลการทดลองดังนี้

1. ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟอะราบิกา

1.1 ผลวิเคราะห์ใบและผลกาแฟ จากการเก็บตัวอย่างใบกาแฟจากต้นอายุ 5 ปี อ.แม่สรวย จ. เชียงราย ในปี 2559 จำนวน 4 แปลง ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ (ตารางที่ 2.8) โดยปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน (N) พบมีค่าสูง 2.85-4.38 % ธาตุฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก 0.06-0.14 % ธาตุโพแทสเซียม (K) อยู่ใน ระดับปานกลาง 1.42-3.06 % สำหรับจุลธาตุได้แก่ สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) มีค่าต่ำ ส่วนปริมาณธาตุ แมงกานีส (Mn) พบในใบสูงมากมีค่า 175-328 mg/kg (ตารางที่ 2.8) ส่วนปริมาณธาตุอาหารในผลกาแฟพบว่า N พบมากในส่วนเมล็ดโดยเฉพาะเมล็ดในรุ่ม 2.75% K อยู่ในส่วนของเปลือกนอกมากกว่าส่วนอื่นๆโดยพบสูงถึง 2.8%

1.2 ผลวิเคราะห์ดินใต้ต้นกาแฟ

ดินเป็นกรดค่า pH 5.1-5.5 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ปานกลาง-สูง มีค่า 27-213 ธาตุโพแทสเซียม (K) สูงมาก 434-690 แคลเซียม (Ca) ปานกลาง-สูง 918-2,007 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโบรอน (B) มีค่าต่ำ จากผลวิเคราะห์ดินมีความเหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิก้าซึ่ง Haarer, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิก้าควรเป็นดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรีย์วัตถุสูงและมีโปแตสที่เป็นประโยชน์

วิธีคำนวณความต้องการธาตุอาหาร NPK ตามค่าที่วิเคราะห์ได้เทียบกับผลผลิต

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/น้ำหนักแห้ง) (A)

$$A = \text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากใบและผล} \times \text{น้ำหนักแห้งสุ่ม}/100$$

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/ตารางเมตร) (B)

$$B = A \times \text{น้ำหนักผลผลิต/น้ำหนักสดสุ่ม}$$

โดยความเข้มข้นของธาตุอาหาร : ค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างผลผลิต (%)

น้ำหนักแห้งสุ่ม : น้ำหนักแห้งตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิตในพื้นที่ 1 ตารางเมตร (กรัม/ตารางเมตร)

น้ำหนักสดสุ่ม : น้ำหนักสดตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต ในพื้นที่ 1 ไร่ (กก./ไร่) (C)

$$C = B \times \text{น้ำหนักผลผลิต} \times \text{พื้นที่ 1 ไร่} / 1000$$

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิต (กก.)

พื้นที่ 1 ไร่ : พื้นที่ 1,600 ตารางเมตร

ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหาร N, P₂O₅ และ K₂O ของกาแฟพบว่า ต้องการ 43, 12 และ 26 กก./ไร่ หรือสัดส่วน 4:1:3 ต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่ นำค่าที่ประเมินไปทดลองในแปลงทดลองตาม กรรมวิธี คือใส่ปุ๋ย 46-0-0 63 กก./ไร่/ปี (N = 0.75 เท่าของความต้องการธาตุอาหาร) 46-0-0 84 กก. (N = 1 เท่า) 46-0-0 126 กก. (N = 1.5 เท่า) โดยทุกกรรมวิธี ใส่ปุ๋ย 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี เท่ากัน กรรมวิธีควบคุมคือการใส่ปุ๋ย 15-15-15+13-13-21 อัตราอย่างละ 100 กก./ไร่/ปี

2. ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลกาแฟอาราบิก้า

ผลวิเคราะห์ดินก่อนทดลอง เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกวิเคราะห์สมบัติของดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายเป็นกรด ค่า pH 4.7-5.4 อินทรีย์วัตถุ 2.08-3.12 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 11-44 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 110-325 และเหล็ก 69-92 มก./กก. ซึ่งพบในระดับสูง ส่วนโครงการพัฒนาตอตุ้งดินเป็นกลาง ค่า pH 6.1-6.6 และดินมีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงกว่าดินที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายส่วนธาตุอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนดินที่ศูนย์วิจัยและพัฒนากะเชตรเชียงใหม่ pH 5.4 อินทรีย์วัตถุ 3.35 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 17 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 500 มก./กก.

2.1 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ขนาดโคนต้นกาแฟอาราบิก้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (N 1 เท่า) ปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 3.70 ซม. ผลการทดลองที่โครงการพัฒนาตอตุ้ง ดินกาแฟอายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ย N 1.5 เท่าของอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร ปุ๋ย 46-0-0 126 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 2.90 ซม. ส่วนความสูงต้นของกาแฟที่ศูนย์วิจัยและพัฒนากะเชตรเชียงใหม่อยู่ระหว่าง 181-185.3 ซม. ขนาดโคนต้น 4.10-4.31 ซม.

2.2 ผลผลิต

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 1,175.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N อัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (1 เท่า) น้ำหนักผล 1,044 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทั้ง 2 กรรมวิธี ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ซึ่งมีผลผลิตต่ำที่สุด 988 กก./ไร่

ส่วนในปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,705 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,542 กก./ไร่ สอดคล้องกับผลการทดลองในปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ให้น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,543 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,102 กก./ไร่ น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า สูงที่สุด น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 1,430.7 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 1,273 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 3 ปีเท่ากับ 1,060 และ 1,025 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 520.7 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักสดกะลาต่ำที่สุด 379.1 และ 371.3 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาในกรรมวิธีที่ 1 เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 252.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 0.75 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 มีค่าเฉลี่ย 225.3, 179.7 และ 185.0 กก./ไร่ ตามลำดับ

น้ำหนักผลสดกาแฟทาบิปปิกา ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,153 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า มีน้ำหนักผลสด ดังนี้ 1,010 957 และ 722 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,076 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผล 802 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 741 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 577 กก./ไร่ และปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 260 กก./ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 935.3 กก./ไร่ รองลงมา

คือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 755.7 กก./ไร่ ปุ๋ย 15-15-15 652.7 กก./ไร่ และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่ำสุด 593.7 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 352 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 175.7 กก./ไร่ สูงกว่าทุกกรรมวิธี

โครงการพัฒนาดอยตุง น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 166 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 163 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 881 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับปุ๋ย N 1 เท่า 806 กก./ไร่ ทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 281 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 530 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 404 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 365 และ 364 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1 เท่าสูงที่สุด 500.7 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 482.4 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1 เท่าสูงสุด 194.0 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 193.7 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 106.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 98.0 กก./ไร่

น้ำหนักผลสดกาแฟทาบิก้า ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 322.7 กก./ไร่ ปี 2562 ผลการทดลองสอดคล้องกับปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 307.7 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 51.8 กก./ไร่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสด 2 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่าสูงที่สุด 315.2 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลา 157.8 และ น้ำหนักแห้งกะลา 64.6 กก./ไร่

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ ปี 2562 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 348.9 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสด 293.6 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 186.5 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ 55.4 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ปี การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 กรรมวิธี ปุ๋ย N 1 เท่า และ 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดเท่ากับ 174.5 และ 187.9 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 81.9 และ 91.4 กก./ไร่ และน้ำหนักแห้งกะลา 31 และ 33.1 กก./ไร่

จากผลการทดลองทั้ง 3 แห่ง การจัดการปุ๋ยเคมีในกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่ภาคเหนือ การใส่ปุ๋ย อัตราตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ คือ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 43 กก./ไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 12 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม 26 กก./ไร่ หรือการใส่ปุ๋ย 46-0-0 84 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่งเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือน สิงหาคมให้ผลผลิตน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลาและน้ำหนักแห้งกะลาดีกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ

2.3 คุณภาพผลผลิต ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟหลังบ่ม 1 ปี การใส่ปุ๋ยกาแฟคาร์ติมอร์ N 0.75, 1, 1.5 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าระหว่าง 0.63-0.95% ส่วนทาบิก้า มีค่าระหว่าง 0.69-0.93%

น้ำหนักเมล็ดกาแฟ 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกาแฟคาร์ติมอร์ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุดในปี 2563 คือ 17.28 กรัม ส่วนทึบปีกา การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุด คือ 21.72 และ 20.96 กรัมในปี 2562 และ 2563 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำที่สุด 18.64 และ 17.12 กรัม

ขนาดของเมล็ดกาแฟ นำเมล็ดสีเอากะลาออกโดยใช้เครื่องสีกะลาและได้สารกาแฟ คัดแบ่งเกรด ได้ดังนี้ กาแฟคาร์ติมอร์การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 ปี 2561 42, 53 %, ปี 2562 55, 48%, และ ปี 2563 48, 49% ไม่แตกต่างทางสถิติแต่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 อยู่ระหว่าง 25-42.5%

กาแฟทึบปีกา การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 สูงที่สุด โดย ปี 2561 55, 56%, ปี 2562 58, 56%, และปี 2563 38, 50% ทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 มีค่าต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย ปี 2561 43% ปี 2562 41% และปี 2563 39%

3. ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย

ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี อัตรา N 0.75, 1, 1.5 เท่า และ ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 2,196 2,473 3,027 และ 3,160 บาท/ไร่

รายได้หลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ และ 10,620 บาท รายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่

การใส่ปุ๋ยกาแฟในอัตราตามความต้องการธาตุอาหารเป็นการให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตรงตามที่พืชต้องการโดยให้ในรูปของปุ๋ยเคมี จึงทำให้กาแฟมีน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลา รวมทั้งน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 13-13-21 ซึ่งเมื่อเทียบธาตุอาหารแล้วการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ตัว ดังกล่าวในอัตรา 100 กก./ไร่ ต้นกาแฟจะได้รับธาตุไนโตรเจน (N) 28 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 28 กก. และ โพแทส (K_2O) 36 กก./ไร่ ในขณะที่กาแฟต้องการธาตุอาหาร N 43 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และ โพแทสเซียม 26 กก./ไร่ เท่านั้น จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยไม่ถูกอัตรา คือ N ได้รับน้อยไปส่วน P_2O_5 และ K_2O ได้รับมากเกินไปความต้องการเป็นเหตุให้ผลผลิตที่ได้ต่ำและเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีต่อไร่ให้สูงขึ้นส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนต่ำ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบกาแฟพบว่า N 3%, P_2O_5 0.2% และ K_2O 2.6% (Reuter and Robinson, 1986) และได้มีคำแนะนำให้มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตรงตามอัตราที่พืชต้องการจึงทำให้ตอบสนองต่อผลผลิตให้เพิ่มขึ้นได้

การขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ด้านทานราสนิม โดยวิธีโซมาติกเอ็มบริโอเจเนซิส

(1) ผลของ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับต่างๆต่อการชักนำการเกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกา

จากการนำใบอ่อนกาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermelho x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermelho x K7) ที่ผ่านการอนุบาลในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 4-6 เดือน มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว แล้วตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมนำมาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม ซูโครส 30 กรัม/ลิตร และเติม 2,4-D. ร่วมกับ BAP เพื่อชักนำการเกิดแคลลัส โดยนำไปเลี้ยงในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 6-12 เดือน พบว่าหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน เริ่มมีแคลลัสเกิดขึ้นพันธุ์ พันธุ์ 1/1 B2T5 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด 62.5 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล และ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ที่ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 37.5 และ 25 ตามลำดับ พันธุ์ 1/4 B3T3 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ตามด้วย 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล เป็น 95.83 และ 87.50 ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ใน 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ส่วนใน 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 75.0 70.83 และ 66.67 ตามลำดับ ที่ระดับ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 45.83 และ 25 ตามลำดับ

เมื่อคัดเลือกแคลลัสมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณให้พัฒนาต่อ ได้แคลลัสในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนอาหารและเลี้ยงต่อเพื่อเพิ่มปริมาณเป็นเวลา 6-9 เดือน จากข้อมูลการเกิดและการพัฒนาของแคลลัสที่ได้จากการเลี้ยงใบกาแฟอะราบิกา พันธุ์ 1/1 B2T5 และพันธุ์ 1/4 B3T3 จะเห็นได้ว่าทั้งสองพันธุ์ มีการตอบสนองต่อ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกัน

(2) ผลของ BAP ในระดับต่างๆ ต่อการเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัสหรือชักนำการเกิดเอ็มบริโอในกาแฟอะราบิกา

จากการนำแคลลัสกาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ด้านทานราสนิม พันธุ์ 1/4 B3T3 และ 1/1 B2T5 ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณและผ่านการคัดเลือกแคลลัสที่มีคุณภาพ ลักษณะแคลลัส มีสีเหลือง เป็นก้อนแข็ง เกาะกันหลวมๆ สามารถพัฒนาต่อได้ นำมาเลี้ยง เพื่อชักนำการเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัส ในอาหารสูตร 1/2 MS ที่เติมซูโครส 30 กรัม/ลิตรและเติม BAP ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 2.0 3.0 และ 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระดับ BAP 3 มิลลิกรัม/ลิตร พันธุ์ 1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัสและชักนำการเกิดเอ็มบริโอสูงสุด ตามด้วย 2 4 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนในพันธุ์ 1/4 B3T3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัส และชักนำการเกิดเอ็มบริโอสูงสุดที่ระดับ BAP 4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามด้วย 3 1 และ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

(3) การพัฒนาเอ็มบริโอเป็นต้นอ่อนระยะที่มีใบเลี้ยง

จากการนำต้นอ่อนรูปตอปีโต ที่ย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 2-3 เดือนพบว่าพันธุ์ 1/4 B3T3 และ 1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเกิดได้ต้นอ่อนที่มีความสูง 0.3-1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เป็น 19.5 และ 55.07 ตามลำดับ สำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอาราบิก้าแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นแปลงปลูกกาแฟ

จากการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรรมและแปลงทดลองก่อนการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่ จ.เชียงราย และเชียงใหม่วิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 4.5-5.8 ดินส่วนใหญ่มีความเป็นกรดซึ่งเหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟที่มีค่า pH ของดิน 4.5-6.5 และค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟคือ 5.0-5.5 เพราะจะควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) อินทรีย์วัตถุ (OM) 1.17-3.90% และมีแปลงทดลองจำนวน 1 แปลงที่มีค่าสูงมาก ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P_2O_5) มีค่าระหว่าง 2-99 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K_2O) 58-500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินดังกล่าวดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงต้นกาแฟสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีซึ่งสอดคล้องกับ Haaree, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิก้าควรเป็นดินที่มีค่าความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรีย์วัตถุสูง และมีโพแทสเซียม

ผลการตอบสนองของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตกาแฟ การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำหรือปุ๋ยทดสอบ ประกอบด้วยปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี น้ำหนักผลสดกาแฟเฉลี่ย 1,927.1 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเกษตรกรรม 1,477.2 กก./ไร่ เมื่อนำผลผลิตสดมาแปรรูปพบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาสด 829.8 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรรมให้น้ำหนักกะลาสด 580.2 กก./ไร่ ผลการบันทึกน้ำหนักกะลาแห้งการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาแห้ง 359.6 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรรมให้น้ำหนักกะลาแห้ง 261.9 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นดังนี้เพราะการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำเป็นการใส่ปุ๋ยที่ตรงตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ ดังผลการทดลองของศศิธร และคณะ, 2563 รายงานว่า ความต้องการธาตุอาหารของกาแฟต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่คือ ไนโตรเจน (N) 43 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 12 กก. และโพแทสเซียม (K_2O) 26 กก./ไร่/ปี สัดส่วนของ N: P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 4:1:3 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเกษตรกรรม อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ใส่ปุ๋ย 15-15-15 50 กก. 46-0-0 66 กก. และ 13-13-21 66 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 47 กก. P_2O_5 16 กก. และ K_2O 21.4 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับโพแทสเซียมน้อยเกินไป เกษตรกรเขตอ.เมือง และอ.แม่ลาวมีการใส่ปุ๋ย 15-15-15 46-0-0 และ 13-13-21 อัตราอย่างละ 50 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 37 กก. P_2O_5 14 กก. และ K_2O 18 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมน้อยกว่าความต้องการธาตุอาหารทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าปุ๋ยอัตราแนะนำ ซึ่งธาตุอาหาร N และ K จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) จึงทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ผลตอบแทนที่ได้จากการขายผลผลิตและต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี รายได้จากการขายผลผลิตกาแฟสด การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำและการใส่ปุ๋ยเกษตรกรรมเท่ากับ 48,178 และ 36,930 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ย 2,434 และ 3,060 บาท/ไร่ ทำให้ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีแล้วการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำมีผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบเดิมได้ผลตอบแทนเพียง 33,870 บาท/ไร่ เท่านั้นถ้าเกษตรกรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากเดิม 11,847 บาท/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 26 และต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลง ร้อยละ 25.8

ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนควรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำคือปุ๋ย 46-0-0 84 กก./ไร่ และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี แบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละเท่าๆ กัน คือ 1) หลังตัดแต่งกิ่ง มค.-กพ. 2) หลังติดผล พค. และ 3) ผลขยายขนาด สค.

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทย

(1) สำรวจรวบรวมเก็บตัวอย่างกาแฟที่เป็นโรคแอนแทรคโนสและศึกษาลักษณะอาการของโรค

เก็บตัวอย่างผล ใบ และกิ่งกาแฟที่แสดงอาการเป็นโรค จากแหล่งปลูกที่พบการเกิดโรคแอนแทรคโนส ระหว่าง ตุลาคม 2559 - กันยายน 2561 พื้นที่จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง น่าน พะเยา เลยและเพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง พบว่า **ลักษณะอาการที่ใบ** พบแผลทั้งรูปร่างค่อนข้างกลมและแผลที่รูปร่างไม่แน่นอน เนื้อเยื่อกลางแผลมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ แผลจะขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นแผลขนาดใหญ่ **ลักษณะอาการที่กิ่ง** กิ่งแห้งที่เกิดจากปลายยอด (ปลายกิ่ง) ลงมาที่โคนกิ่ง พบแผลสีน้ำตาลหรือสีดำบนกิ่ง แผลจะขยายลงไปตามกิ่ง ทำให้ใบเหลืองและร่วง กิ่งเหี่ยวแห้งเป็นสีดำ **ลักษณะอาการที่ผล** แผลสีน้ำตาลเข้มหรือดำ เนื้อเยื่อบริเวณแผลยุบตัวลงไปบนเนื้อเยื่อผล แผลจะขยายใหญ่ขึ้นเป็นแผลรูปร่างไม่แน่นอน ผลที่ยังไม่สุกจะหยุดการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นสีดำ แต่ผลยังคงติดอยู่บนกิ่งกาแฟ

(2) การแยกเชื้อราสาเหตุโรค ผลการแยกเชื้อจากส่วนของพืชที่เป็นโรคโดยตรงและการแยกเชื้อจากเนื้อเยื่อพืชที่เป็นโรค ได้เชื้อรา *Colletotrichum* sp. จำนวน 14 ไอโซเลต

(3) การพิสูจน์โรคด้วยวิธี Koch's Postulate พบว่า รา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้เป็นเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอาราบิก้า บนต้นกล้ากาแฟที่อายุ 60 วัน (ระยะปักฝัสดู) ที่ได้รับการปลูกเชื้อแสดงอาการของโรคหลังทำการปลูกเชื้อได้ 5 วัน ลักษณะอาการที่พบคือใบเกิดแผลสีน้ำตาลดำ เมื่อนำส่วนของใบที่แสดงอาการโรคมารวมเชื้อซ้ำอีกครั้ง แยกได้รา *Colletotrichum* spp. ที่มีลักษณะทางสัณฐานเช่นเดียวกันกับราที่นำมาปลูกเชื้อ

(4) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานของราสาเหตุโรค เมื่อนำรา *Colletotrichum* spp. บริสุทธิ์ทั้ง 14 ไอโซเลต มาศึกษารูปร่างและวัดขนาดของโคนิเดีย ศึกษารูปร่างแอฟเพรสซอเรีย (appressoria) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ส่วนใหญ่ (12 ไอโซเลต) มีโคโลนีสีขาวเทาถึงสีเทา ตรงกลางโคโลนีสีเทาเข้ม เส้นใยบนผิวด้านอาหารมีลักษณะเจริญฟู สลับกับ spore mass ที่เกิด เป็นวงซ้อนๆ กัน (zonation) ด้านหลังโคโลนี (reverse) พบจุดดำเป็นวง ไม่พบการสร้าง setae เส้นใยไม่มีสี มีผนังกัน โคนิเดียเกิดบนก้าน conidiophore โคนิเดียส่วนใหญ่มีลักษณะรูปทรงกระบอก (cylindrical) ปลายมน (obtuse) ฐานตัด (truncate) เซลล์เดียว ไม่มีสี โคนิเดียมีขนาดเฉลี่ย $2.98-5.96 \times 10.43-26.62$ ไมครอน สร้าง acervulus ฝังลึกลงในอาหาร ด้านบน acervulus ปกคลุมด้วย spore mass สีส้ม แอฟเพรสซอเรีย รูปร่างคล้ายกระบอง รูปไข่ บางครั้งเป็นลูบ (lobe) มีขนาดเฉลี่ย $6.25-9.23 \times 8.94-13.11$ ไมครอน

ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างกาแฟบ้านห้วยห้อม ต.ห้วยห้อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน โคโลนีมีสีเขียวยอมเทา ด้านหลังโคโลนีไม่พบจุดดำ โคนิเดียมีทั้งรูปทรงกระบอก ปลายมน ฐานตัด และรูปร่างแบบกระบอง มีการสร้าง chlamydospore สีน้ำตาลต่อกันเป็น chain สั้นๆ แอฟเพรสซอเรีย รูปร่างค่อนข้างกลม

ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างกาแฟของศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ) บ้านหินสอ ต.ปลาบ่า อ.ภูเรือ จ.เลย ขอบโคนนีสขาว ตรงกลางโคนนี้มีสีเข้ม ด้านหลังโคนนี้มีจุดดำกระจายเล็กน้อย โคนิเดียรูปทรงกระบอก ปลายมน ฐานตัด แอพอเพรสซอเรียรูปร่างคล้ายกระบองและรูปไข่

จากการศึกษาและใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980, 1992) และวิรัช และคณะ (2528) ได้จำแนกชนิดเป็นรา *Colletotrichum gloeosporioides*

(5) การศึกษาชีววิทยาของรา

ผลการศึกษาการเจริญของราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA HPDA MEA CZA PSA และ PCA พบว่า เส้นใยของ *C. gloeosporioides* เจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA และ MEA เชื้อราเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ภายใน 5-7 วัน พบการสร้างโคนิเดียได้มากที่สุดบนอาหาร PCA โดยเห็นเป็น spore mass สีส้มเรียงซ้อนกันเป็น วงหลังจากเลี้ยงเชื้อบนอาหารภายใน 7-10 วัน

ผลการศึกษาการเจริญของราบนอาหาร PDA ในสภาพอุณหภูมิต่างๆกันพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *C. gloeosporioides* ส่วนใหญ่ อยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส

Colletotrichum gloeosporioides ที่แยกจากกาแฟ สามารถทำให้ พริก จินดา มะม่วง มะเขือเทศ มะละกอ แสดงอาการแผลให้เห็น 3-5 หลังจากปลูกเชื้อ แผลมีลักษณะค่อนข้างกลม สีน้ำตาลเข้มถึงดำ เนื้อเยื่อพืชนุ่มยุบลง บางแผลพบการสร้างกลุ่มโคนิเดียเรียงเป็นวงซ้อนกัน

ศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสในกาแฟอาราบิก้า

จากการทดลองแปลงทดลองที่ 1 การเกิดโรคแอนแทรคโนสบนใบกาแฟอาราบิก้า พบว่าการใช้สาร ป้องกันกำจัดโรคพืชทุกกรรมวิธี ให้ผลในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสได้ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทาง สถิติ และพบว่ากรรมวิธีการตัดแต่งกิ่งไม่พ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ก็มีผลใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชทุกกรรมวิธี ในขณะที่การเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลกาแฟอาราบิก้า พบว่าทุก กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในช่วงการติดผลกาแฟช่วงแรกการเกิด โรคยังไม่พบหรือพบน้อยมาก การเกิดโรคบนผลจะมาเริ่มพบมากขึ้นในระยะใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งหากมีการ ป้องกันกำจัดโรคในระยะเกิดโรคบนใบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้การเกิดโรคในระยะผลลดน้อยลง เมื่อทำ การทดลองซ้ำในปีที่ 2 ผลการทดลองสอดคล้องกันกับการทดลองแปลงที่ 1 และพบว่า การตัดแต่งกิ่งเพียงอย่าง เดียวไม่พ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ก็สามารถลดการเกิดโรคได้ใกล้เคียงกันกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช โดยพบว่ากรรมวิธีพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่ง กิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอาราบิก้าบนใบได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมา คือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน

จากการตรวจนับปริมาณการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในแปลงเกษตรกร จำนวน 6 ครั้ง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยในครั้งที่ 6 พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุด เท่ากับ 96.27% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุด เท่ากับ 97.85% รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 3 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน เท่ากับ 93.24% และ กรรมวิธีที่ 2 ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน เท่ากับ 92.71% ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับ ยุพิน และคณะ (2545) และ ประภาพร และคณะ (2556) ที่รายงานไว้ว่า การตัดแต่งกิ่ง และใช้เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) ซึ่งเป็นเชื้อราขาวชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมมอดกาแฟได้โดยวิธีและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม พบการเข้าทำลายของมอดกาแฟน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สรุปว่าการควบคุมมอดกาแฟให้ได้ผลดีควรมีการตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มกาแฟไปร้งร่วมกับการใช้เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) เพื่อให้มีผลในการควบคุมในระยะยาว และทำความสะอาดแปลงไม่ปล่อยให้เป็นแหล่งสะสมของมอดกาแฟซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดในแปลงปลูกในฤดูกาลต่อไป

ต้นทุนในการดำเนินการพบว่า กรรมวิธีที่ 2 ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน มีต้นทุนน้อยที่สุด เท่ากับ 3,040.00 บาท/ไร่/ปี รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน เท่ากับ 3,138.40 บาท/ไร่/ปี และ กรรมวิธีที่ 5 สาร Dinotefuran เท่ากับ 3,788.80 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม

(1) **ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ** เป็นการประเมินด้วยสายตา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาใช้แผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบสารใช้หลักการประเมินเปรียบเทียบตามระบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) พบว่า ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อยคือ จากสี Blueish-Green เป็นสี Greenish เมื่อเก็บรักษาในถุงทั้งสองชนิดเป็นเวลา 12 และ 15 เดือน และเป็นสี Yellow-Green เมื่อเก็บรักษาในถุงทั้งสองชนิดเป็นเวลา 18 21 และ 24 เดือน ดังนั้นการซื้อขายเมล็ดกาแฟควรมีการซื้อโดยดูจากสีของเมล็ดกาแฟแบบสารมากกว่าการดูจากสีของกาแฟกะลา

(2) **ความชื้นของเมล็ดกาแฟ** โดยใช้ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ KETT รุ่น PM650 Version 6501 ก่อนเก็บรักษา เมล็ดกาแฟแบบกะลามีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟแบบสารมีความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอน เป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษา คือ จาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์

(3) **ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟ (กาแฟสาร)** ประเมินแบ่งเกรดด้วยตะแกรงคัดแยกขนาดเมล็ด (Coffee test sieve) ตามกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เมล็ดกาแฟอะราบิกา มกษ. 5701 – 2552 ก่อนเก็บรักษา เมล็ดกาแฟแบบกะลาเมื่อนำมาแกะหะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า มีขนาดเมล็ดกาแฟแบบสารคือ เกรด 1, 2, 3, 4 และ เมล็ดกลม จำนวน 27.9, 50.1, 13.4, 2.4 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้อบกพร่องคิดเป็น 6.3 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติกันข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 21 และ 24 เดือนตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า มีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

(4) **คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คุณภาพการชิม)** ทดสอบคุณภาพการชิมโดยนักวิชาการของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ที่ผ่านการอบรม โดยนำเมล็ดกาแฟมาคั่วด้วยเครื่องคั่วยี่ห้อ PROBAT รุ่น PRE-1 ELECTRIC ROASTER (พลังงานไฟฟ้า) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนเกิด first crack (เมล็ดกาแฟได้รับความร้อนและมีเสียง) เป็นเวลา 30 วินาที คุณภาพการชิมก่อนเก็บรักษาเมล็ดกาแฟแบบกะลาเมื่อนำมาแกะหะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 76.23 คะแนน จากข้อมูลคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ สำหรับคุณภาพการชิมในแต่ละเดือนพบว่า และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด รองลงมาคือที่ 15 เดือน และ 9 เดือน คือ 87.94 86.84 และ 82.24 ตามลำดับ

(3) **องค์ประกอบทางเคมี** ทดสอบโดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ดำเนินการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเฉพาะเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 31 เดือน โดยองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 31 เดือนพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในองค์ประกอบทางเคมีในชนิดของถุงที่เก็บรักษา

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอาราบิก้า

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

(1) ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟในเรือนทดลอง หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลองที่ระยะ 7 วันหลังพ่นพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon, hexazinone, flumioxazin และ metribuzine เป็นพิษต่อต้นกาแฟ พบอาการที่ใบไหม้ที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสารทำให้ต้นกาแฟใบร่วง แต่ไม่ทำให้ต้นกาแฟตายและใบที่ออกใหม่ไม่พบอาการความเป็นพิษ ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ ในด้านการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ยกเว้น การพ่นสารกำจัดวัชพืช hexazinone เป็นพิษต่อต้นกาแฟ จึงส่งผลกระทบต่อผลการเจริญเติบโตต่อต้นกาแฟ จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช

(2) ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ (ในสภาพแปลง) จากการประเมินความพิษของสารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor ด้วยสายตาที่ระยะ 15 30 45 และ 60 วันหลังพ่นสาร ในแปลงทดลอง อำเภอแม่วาง และอำเภอแม่แจ่ม ไม่พบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ในเรือนทดลองพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นกาแฟ เนื่องจากการพ่นสารกำจัดวัชพืชในสภาพแปลงนั้น หลังจากพ่นแล้วมีฝนตก จึงทำให้ไม่พบความเป็นพิษต่อต้นกาแฟ โดยทั่วไปสภาพพื้นที่ปลูกกาแฟบนดอย เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกในช่วงหน้าฝน ทำให้ต้นกาแฟได้รับน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต

(3) ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช สารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่พบในแปลงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช และพบว่าที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืช ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ในด้านความสูง เส้นรอบวง ความกว้างใบ ความยาวใบ และขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช

(4) ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน จากการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน ได้แก่ acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen, และ alachlor ในตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร 10-20 เซนติเมตร ก่อนพ่นสารและหลังการพ่นสารตามระยะเวลาหลังการพ่นสาร 0-81 วัน ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างพบว่า ก่อนทำการทดลองทั้งสองแปลงไม่พบสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตกค้างอยู่ในดิน ส่วนสาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor และ alachlor ก่อนทำการทดลองพบว่าการทดลองอยู่ในดินอยู่แล้ว โดยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม และหลังจากมีใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าว และวิเคราะห์ผลการตกค้างจนถึงระยะ 80 วันหลังพ่นสาร พบปริมาณการตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร หลังการพ่นสารที่ 0 วัน พบปริมาณ 1.84, 0.55, 0.01, 0.03,

0.03, 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ หลังการพ่นสารที่ 80 วัน ปริมาณสารลดลงจนเหลือเท่ากับ 0.01, 0.02, <0.01, <0.01, 0.01, <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีปัจจัยของความชื้นและปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณสารตกค้างในดิน

ผลการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชชนิดใช้ก่อนวัชพืชงอก (Pre-emergence) ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่แจ่มของสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตรวจไม่พบตกค้างในน้ำ acetochlor พบปริมาณ 0.07-0.20 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin พบปริมาณ 0.03-0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor พบปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor พบปริมาณ 0.02-0.07 ไมโครกรัมต่อลิตร ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่ว่าง พบสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืช acetochlor ปริมาณ 0.02-0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin ปริมาณ 0.02-0.69 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor ปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor ปริมาณ 0.01-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร oxadiazon ปริมาณ 0.01-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, และ oxyfluorfen ปริมาณ ND-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยปริมาณการตกค้างของสารโดยส่วนใหญ่ พบปริมาณต่ำๆ น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม โดยเฉพาะในสารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen, s-metolachlor และ alachlor

ค่าการสลายตัวในดินของสาร คำนวณจากสมการ exponential ของสารพิษที่ตรวจพบและระยะเวลาหลังพ่นสาร ซึ่งได้ ค่า Soil half-life เทียบกับค่า Soil half-life ของ OSU Extension Pesticide Database (NIPC, 1994) ค่าการสลายตัวในดินของสาร half-life ของ acetochlor 15.4 ถึง 34.65 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 15 วัน (NIPC, 1994) DT₅₀ (field studies) 12.1 วัน (PPDB, 2007) สารนี้ถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้ น้อย ซึ่งความคงทนในดินแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน สภาวะแวดล้อมและค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ค่า half-life ของ pendimethalin 17.32-25.67 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 90 วัน DT₅₀ (field studies) 100.6 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุในดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน ค่า half-life ของ s-metolachlor จากการคำนวณในการทดลองนี้ ได้ 16.11 วัน ค่าการสลายตัวในดิน (field studies) DT₅₀ 21 วัน สารกำจัดวัชพืช s-metolachlor อาจปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (PPDB, 2007) ค่า half-life ของ oxadiazon 28.77-33 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 60 วัน (NIPC, 1994) DT₅₀ (field) 165 วัน (PPDB, 2007) ค่า half-life ของ oxyfluorfen 38.5-40.76 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 35 วัน (NIPC, 1994) DT₅₀ (field) 73 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน ค่า half-life ของ alachlor 17.33-22.35 วัน half-life 23-66 วัน (Mendes, et al. 2017) ค่าการสลายตัวในดิน DT₅₀ (field) 14 วัน (PPDB, 2007) สารนี้มีความคงทนต่ำในดิน (low persistent) การสลายตัวในดินส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ดิน เคลื่อนย้ายในดินทรายได้ อาจปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (Extoxnet, 1996) สารนี้ถูกยกเลิกการใช้ในประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป ตั้งแต่ปี 2006 ในสหรัฐอเมริกาจัดอยู่ในกลุ่มสารกำจัดวัชพืชที่จำกัดการใช้ (Restricted-Use Herbicide) นำดิน มาวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างโดยวิธี Bioassay เก็บดินที่ระยะ 40 และ 60 วันหลังพ่น ระดับความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร นำมาปลูกข้าวโพด จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินในทุกกรรมวิธีไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อข้าวโพด

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

(1) **ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อต้นกาแฟ** พบว่าสารกำจัดวัชพืชในทุกกรรมวิธีการทดลองเป็นพิษต่อต้นกาแฟในระยะ 7 วันหลังพ่นสาร โดยมีความเป็นพิษเล็กน้อยจนถึงเป็นพิษในระดับปานกลาง สารกำจัดวัชพืชในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่เป็นพิษเล็กน้อยโดยทำให้ใบกาแฟเป็นแผลเป็นจุดเหลือง (chlorosis) ไม่ทำให้ใบไหม้ แต่พบสารกำจัดวัชพืชที่เป็นพิษปานกลางได้แก่ fluazifop-p-butyl + flumioxazin , clethodim + flumioxazin , quizalofop-p-tefuryl + flumioxazin, fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin , glufosinate + flumioxazin , propaquizafop + flumioxazin และ haloxyfop-R-mehtyl + flumioxazin ทำให้ต้นกาแฟใบไหม้ และแห้งตาย หลังจากนั้นที่ระยะ 30 หลังพ่นสารกำจัดวัชพืช ทุกกรรมวิธีการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษ ใบที่งอกขึ้นมาใหม่มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะเห็นได้ว่าคู่ผสมที่มีสารกำจัดวัชพืช flumioxazin เป็นพิษรุนแรงสูงกว่าคู่ผสมที่มีสารกำจัดวัชพืช fomesafen และ oxyfluorfen **ผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ** พบว่า ทุกกรรมวิธี ความสูง และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จำนวนใบและน้ำหนักสด แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl + flumioxazin มีจำนวนใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นสาร quizalofop-p-tefuryl + fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl + fomesafen, propaquizafop + fomesafen และ propaquizafop + flumioxazin และกรรมวิธีการพ่นสาร fluazifop-p-butyl + flumioxazin ให้น้ำหนักสดต้นกาแฟน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่นๆ

(2) **ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ (ในแปลง)** จากการประเมินความเป็นพิษต่อต้นกาแฟในการพ่นสารกำจัดวัชพืชโดยพ่นสารกำจัดวัชพืช 3 ครั้งในปี พ.ศ. 2561 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม -ธันวาคม ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝน พบว่า ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช มีความเป็นพิษต่อต้นกาแฟโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับเล็กน้อยจากการประเมินด้วยสายตา ซึ่งแสดงอาการใบไหม้บางส่วนบนผิวใบ ยกเว้นสารกำจัดวัชพืช glyphosate และ paraquat แสดงอาการเป็นพิษรุนแรง ทำให้ต้นกาแฟใบไหม้ทั้งต้น เนื่องจากในขณะที่ยพ่นนั้นละอองสารไปสัมผัสกับต้นกาแฟ เช่นเดียวกับการพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น แต่หลังจากนั้นที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ไม่พบอาการเป็นพิษ ยกเว้นการพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate ยังพบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟแสดงอาการความเป็นพิษอยู่ในระดับปานกลาง โดยใบอ่อนของต้นกาแฟที่เจริญเติบโตที่ขึ้นมาใหม่ใบเหลืองและใบมีขนาดเล็ก และในปี พ.ศ. 2562 ได้ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชอีก 3 ครั้งในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 พบว่า ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันในปี 2561 ทั้ง 2 แปลง

(3) **ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร** พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชในปี 2561 และ 2562 ให้ผลไปในทางเดียวกัน พบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร เช่นเดียวกับการพ่นสารเปรียบเทียบ glyphosate, paraquat และ glufosinate-amonium ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง ที่ระยะ 30 หลังพ่นสาร และที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชลดลงที่ระดับเล็กน้อยเท่านั้น สอดคล้องกับน้ำหนักแห้ง พบว่ากรรมวิธีการพ่นสาร glufosinate-amonium+fomesafen

และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ พบว่ากรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช paraquat และ glyphosate ให้เส้นรอบวง และขนาดทรงพุ่ม ต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในการทดลอง และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืชในการให้ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นกาแฟ ทั้งนี้ glyphosate และ paraquat เป็นสารกำจัดวัชพืชไม่เลือกทำลาย (nonselective herbicides และจากการทดลองการใช้สารกำจัดวัชพืช glufosinate+fomesafen และ glufosinate+oxyfluorfen ทั้ง 2 ปี ให้ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และขนาดทรงพุ่ม มากกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ

(4) การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน พบว่า สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกของกาแฟ ในสภาพแปลงที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้ง 2 แปลง ในอำเภอแม่แจ่ม และอำเภอบางช้าง จังหวัดเชียงใหม่ พบการตกค้างของสารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen สูงที่สุด หลังการพ่นครั้งที่ 5 ที่ 0 วัน ปริมาณ 115.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงกาแฟอำเภอแม่แจ่ม สอดคล้องกับรายงานการสลายตัวของสาร oxyfluorfen ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารชนิดนี้จะดูดซึมได้ดีในดิน และเกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 5 – 55 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ (Turner, 2018) ในทางตรงกันข้าม แปลงอำเภอบางช้าง พบการตกค้างปริมาณ 9.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สืบเนื่องมาจากฝนตกหลังจากทำจากพ่นสาร ทำให้สารเกิดการชะล้างเนื่องจากสภาพพื้นที่แปลงปลูกกาแฟมีความลาดเอียง จึงเป็นไปได้ที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชจากพื้นที่เพาะปลูกรอบๆ ที่มีการใช้สารดังกล่าวลงสู่แปลงปลูกที่มีความลาดต่ำกว่า นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการชะละลาย หรือการไหลบ่าของน้ำจากบริเวณแปลงปลูกกาแฟ หรือซึมละลายไปกับน้ำในดินลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังตรวจพบสาร fomesafen ปริมาณสูงทั้ง 2 แปลง หลังการพ่นครั้งที่ 3 ที่ 0 วัน ปริมาณ 73.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสลายตัวของสาร fomesafen ในสิ่งแวดล้อม จะเกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 6 เดือน (Turner, 2018)

(5) ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassay ไม่พบว่าปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง และน้ำสดของต้นข้าวโพด ถั่วเขียว และมะเขือเทศ เนื่องจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง และน้ำหนักสดของต้นข้าวโพด ถั่วเขียว และมะเขือเทศ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืชและกรรมวิธีใช้แรงงาน จากการทดลองสามารถที่จะแนะนำให้เกษตรกรปลูกข้าวโพด มะเขือเทศเพื่อหารายได้ และสามารถปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อการบำรุงดิน ในช่วงที่ที่กาแฟยังไม่ให้ผลผลิต แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณน้ำฝน การชะล้าง แสงแดด และจุลินทรีย์ในดิน ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งจะมีผลต่อการปลูกพืชชนิดอื่นหลังจากใช้สารกำจัดวัชพืชไปแล้ว (Sondhia, 2014) จากการทดลองของ Buhler และ Burnside (1984) ศึกษาการเจริญเติบโตของ ข้าวโพด และถั่วเหลือง ที่ปลูกในสภาพดินที่พ่นสาร fluazifop-Butyl, haloxyfop-Methyl, sethoxydim ทันทันทีโดยใช้ในข้าวโพดอัตรา 16, 8 และ 32 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ และในถั่วเหลืองอัตรา 32, 32 และ 32 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ พบว่าสาร fluazifop-Butyl ยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโพด 57% และถั่วเหลือง 4 % ส่วน haloxyfop-Methyl ยับยั้ง

การเจริญเติบโตของข้าวโพด 38% แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ส่วน sethoxymidim ยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโพด 38% และถั่วเหลือง 2%

โครงการที่ 4. โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

1. ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม

เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม มีก้านหมุน 2 ก้าน หมุนในทิศทางตรงข้าม การใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแฟปีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูดเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งาน ตรงช่วงก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะที่บีบและปล่อย ขนาดก้านรูดผลกาแฟกว้าง 21 มิลลิเมตร ยาว 14 เซนติเมตร ปลายแหลม ด้านข้างทั้งสองของชุดรูดผลกาแฟติดเส้นพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สวมอยู่บนเพลากลม ขณะที่เครื่องทำงานพลาสติกสีดำจะช่วยลดแรงกระแทกระหว่างก้านหมุนกับผลกาแฟ เครื่องขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงรอบหมุน 13,500 รอบต่อนาที กำลังขนาด 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อกำลังด้วยเพลาสติกขับเคลื่อนเพื่อก้านรูดผลกาแฟอัตราทด 1:3 ก้านรูดผลกาแฟหมุนด้วยความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์-ชั่วโมง ตัวเครื่องรูดผลกาแฟมีน้ำหนัก 0.9 กิโลกรัม ส่วนแบตเตอรี่กับสายสะพายมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัม

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดของเวียดนาม ไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ทดสอบความสามารถการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวด้วยคน ความสูงต้นกาแฟ 1.5-2 เมตร ระยะห่างระหว่างต้นกาแฟ 3 เมตร วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ที่รองรับกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.60 เมตร รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยว จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 86.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขณะทำการเก็บเกี่ยวมีผลผลิตสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 39 เปอร์เซ็นต์ คนเก็บเกี่ยวมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 67.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสียเท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถการทำงานเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บประมาณ 1.29 เท่า แต่ขณะเก็บเกี่ยวมีผลผลิตกระเด็นออกนอกที่รองรับค่อนข้างมาก จึงได้ออกแบบสร้างหน้ากากกันผลกาแฟกระเด็น โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบาง ม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดม่านพลาสติกใสครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 46.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสูญเสีย 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 36.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสีย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถการทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า และเครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแฟตลอดเวลาขณะเก็บเกี่ยว

2. ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพ

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข พบว่าเครื่องมือมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า แต่เครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือ ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแพขณะเก็บเกี่ยวตลอดเวลา จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างต้นแบบเบื้องต้น เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว จากการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เช่น ระบบต้นกำลัง ระบบส่งต่อกำลัง และก้านรูดผลกาแพมีจำนวนมากเกินไปทำให้การเก็บเกี่ยวไม่คล่องตัว

จากข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพ ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด หมายเลข 1 แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ หมายเลข 2 สายสะพานแบตเตอรี่ หมายเลข 3 สวิตช์ไฟ หมายเลข 4 ด้ามจับ หมายเลข 5 มอเตอร์กระแสตรง หมายเลข 6 ก้านรูดผลกาแพแบบใช้สปริงดึง ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 0.95 กิโลกรัม

3. ทำการทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จได้นำเครื่องไปทดสอบเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแพ ทำการทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้น 2.62, 3.14, 3.67, 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที พันธุ์กาแพที่ใช้ทดสอบเลือกใช้พันธุ์โรบัสตา เนื่องจากข้อดีจะเหนียวกว่าพันธุ์อะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแพที่สูงแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแพก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแพได้ทั้งหมดไม่มีค้ำกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นก้านรูดยิ่งสูงมากผลกาแพจะกระเด็นมากตามไปด้วย

ผลการทดสอบความเร็วของก้านรูดผลกาแพความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถเก็บผลกาแพได้ทั้งหมดโดยไม่มีค้ำกิ่งผล

เมื่อได้ความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลกาแพแล้ว ได้นำเครื่องไปทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร และที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที

ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแพ 1.6- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร การทดสอบใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้น เนื่องจากผลกาแพสุกแก่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 106.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.001 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 50.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีสูญเสีย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมือมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.11 เท่าและได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานในการเก็บเกี่ยว

ผลกาแพพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตาข่ายในลอนขนาด 1.2×1.5 เมตร รองรับผลกาแพขณะเก็บเกี่ยว เปรียบเทียบกับวิธีเก็บเกี่ยวของเกษตรกร การทดสอบใช้วิธีเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแพสุกแก่ไม่พร้อมกัน

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด ในการเก็บเกี่ยวผลกาแพพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ความสูงต้นกาแพ 1.7- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.4-1.6 พบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 32.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.24 เปอร์เซ็นต์ มีกาแพผลสีเขียว

ปนเฉลี่ย 11.49 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 11.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียร่วงหล่นนอกตะกร้า 0.45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีกาแฟผลสีเขียวปน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.83 เท่า

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องเบื้องต้น พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยวประมาณ 2 เท่า แต่พบปัญหาคือสปริงก้านรูดผลกาแฟขาดบ่อย ขณะใช้งานต่อเนื่อง จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องโดยเปลี่ยนก้านรูดจากเดิมใช้สปริงดิ่ง มาเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริงและปรับเปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์ปิด-เปิด จากอยู่ตำแหน่งนอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่อง

4. ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป

เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องจนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว ได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 1.82 เท่า และนำเครื่องไปทดสอบการใช้งานในพื้นที่ไร่อะโศก บ้างปางม่วง ต. แจ้ซ้อน อ. เมืองปาน จ.ลำปาง การทดสอบใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน

ผลทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่บ้านปางม่วง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ. ลำปาง ทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0-1.5 เมตร พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.04 เท่า

ทำการเก็บข้อมูลศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่จะให้ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องออกผลเป็นปกติ กิ่งก้านที่ออกผลไม่ได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน

การออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน

ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแฟ โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะอ่อนนิ่มกว่าผลกาแฟอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรูดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

1.1) ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง ซึ่งตรงช่องออกนี้มีส่วนควบคุมการทำงานแบบตุ้มน้ำหนักถ่วง

แรงม้าเป็นต้น พบว่า ผลกาแฟสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดทะลุเปลือกและลอดผ่านช่องตะแกรงออกมา ผลผลิตที่ได้เป็นเมล็ดทะลุเปลือกปนกับเปลือก มีผลเขียวขนาดเล็กปะปนมาน้อยมาก ประสิทธิภาพการคัดแยกผลอ่อนใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ออกช่องปลายทางมีผลกาแฟสุก เมล็ดทะลุเปลือก และเปลือกไหลปะปนออกมาด้วย โดยเป็นผลกาแฟอ่อน/ผลเขียว 73.06 - 79.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 1.90 และ 2.28 เมตรต่อวินาที ไม่พบเมล็ดทะลุเปลือกแตก และพบเล็กน้อย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 2.85 เมตรต่อวินาที ขณะที่เมล็ดกาแฟทะลุเปลือกที่ได้จากการใช้เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป มีปริมาณเมล็ดแตกรวม 3.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราการทำงานของเครื่องเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วของแกนรีดผล โดยที่ความเร็ว 2.28 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงาน 833 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง

ผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื้อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง โดยใช้ความเร็วแกนรีดผลกาแฟ 2.28 เมตรต่อวินาที พบว่า เสื้อตะแกรงแบบแนวนอนมีอัตราการทำงาน 1,029 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง สูงกว่าเสื้อตะแกรงแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงแบบแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการคัดแยกผลอ่อนสูงกว่าเสื้อตะแกรงแบบแนวนอน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลกาแฟอ่อนและการปรับน้ำหนักถ่วงตรงช่องทางออกด้วย ผลผลิตเมล็ดทะลุเปลือกที่ไม่พบเมล็ดแตก โดยมีปริมาณเมล็ดถลอกเล็กน้อย 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 1.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลผลิตเมล็ดทะลุเปลือกที่ได้ซึ่งมีเปลือกปนอยู่ไปผ่านเครื่องลอกเปลือกผลสดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการแยกเปลือก ทำให้เมล็ดกาแฟทะลุเปลือกถลอกและแตกเพิ่มขึ้นรวมเป็น 4.16 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การลอกเปลือกกาแฟผลสดด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป ได้เมล็ดทะลุเปลือกมีปริมาณเมล็ดแตกรวมสูงกว่าคือ 5.24 เปอร์เซ็นต์

ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟ มีลักษณะคล้ายพัดลมแบบหอยโข่ง ประกอบด้วยส่วนตีผลกาแฟ และส่วนผนังกระบอก ส่วนตีผลกาแฟประกอบด้วยจานใบตี มีลักษณะเหมือนใบพัดลมใบตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร หมุนอยู่ในเสื้อ ผลกาแฟถูกป้อนเข้าส่วนกลางของจานใบตี และถูกใบพัดซึ่งหมุนตีไปกระทบกับผนังด้านนอก ผลกาแฟสุกซึ่งมีลักษณะนิ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีลักษณะแข็งกว่าจะกระดอนกลับไปไกลกว่า ส่วนของผนังกระบอก และแผ่นกั้นช่องแยกผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน สามารถปรับระยะได้

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็วของใบตีประมาณ 4.2 เมตรต่อวินาที สามารถตีส่งผลกาแฟไปกระทบผนังในแนวตั้งฉากได้ แต่ประสิทธิภาพการคัดแยกยัง

ต่ำอยู่ เนื่องจากความแข็งของผลกาแพอ่อนและผลที่สุกห่ามไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ผลกาแพที่มีข้าวผลติดมาด้วยรวมทั้งกาแพที่เก็บมาเป็นพวงมีผลกระทบต่อการใช้การคัดแยกด้วย ข้อดีของการคัดแยกด้วยวิธีนี้จะได้กาแพผลสุกที่ยังไม่ถูกลอกเปลือกและนำไปลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป

2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากผลการทดสอบเบื้องต้น เลือกต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบรีดผลกาแพ นำมาพัฒนาปรับปรุงต่อและทำการทดสอบเก็บข้อมูล หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบนี้ใช้เกลียวดันรีดให้ผลกาแพสุกผ่านช่องรูตะแกรง กาแพผลอ่อนที่แข็งกว่าไม่สามารถรีดออกได้ และจะไหลไปออกทางด้านทางออกท้ายเครื่อง ปัจจุบันศึกษาสำหรับเครื่องคัดแยกกาแพผลอ่อนแบบรีดผลกาแพ ได้แก่ รูปแบบแกนรีดผลกาแพ ความเร็วของแกนรีดผลกาแพ และแบบช่องสี่ตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) รูปแบบแกนรีดผลกาแพ ได้ดำเนินการออกแบบ 3 แบบคือ

1. แบบมีฟันและมีเกลียวกันท้าย
2. แบบไม่มีฟัน และมีเกลียวกันท้าย
3. แบบไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย

แบบช่องสี่ตะแกรง ได้ดำเนินการออกแบบ 2 รูปแบบ คือ แบบแนวตั้งและแบบแนวนอน

ปี 2560 ได้นำต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนไปทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) โดยใช้แบบแกนรีดผลกาแพ 5 แบบ คือ

แบบแกนที่ 1 เป็นแบบสี่ตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแพ มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 2 เป็นแบบสี่ตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแพ มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 3 เป็นแบบสี่ตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 4 เป็นแบบสี่ตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 5 เป็นแบบสี่ตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบแบบแกนทั้ง 5 แบบ

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพผลอ่อนทั้ง 5 แบบ แบบแกนที่ 5 สี่ตะแกรงคัดแนวนอน (H) แกนคัดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย ที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้ปุ๋ยละลายตัวขนาด 3.5 นิ้ว ตัวตามขนาด 10 นิ้ว) ให้ผลการทดสอบดีที่สุด หลังคัดเครื่องสามารถคัดผลกาแพอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปี 2561 ได้ทำการสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 เสือตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้มุมเลย์ตัวขับ 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮ่อน จ.เชียงใหม่

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

ได้ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเป็นแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง โดยป้อนกาแฟเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแฟรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอกสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกาแฟที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ระหว่าง 40 -140 มิลลิเมตร ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

แกนขัดล้างเมือกที่สร้างมาเพื่อใช้ศึกษาทดสอบเบื้องต้นมี 5 แบบ) แตกต่างกันในลักษณะก้านกวนของแกนขัด เช่น ก้านกวนแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร) และความยาวก้านกวนเมล็ด 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร รายละเอียดของแกนขัดแบบต่างๆ

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยต่อตรงเข้ากับเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ซึ่งเป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศและเกษตรกรใช้ทั่วไป และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลผลิตเมล็ดกาแฟจากเครื่องลอกเปลือกไหลเข้าเครื่องต้นแบบโดยตรงเพื่อทำการขัดล้างเมือก พบว่า สามารถทำการปรับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดจนได้เมล็ดกาแฟสะอาดได้ และทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟ) ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการขัดล้างเมือกขึ้นอยู่กับอัตราการป้อน ความสูงของช่องออก แบบและความเร็วของแกนขัด อัตราการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเปลี่ยนแปลงไปทั้งที่ไม่มีการปรับเครื่อง โดยการขัดเมือกกาแฟผลใหญ่มีอัตราการทำงานช้ากว่ากาแฟผลเล็ก ก้านกวนแบบเหล็กเหลี่ยมพบว่าเมล็ดกาแฟยังคงมีเมือกหลงเหลืออยู่ และมีเมล็ดกาแฟแตกหักเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากความคมของเหลี่ยมที่แกนขัด ดังนั้นจึงเลือกก้านกวนแบบกลมในการพัฒนาและทดสอบ

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง โดยเลือกใช้ก้านกวนแบบกลมมีผลการทดสอบดังนี้

แบบแกน P17T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 848.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 5.53 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อ

วินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 768.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.78 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 779.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.23 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P17T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 719.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.92% ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 776.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.52 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 751.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.93%

แบบแกน P22T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 807.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 838.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.75 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P22T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 852.41 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.63 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 851.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 844.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.96%

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้าทั้ง 4 แบบ แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีกว่าแบบแกนอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จากผลการทดสอบเครื่องฯ ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง จึงเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร้เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตกหลังขัดเมือก 1.90 เปอร์เซ็นต์ และได้เมล็ดกะลาเมือกแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

กิจกรรมที่ 4 วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิก้าระดับเกษตรกร

ปี 2561 ได้ทำการสร้างชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟ ซึ่งได้แก่ เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก เครื่องคัดผลอ่อน/ผลเขียว เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า และได้นำไปติดตั้งที่ไร้กาแฟเกษตรกร อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ และทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

ต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เลือ้ตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แกนคัดไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวก้นท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้มุมเลี้ยวตัวขับ 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร้เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนที่ไร่เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ จำนวน 5 ซ้ำ ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์

เครื่องขั้ดล่างเมือกกาแฟอะราบิก้า โดยเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องขั้ดล่างเมือกกาแฟอะราบิก้า ที่ไร่เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ ทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด 4.99 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขั้ดเมือก 2.88 เปอร์เซ็นต์

ไตรมาส 2 ปี 2562 ได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟอะราบิก้าเพิ่มเติม โดยได้ทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (ขุนวาง) ชุดเครื่องจักรกลแปรรูปที่ติดตั้ง ประกอบด้วย เครื่องคัดแยกผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขั้ดล่างเมือกกาแฟ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ครั้งละ 80 กิโลกรัมผลสด แต่ระหว่างทดสอบประสบปัญหาการติดขัดของเครื่องคัดผลกาแฟอ่อน จึงทำการตัดเครื่องคัดกาแฟผลอ่อนออก คงเหลือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขั้ดล่างเมือกกาแฟ

ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขั้ดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

โครงการที่ 5. โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิก้า

การสำรวจ รวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิก้า และการสัมภาษณ์เกษตรกร

สำรวจและรวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิก้าในแปลงเกษตรกรและในพื้นที่ปลูกของกรมวิชาการเกษตร 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ จังหวัดน่าน โดย สุภัทรา และคณะ (2559) พบว่า เริ่มมีการรวบรวมพื้นที่ปลูกตั้งแต่ปี 2526 ที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ และมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกในช่วงปี 2546-2548 ความสอดคล้องกับระยะที่กรมวิชาการเกษตรได้กระจายพันธุ์ให้โครงการต่างๆในพื้นที่สูง และมีอัตราการเพิ่มพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว หลังปี 2550 เป็นปีที่กรมวิชาการเกษตรได้ประกาศกาแฟอะราบิก้าเชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และอัตราการเพิ่มพื้นที่ยังคงสูงต่อเนื่องในช่วงปี 2549 - 2559 ในเฉพาะพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่

ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปาง มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกค่อนข้างจำกัด เพราะต้องปลูกในสภาพที่สูงทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ในจังหวัดน่านเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งมีการปลูกกาแฟอะราบิก้าเพิ่มขึ้นในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมา และมีกลุ่มกำลังจะปลูกใหม่ตามนโยบายในพื้นที่ที่มีศักยภาพ ดังนั้นจึงแบ่งช่วงกระจายพันธุ์กาแฟอะราบิก้าเป็น 2 ช่วงคือ

(1) ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 เป็นการผลิตต้นกาแฟอะราบิกา ภายใต้โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2532 กรมวิชาการเกษตร ได้ผลผลิตต้นกาแฟอะราบิกา จำนวน 2,000,000 ต้น เพื่อแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรในจังหวัดต่างๆ ทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน ตาก แม่ฮ่องสอน และเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่ปลูกปลูกผสมชั่วที่ 4 (พ.ศ. 2529-2532) และปลูกผสมชั่วที่ 6 (พ.ศ. 2533-2537) กรมวิชาการเกษตรได้นำพันธุ์กาแฟไปปลูกในโครงการพัฒนาตอยตุง ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2535 จำนวน 830,000 ต้น จำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2,500 ไร่ ปัจจุบันคงเหลือประมาณ 400,000 ต้น ยังคงให้ผลผลิตและมีชื่อเสียงเฉพาะ ได้แก่ Golden Triangle, Doi Tung ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น กาแฟที่ผลิตได้ทำ cup test ที่ USA เทียบชั้นกับกาแฟโคลัมเบีย และได้รับอนุญาตให้ใช้ตราสัญลักษณ์สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical indication) ด้วย ด้านการพัฒนาพันธุ์กาแฟร่วมกับมูลนิธิโครงการหลวง เกษตรกรส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนพันธุ์กาแฟจากกรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2549 มูลนิธิโครงการหลวงมีพื้นที่ส่งเสริมการปลูกกาแฟอะราบิกาใน 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน พื้นที่ปลูก 4,305 ไร่ เกษตรกรประมาณ 2,117 ราย สร้างอาชีพและรายได้ ลดการบุกรุกทำลายป่า ได้ผลผลิตกาแฟกะลาส่งผ่านมูลนิธิโครงการหลวง จำนวนทั้งสิ้น 226,125 กิโลกรัม เฉลี่ย 120-150 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตนอกจากจะป้อนให้ร้านกาแฟต่างๆ แล้ว ยังผลิตภายใต้เครื่องหมาย “ดอยคำ” ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมากรมวิชาการเกษตรได้นำเอา กาแฟอะราบิกาคาติมอร์สายพันธุ์คัดไปปลูกขยายผลในโครงการพระราชดำริต่างๆ ได้แก่ สถานีพัฒนาเกษตรที่สูง บ้านเล็กในป่าใหญ่ฟาร์มตัวอย่าง ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน รวมแล้วมากกว่า 700 ไร่ นอกจากนี้ได้มีการรับรองแหล่งผลิตกาแฟตามระบบเกษตรที่ดี (GAP) ใน 4 จังหวัด (เชียงราย เชียงใหม่ น่าน และแม่ฮ่องสอน) จำนวน 742 แปลง คิดเป็นพื้นที่ปลูก 5,414 ไร่ ในปี 2545-2546 โครงการปลูกพืชอุตสาหกรรมบ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ. เชียงราย กรมวิชาการเกษตรได้สนับสนุนต้นกล้ากาแฟแก่เกษตรกร 709 ราย ปลูกในพื้นที่โครงการ 2,236 ไร่ ผลผลิตออกสู่ตลาด เป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพ และราคากาแฟดิบ ในปี 2552 สูงถึงกิโลกรัมละ 95-100 บาท กลุ่มผู้ผลิตกาแฟจำนวนมากต้องการผลิตกาแฟคุณภาพ ทำให้เกษตรกรสมัครเข้าโครงการ GAP มากกว่า 4,500 ไร่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) คาดคะเนว่าพื้นที่ปลูกกาแฟในเขต ต.วาวี และใกล้เคียงจะสูงถึง 12,481 ไร่ เป็นแหล่งผลิตกาแฟอะราบิกาที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนบน ผลผลิตประมาณปีละ 1,000-1,200 ตัน

(2) ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กาแฟอะราบิกา เชียงใหม่ 80 ได้รับการเสนอพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร “เชียงใหม่ 80” เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 ดังนั้นในช่วงปี 2550 – 2559 ได้มีผลการกระจายพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,860,713 ต้น ช่วงปี 2552-2558 พบว่า เนื้อที่ให้ผล และผลผลิตของกาแฟอะราบิกาเพิ่มขึ้น โดยเนื้อที่ให้ผลเพิ่มจาก 34,180 ไร่ ในปี 2553/54 เป็น 62,152 ไร่ ในปี 2557/58 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.53 ผลผลิตเพิ่มจาก 5,339 ตัน ในปี 2553/54 เป็น 8,929 ตัน ในปี 2557/58 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.99 เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีโครงการส่งเสริมให้ปลูกกาแฟเพิ่มในสวนไม้ผล ไม้ยืนต้น และพื้นที่ป่าชุมชน เริ่มให้ผลผลิต ส่วนผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 156 กิโลกรัม ในปี 2553/54 เหลือ 144 กิโลกรัม ในปี 2557/58 หรือลดลงร้อยละ 2.10

ปี พ.ศ. 2559 พบว่า กาแฟอะราบิกามีพื้นที่ให้ผลผลิต 72,982 ไร่ ผลผลิต 9,538 ตัน เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 80 (พันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร) จำนวน 2,860,713 ต้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 7,151 ไร่ (ไร่ละ 400 ต้น) เป็นการปลูกร่วมกับพืชอื่น มีการปลูกเป็นเชิงเดี่ยวน้อยมาก พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ (ภาพ

3) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่ความสูง 700-1500 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 18 – 27 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบเจาะจง ในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ น่าน พบว่า พื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปางพบน้อยมาก และพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกเป็นผู้ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์การถือครองเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นผู้ที่มีหนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ ระบบแปลงปลูกพบว่า ส่วนใหญ่ปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่น เช่น มะคาเดเมีย ถั่วลิสง อาโวคาโด และชาอัสสัม เป็นต้น รองลงมาคือ ปลูกร่วมกับพื้นที่ป่า และปลูกพืชเชิงเดี่ยว สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รองลงมาเป็นพื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบตามลำดำน ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินร่วน แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล การปฏิบัติดูแลรักษา แตกต่างในแต่ละจังหวัดคือ 1) **จังหวัดเชียงราย** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ปุ๋ยในช่วงที่ระยะการพัฒนามากที่สุด รองลงมาคือช่วงระยะติดผล และก่อนปลูกตามลำดับ เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินช่วงหลังการเก็บเกี่ยว 2) **จังหวัดเชียงใหม่** เกษตรกรส่วนมากให้ปุ๋ยในช่วงก่อนปลูก รองลงมาคือ ช่วงระยะพัฒนา ช่วงติดผล ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ยช่วงหลังออกดอก เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินสูงสุดคือช่วงการเตรียมดินก่อนปลูก และพบช่วงระยะการพัฒนาล็กน้อยหลังจากออกดอกจนถึงหลังเก็บเกี่ยว 3) **จังหวัดแม่ฮ่องสอน** เกษตรกรให้ปุ๋ยมากที่สุดช่วงระยะติดผล รองลงมาคือระยะการพัฒนา ช่วงก่อนปลูก และช่วงก่อนเก็บเกี่ยวตามลำดับ เกษตรกรไม่มีการใส่ปุ๋ยในช่วงหลังออกดอกและหลังเก็บเกี่ยว เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกครั้งเดียว 4) **จังหวัดน่าน** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดช่วงการดูแลกาแฟโดยเฉพาะการติดผล และใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกครั้งเดียว และ 5) **จังหวัดลำปาง** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ย 3 ครั้งในช่วงระยะการพัฒนา ช่วงติดผล และก่อนเก็บเกี่ยว เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว

ดำเนินการแบ่งกลุ่มกาแฟอาราบิก้าเป็น 3 กลุ่ม จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 สถานที่คือ **กลุ่มที่ 1 พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80** มีจำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วีน อ.แม่วีน บ้านฝิปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอ้น ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื้นน้อย ต.แม่ตืน อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่จอน อ.ฝาง บ้านทุ่งยาว ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม บ้านสบวาก ต.แม่เงา อ.แม่แจ่ม) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) **กลุ่มที่ 2 พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์** มีจำนวน 10 ตัวอย่าง ใน 4 สถานที่ ได้แก่ H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-239 ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง1 และบ้านขุนวาง2 ต.แม่วีน อ.แม่วีน และบ้านขุนแม่วาก ต.แม่เงา อ.แม่แจ่ม) และ

จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย) และ กลุ่มที่ 3 พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ จำนวน 8 ตัวอย่าง ใน 7 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด, บ้านยางครก ต.ยางเปียง และ บ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมูเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ 1 และ บ้านสันเจริญ 2 ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) ซึ่งมีความแตกต่างในลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีคือ

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ปลูกของกาแฟอาราบิกา

มีความแตกต่างในพื้นที่ปลูกที่มีความแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา พืชที่ปลูกร่วม และปริมาณธาตุอาหารในดิน ประเมินจากผลของรากกาแฟและสีของชั้นดินในแต่ละสถานที่ แต่ละระดับความสูงมีปริมาณธาตุอาหารที่ต่างกัน ดังนี้

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 3-5 ระดับความลึก พบว่ามีปริมาณของ pH, Avail. P, Ca, Mg, Zn และ B ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu, Fe และ Mn สูง พบปัญหาการขาดธาตุ Avail. P, Ca, Mg และ B ในทุกพื้นที่ ยกเว้นที่บ้านดอยช้าง จ.เชียงราย บ้านปางขอน จ.เชียงราย บ้านห้วยหมาก จ.เชียงราย บ้านปางตองและบ้านรวมไทย จ.แม่ฮ่องสอน ที่มีปริมาณธาตุ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอาราบิกา (ตารางที่ 1 และ 2)

2. พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 3-4 ระดับความลึก พบว่า มีปริมาณของ pH, Avail. P, Ca, Mg, Zn และ B ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu และ Fe ที่สูง มีปริมาณของ Mn เหมาะสม พบปัญหาการขาดธาตุ Avail. P, Ca, Mg และ B ในทุกพื้นที่ ยกเว้นที่บ้านดอยช้าง จ.เชียงราย ที่มีปริมาณธาตุ Ca และ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอาราบิกา

3. พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 2-4 ระดับความลึก พบว่า ปริมาณของ pH, Avail. P, Ca และ Mg ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu, Zn, Fe และ Mn ที่สูง พบปัญหาการขาดธาตุ Ca และ Mg ในทุกพื้นที่ ยกเว้นที่บ้านห้วยฮ่อม จ.แม่ฮ่องสอน ที่มีปริมาณธาตุ Ca, Mg, Mn และ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอาราบิกา

ลักษณะทางกายภาพของกาแฟอาราบิกา

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในขนาดของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry และลักษณะของร่องกาแฟ โดยมีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.83 ซม. ยาวกะลาเฉลี่ย 1.21 ซม. หนากะลาเฉลี่ย 0.51 ซม. กว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.7 ซม. ยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.93 ซม. หนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.39 ซม. น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 149.6 กรัม จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 679 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 41.51% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 36.03% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 8.61% เปอร์เซ็นต์

เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 1.22% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด A เฉลี่ย 86.15% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด Pea Berry เฉลี่ย 9.38% ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 22.3% ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 53.81% ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 22.46% และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 18.35%

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางลักษณะ โดยมีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.76) ยาวกะลาเฉลี่ย 1.22 ± 0.05 ซม. (%RSD=4.11) หนากะลาเฉลี่ย 0.52 ± 0.03 ซม. (%RSD=5.85) กว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 ± 0.03 ซม. (%RSD=4.16) ยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95 ± 0.06 ซม. (%RSD=6.64) หนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40 ± 0.03 ซม. (%RSD=7.24) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 158.40 ± 18.87 กรัม (%RSD=11.91) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 643.89 ± 72.33 เมล็ด (%RSD=11.23) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย $48.64 \pm 18.81\%$ (%RSD=38.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย $31.36 \pm 11.95\%$ (%RSD=38.11) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 5.37% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.72 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด A เฉลี่ย $85.02 \pm 6.37\%$ (%RSD=7.5) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด Pea Berry เฉลี่ย $10.19 \pm 4.72\%$ (%RSD=46.34) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟมีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย $23.61 \pm 21.77\%$ (%RSD=92.2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟมีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย $17.65 \pm 14.05\%$ (%RSD=79.6) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟมีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย $32.07 \pm 24.73\%$ (%RSD=77.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟมีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย $33.04 \pm 25.25\%$ (%RSD=76.43) (ตารางที่ 3)

และกาแฟอาราบิก้าที่ไม่ทราบพันธุ์ที่ปลูกในหมู่บ้านเดียวกัน (บ้านสันเจริญ อ.ท่าวังผา จ.น่าน) พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านขนาดของสารกาแฟ (ขนาดเมล็ดกาแฟ 1-4) และลักษณะร่องของสารกาแฟ เนื่องจากมีความแตกต่างกันในความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (849 และ 1400 เมตร) ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา และปริมาณธาตุอาหารในดิน

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) จาก 100 คะแนน ซึ่งพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกบ้านห้วยหมาก จ.เชียงราย มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 82.56 ± 3.64 คะแนน (%RSD=4.41) รองลงมาคือบ้านไผนา จ.เชียงใหม่ และบ้านพะอั่น จ.เชียงใหม่ ที่มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 82.03 ± 1.6 คะแนน (%RSD=1.95) และ 81.88 ± 0.81 คะแนน (%RSD=0.99) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป คือ แปรรูปวิธีแบบแห้งวิธีที่ 1 ให้คะแนนการชิมมากที่สุดคือ 80.89 ± 2.14 คะแนน (%RSD=2.64) คะแนน รองลงมาคือ แบบกึ่งเปียก แบบเปียก และแบบแห้งแบบที่ 2 ที่มีคะแนนการชิม 79.8 ± 3.28 คะแนน (%RSD=4.11) 79.68 ± 2.92 คะแนน (%RSD=3.66) และ 78.51 ± 3.12 คะแนน (%RSD=3.58) ตามลำดับ และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมหิงขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะทางกายภาพเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีคะแนน

เฉลี่ย 79.91 ± 2.42 คะแนน (%RSD=3.03) จาก 100 คะแนน ซึ่งพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14 ที่ปลูกบ้านขุนแม่วาก จ.เชียงใหม่ มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ยสูงสุดคือ 85.25 คะแนน รองลงมาคือพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ที่ปลูกบ้านแม่ตอนหลวง จ.เชียงใหม่ และพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13 ที่ปลูกบ้านขุนแม่วาก จ.เชียงใหม่ ที่มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 83.88 คะแนน และ 82.75 คะแนน ตามลำดับ และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ วิธีการแปรรูปและสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมหิขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมหอม ดอกไม้ พืช แอ็บปริคอต พลัม เฮเซนัท กล้วยสุก อัลมอลต์ คาราเมล เนย แอปเปิล ดอกมะลิ มะนาว และการบูร

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพ

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมี pH เฉลี่ย 5.12 ± 0.17 (%RSD=3.53) Total Acid Content เฉลี่ย $3.43 \pm 1.56\%$ (%RSD=45.57) Ash Alkalinity เฉลี่ย $4.48 \pm 0.36\%$ (%RSD=8.11) Color (L) เฉลี่ย $39.93 \pm 1.06\%$ (%RSD=2.68) Color (a) เฉลี่ย $8.21 \pm 1.14\%$ (%RSD=13.92) Color (b) เฉลี่ย $3.48 \pm 0.69\%$ (%RSD=19.84) Moisture content เฉลี่ย $2.42 \pm 0.59\%$ (%RSD=24.38) Sugar Content เฉลี่ย $5.99 \pm 1.72\%$ (%RSD=28.73) Nitrogen contain เฉลี่ย $14.03 \pm 0.55\%$ (%RSD=3.93) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย $4.14 \pm 0.59^\circ\text{Brix}$ (%RSD=14.16) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02% (%RSD=12.16) Oil content เฉลี่ย $12.86 \pm 1.8\%$ (%RSD=14.02) Ash content เฉลี่ย $4.86 \pm 0.33\%$ (%RSD=6.83)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมี pH เฉลี่ย 5.6 ± 0.13 (%RSD=2.57) Total Acid Content เฉลี่ย $2.44 \pm 1.48\%$ (%RSD=60.74) Ash Alkalinity เฉลี่ย $4.9 \pm 0.43\%$ (%RSD=8.72) Color (L) เฉลี่ย $17.4 \pm 17.06\%$ (%RSD=92.72) Color (a) เฉลี่ย $6.27 \pm 1.59\%$ (%RSD=25.36) Color (b) เฉลี่ย $4.48 \pm 1.02\%$ (%RSD=22.72) Moisture content เฉลี่ย $1.76 \pm 0.72\%$ (%RSD=41.46) Sugar Content เฉลี่ย $4.22 \pm 2.22\%$ (%RSD=52.69) Nitrogen contain เฉลี่ย $14.45 \pm 0.81\%$ (%RSD=5.59) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย $5.81 \pm 2.74^\circ\text{Brix}$ (%RSD=47.26) Tartaric acid content เฉลี่ย $0.02 \pm 0.01\%$ (%RSD=37.11) Oil content เฉลี่ย $13.65 \pm 1.51\%$ (%RSD=11.07) Ash content เฉลี่ย $4.54 \pm 0.36\%$ (%RSD=7.88)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางเคมี

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีปริมาณ Furans เฉลี่ย 225.65 ± 50.28 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.28) Pyridine เฉลี่ย 690.5 ± 107.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.54) Caffeine เฉลี่ย $17,878 \pm 2,696.87$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.08) Quinic Acid เฉลี่ย $6,850.75 \pm 1,551.27$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.64) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 118.25 ± 13.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.3) Trigonelline เฉลี่ย $4,476 \pm 1,891.3$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=42.25) Pyrene เฉลี่ย 4.14 ± 0.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=15.1) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.72 ± 0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=25.44) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%)

RSD=35.61) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.1 ± 0.42 ppb unit (% RSD=19.92) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัม/ลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีปริมาณ Furans เฉลี่ย 205.31 ± 31.21 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.2) Pyridine เฉลี่ย 581.09 ± 145 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=24.95) Caffeine เฉลี่ย $16,257.7 \pm 1,813.9$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.16) Quinic Acid เฉลี่ย $5,825.55 \pm 1,308.54$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.46) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.27 ± 19.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.83) Trigonelline เฉลี่ย $5,751.46 \pm 2,068.3$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=35.96) Pyrene เฉลี่ย 3.53 ± 0.61 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (% RSD=17.16) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.62 ± 0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (% RSD=19.74) Fluoranthene เฉลี่ย 0.21 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (% RSD=36.92) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.17 ± 0.51 ppb unit (%RSD=23.33) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร(%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.01 (%RSD=2.77)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $51 \pm 8.12\%$ (% RSD= 15.93) Blackcurrant เฉลี่ย $23 \pm 7.28\%$ (% RSD= 31.65) Butter เฉลี่ย $23.6 \pm 3.36\%$ (% RSD= 14.24) Caramel เฉลี่ย $24.2 \pm 1.92\%$ (%RSD=7.95) Roasted peanuts เฉลี่ย $26.4 \pm 3.36\%$ (%RSD=12.73) และ Roasted coffee เฉลี่ย $32.8 \pm 6.26\%$ (%RSD=19.09)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $43.88 \pm 11.16\%$ (% RSD= 25.42) Blackcurrant เฉลี่ย $24.19 \pm 6.64\%$ (% RSD= 27.43) Butter เฉลี่ย $26.31 \pm 6.17\%$ (% RSD= 23.46) Caramel เฉลี่ย $24.56 \pm 3.2\%$ (% RSD=13.04) Roasted peanuts เฉลี่ย $27.94 \pm 3.34\%$ (%RSD=11.94) และ Roasted coffee เฉลี่ย $30.88 \pm 3.5\%$ (%RSD=11.34) (ตารางที่ 7)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง จากคะแนนเต็ม 5 คะแนนคือ Visual เฉลี่ย 3.15 ± 0.34 คะแนน (%RSD=10.65) Olfactive เฉลี่ย 3.13 ± 0.36 คะแนน (%RSD=11.66) Gustative เฉลี่ย 2.98 ± 0.26 คะแนน(%RSD=8.61) General Impression เฉลี่ย 3.1 ± 0.14 คะแนน(%RSD=4.42) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09 ± 0.15 คะแนน (%RSD=4.9)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง จากคะแนนเต็ม 5 คะแนนคือ Visual เฉลี่ย 3.23 ± 0.28 คะแนน(%RSD=8.68) Olfactive เฉลี่ย 3.09 ± 0.26 คะแนน(%RSD=8.38) Gustative เฉลี่ย

2.95±0.26 คะแนน(%RSD=8.77) General Impression เฉลี่ย 3.07±0.15 คะแนน(%RSD=4.74) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09±0.14 คะแนน(%RSD=4.43)

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา

ข้อมูลพื้นฐานด้านการผลิต

พื้นที่ปลูก ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 5-50 ไร่ เป็นที่ราบถึงที่ราบเชิงเขา ลาดชัน และภูเขา จากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 500 เมตร กาแฟมีอายุ 2-30 ปี ปลูกแบบเดี่ยวและร่วมกับไม้ผล เช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด ลองกอง กล้วยไข่ สะตอ หมากร ปาล์มน้ำมัน และยางพารา เป็นต้น **การตัดแต่งกิ่ง** ส่วนใหญ่มีการตัดแต่งกิ่งและพินต้น แบ่งการตัดแต่งกิ่งแบบพินต้นครึ่งหนึ่งของแปลงจากนั้นค่อยทยอยตัดทิ้งแปลงเพื่อให้ชาตรายได้ ส่วนกาแฟที่อายุไม่มากมีการตัดแต่งกิ่งแขนงทุก 3 เดือนหรือหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตัดแต่งกิ่งแห้ง กิ่งที่ไม่ให้ผลผลิตหรือโรคแมลงทำลายออกไปเผาทิ้ง โดยตัดแต่งกิ่งแขนงให้เหลือกิ่งหลัก 3-4 กิ่ง **แหล่งน้ำ** อาศัยน้ำฝน หรือแหล่งน้ำที่ขุดสระสำหรับกักเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้ง **สภาพภูมิอากาศ** อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 70% และปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย 1,500 มิลลิเมตร และมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอไม่น้อยกว่า 7 เดือน **การใส่ปุ๋ย** ใส่ปุ๋ยเคมีและมีบางรายที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ประกอบด้วยสูตร 15-15-15, 13-13-21, 21-0-0 และ 46-0-0 อัตราที่ใส่ 200-500 กรัม./ต้น/ปี และส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยให้กับกาแฟโดยคำนึงถึงราคาเมล็ดกาแฟ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจให้ปุ๋ยกาแฟ ใส่ปุ๋ยให้กับกาแฟปีละ 1-2 ครั้ง **การเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์** ส่วนใหญ่ไม่มีการเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์ และไม่ทราบว่าต้องเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์เพื่ออะไร และยังขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลิตกาแฟ **ลักษณะการเจริญเติบโต** ส่วนใหญ่ได้จากการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี ผลดก เมล็ดใหญ่ ข้อมือจากเพื่อนบ้าน หรือแปลงตนเองเพื่อขยายพันธุ์เพิ่ม หรือคัดเลือกยอดพันธุ์ดีมาเสียบยอด ซึ่งเจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี บางรายมีการปลูกกาแฟพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร เช่น พันธุ์ชุมพร 2 ,ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 ให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2½ ปี ออกดอกติดผล 2 ชุดใหญ่ๆ ด้วยกัน ดอกชุดแรกเริ่มบาน เม.ย.-พ.ค. และอีกชุด มิ.ย.-ก.ค. เก็บผลผลิตได้ช่วง พ.ย.-มี.ค. **การเก็บเกี่ยว** เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟตั้งแต่เดือน พ.ย. เก็บผลสุกที่มีสีส้มอมแดงจนถึงสีแดง ร้อยละ 99 เก็บผลผลิต 2-3 ครั้ง จนกว่าผลผลิตจะหมด **การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การตากผลผลิต** เป็นขั้นตอนการลดความชื้นของกาแฟ เลือกเก็บผลที่สุกแดง 70% และนำผลผลิตมาตากให้แห้งก่อนนำไปสีเอาเปลือกออก ตากบนตาข่ายในลอนสีฟ้าบนพื้นซีเมนต์ บนแคร่ไม้ไผ่ ใช้เวลาตากประมาณ 10-15 วัน ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ **การสี** เมื่อผลผลิตแห้งนำไปสีทำความสะอาด และคัดแยกเมล็ดโดยคัดเมล็ดดำ เมล็ดเสีย เมล็ดแตก เป็นต้น นำไปบรรจุในกระสอบป่าน แต่มีเกษตรกรบางรายหรือกลุ่มเกษตรกรแปรรูปแบบสีสดหรือสีเปียกซึ่งเป็นเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรที่ทำกาแฟคุณภาพ โดยทำสัญญาซื้อขายกับพ่อค้าในท้องถิ่น **การจำหน่ายผลผลิต** ในรูปเมล็ดกาแฟที่ตากแห้งและลดความชื้นไม่เกิน 13% ขายให้กับพ่อค้าหรือโรงงานทันทีหลังจากการสี ปัจจุบันมีการสีสดในรายที่ทำกาแฟคุณภาพกับกลุ่มพ่อค้าหรือกลุ่มแปรรูปผลผลิตในท้องถิ่น ทำให้ได้ราคามากกว่าที่มีการแปรรูปแบบตากผลแห้ง แต่กลุ่มเกษตรกรยังมีจำนวนจำกัดและเทคโนโลยีการแปรรูปยังไม่แพร่หลาย บางรายไม่ทราบถึงขั้นตอนการผลิตกาแฟคุณภาพ

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (เกริกชัยและคณะ, 2559)

(1) **จังหวัดชุมพร** ประกอบด้วย เกษตรกรอำเภอท่าแซะ และอำเภอสวี พันธุ์ที่ปลูกคัดเลือกพันธุ์ดีจากเพื่อนบ้าน ในสวนตนเองและทำการเสียบยอดพันธุ์ดี และจากกรมวิชาการเกษตร คือ พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ส่วนใหญ่เกษตรกรไม่ชอบเพราะเก็บเกี่ยวยาก อายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม ขนาดของเมล็ดเล็กเมื่อเทียบกับพันธุ์พื้นเมือง และไม่ตรงตามความต้องการของตลาด (2) **จังหวัดระนอง** ประกอบด้วย เกษตรกรอำเภอกระบุรี พันธุ์ที่ปลูกคัดเลือกพันธุ์ดีจากเพื่อนบ้าน ในสวนตนเองและทำการเสียบยอดพันธุ์ดี และจากกรมวิชาการเกษตรคือ พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 พบว่า เกษตรกรพึงพอใจระดับปานกลาง เพราะอายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม เก็บเกี่ยวยาก แต่มีความต้านทานและทนทานต่อโรคแมลง

ลักษณะทางกายภาพของดินที่ปลูกกาแฟโรบัสตา

แปลงที่ 1 ของเกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 506161 1192539 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 94 เมตร ลักษณะดินเป็นดินร่วน ที่ระดับความลึก 0-18 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.70 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.42 จุดเหี่ยวถาวร 25.72 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.49% ส่วนที่ระดับความลึก 18-30 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2.68 มม. จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 26.86 จุดเหี่ยวถาวร 24.18 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.38% ที่ระดับความลึก 0-18 ซม.และระดับ 18-30 ซม. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ดินมี pH 4.0 และ 4.4 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.4 และ 1.04 % ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลางในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 87 และ 15 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 167.9 และ 152.8 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 2 ของเกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 506162 1192476 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 106 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับคือ 1) ระดับความลึกของดิน 0-18 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.64 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 33.48 จุดเหี่ยวถาวร 29.84 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.47% ลักษณะดินเป็นดินร่วน 2) ระดับความลึก 18-41 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.54 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 33.17 จุดเหี่ยวถาวร 31.63 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.47% และ 3) ระดับมากกว่า 41 ซม. ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียว จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-18 และ 18-41 ซม. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ดินมี pH 5.19 และ 5.43 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 3.29 และ 1.19% ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลางในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 40 และ 2.67 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 283.5 และ 122.6 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 3 ของศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร อ.สวี จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 508994 1143168 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 26 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับคือ 0-26, 26-50, 50-71 และ 71-100 ซม. โดยระดับความลึก 0-26 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.71 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.56 จุดเหี่ยวถาวร 25.85 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48% จากการเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ พบว่า ลักษณะดินเป็นดินเหนียว ระดับความลึก 26-50 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.40 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 26.84 จุดเหี่ยวถาวร 23.45 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.72% ลักษณะดินเป็นดินร่วน ส่วนระดับความลึก 50-71 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.79 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.27จุดเหี่ยวถาวร 27.48 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.69% ลักษณะดินเป็นดินร่วน และระดับความลึก 71-

100 ซม.ดินอิมตัวด้วยน้ำ 1.46 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 32.20 จุดเหี่ยวถาวร 30.73 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.68% ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียว ที่ระดับความลึก 0-26, 26-50 ซม. ดินมีค่า pH 4.76, 5.47 และ 50-71 มากกว่า 71 ซม.5.36 และ 4.83 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.62, 0.43 และ 0.41, 0.38 % ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-26, 26-50 และ 50-71 มากกว่า 71 ซม. 6.95, 1.35 และ 1.25, 3.62 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-26, 26-50 และ 50-71, มากกว่า 71 ซม. 65.76, 19.49 และ 25.53, 32.57 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 4 ของเกษตรกร ต.จปร. จ.ระนอง พิกัดแปลง 47P 485969 1174817 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 57 เมตร ระดับความลึก 0-31 ซม.ดินอิมตัวด้วยน้ำ 2.88 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 36.39 จุดเหี่ยวถาวร 33.51 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.50% ลักษณะดิน ร่วนเหนียว (clay loam) ความลึก 31-59 ซม.ดินอิมตัวด้วยน้ำ 2.05 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 37.19 จุดเหี่ยวถาวร 35.14 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.52% ลักษณะดินเหนียว ความลึก 59 ซม.ขึ้นไป ดินอิมตัวด้วยน้ำ 2.10 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 37.40 จุดเหี่ยวถาวร 35.30 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48 % ลักษณะดินเหนียว ที่ระดับความลึก 0-31, 31-59 และ 59 ซม.ขึ้นไป พบว่า ดินมีค่า pH 4.06, 4.40 และ 4.38 ดินเป็นกรด อินทรีย์วัตถุ 1.52, 0.61 และ 0.63% มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14.05, 1.93 และ 3.28 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางคือ 29.55, 18.49 และ 15.47 mg/kg

แปลงที่ 5 ของเกษตรกร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง พิกัด 47P 485964 1174526 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 54 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 2 ระดับคือ 1) ระดับความลึก 0-12 ซม. ดินอิมตัวด้วยน้ำ 1.67 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 36.80 จุดเหี่ยวถาวร 35.13 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.34 % ลักษณะดินเหนียว 2) ระดับความลึก 12-34 ซม. ดินอิมตัวด้วยน้ำ 1.41 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 40.64 จุดเหี่ยวถาวร 35.23 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48 % ลักษณะดินเหนียว ระดับความลึก 0-12, 12-34 และ มากกว่า 34 ซม.ขึ้นไป พบว่า ดินมีค่า pH 4.06 และ 4.40 ดินเป็นกรด อินทรีย์วัตถุ 1.52 และ 0.61 % มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14.05 และ 1.93 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางคือ 29.55 และ 18.49 mg/kg

แปลงที่ 6 ของเกษตรกร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง พิกัดแปลง 47 P 486228 1173450 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 64 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับ 1) ระดับความลึก 0-16, 16-38 มากกว่า 38 ซม.ขึ้นไป โดยที่ระดับความลึก 0-16 ซม. ดินอิมตัวด้วยน้ำ 1.45 มม. จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 40.28 มม. จุดเหี่ยวถาวร 38.83 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.29 % ลักษณะดินเหนียว 2) ระดับความลึก 16-38 ซม. ดินอิมตัวด้วยน้ำ 0.94 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 48.91 จุดเหี่ยวถาวร 47.97 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.28 % ลักษณะดินเหนียว 3) ระดับความลึก 16-38 ซม. ดินอิมตัวด้วยน้ำ 0.88 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 50.34 มม. จุดเหี่ยวถาวร 47.46 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.28% ลักษณะดินเหนียว ระดับความลึก 0-16, 16-38 มากกว่า 38 ซม.ขึ้นไป ดินมีค่า pH 4.07, 4.56 และ 4.79 ลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่างคือ 2.78, 1.31 และ 1.03 %

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.92, 1.60 และ 1.58 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับปานกลางคือ 59.72, 20.50 และ 19.49 mg/kg

ลักษณะทางกายภาพของกาแฟโรบัสต้า

เมื่อแปรรูปแบบสีสด พบว่า **ขนาดเมล็ดสด** พันธุ์ชุมพร 2 กว้าง ยาว หยา 0.67, 0.95, 0.76 มม. พันธุ์ชุมพร 84-4 กว้าง ยาว หยา 0.66, 0.90, 0.72 มม. พันธุ์ชุมพร 84-5 กว้าง ยาว หยา 0.56, 0.88, 0.7 มม. และพันธุ์พื้นเมือง กว้าง ยาว หยา 0.64, 0.92, 0.72 มม. **ขนาดเมล็ดสาร** พันธุ์ชุมพร 2 กว้าง ยาว หยา 0.52, 0.67, 0.33 มม. พันธุ์ชุมพร 84-4 กว้าง ยาว หยา 0.48, 0.69, 0.31 มม. พันธุ์ชุมพร 84-5 กว้าง ยาว หยา 0.52, 0.67, 0.27 มม. และพันธุ์พื้นเมือง กว้าง ยาว หยา 0.52, 0.79, 0.32 มม. **สีของเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 มีสีเมล็ดสารน้ำตาลอมเหลือง น้ำตาลอ่อน กลิ่น ของเมล็ดกาแฟทุกพันธุ์ปกติ **รูปร่างของเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 และชุมพร 84-4 มีรูปรียาวคล้ายเมล็ดถั่ว ส่วนพันธุ์ชุมพร 84-5 ค่อนข้างยาว และพันธุ์พื้นเมือง ยาวรีค่อนข้างยาว **ลักษณะของร่องเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และ ชุมพร 84-5 มีร่องแคบ แต่พันธุ์พื้นเมือง ร่องแคบและกว้าง น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า พันธุ์ชุมพร 2, ชุมพร 84-4, ชุมพร 84-5 และพันธุ์พื้นเมือง ให้น้ำหนัก 100 เมล็ด 15.66, 14.49, 16.19 และ 16.34 กรัมตามลำดับ **ขนาดของเมล็ดกาแฟที่ตามมาตราฐาน ISO 4150-1991 (sieve No.)** พันธุ์ชุมพร 2, ชุมพร 84-4 และ ชุมพร 84-5 ร่อนค้ำบนตะแกรงเบอร์ 14 มากที่สุด 39.01, 45.08 และ 41.51% ในขณะที่พันธุ์พื้นเมืองขนาดเมล็ดค้ำบนตะแกรงเบอร์ 17 มากที่สุด 22.68% เปอร์เซนต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5

โครงการที่ 6 โครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ปริมาณทริบิโตนเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟหรือผลเชอรี่อาราบิก้าและโรบัสต้า คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลกาแฟเป็นปัจจัยภายในที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ การเปลี่ยนสีเปลือกเมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มมากขึ้น การพักตัวและการขยายขนาดของผลกาแฟ และการสะสมอาหารและสารสำคัญในผลกาแฟเอง และปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟ คือ ระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่ปลูกกาแฟ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูก ความลาดชันของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ การสุกแก่ของผลกาแฟยังส่งผลต่อคุณภาพในการแปรรูปกลายเป็นกาแฟเพื่อบริโภค ทั้งการสร้างอัตลักษณ์ที่มีความจำเพาะแต่ละพื้นที่ ความหวานและ flavor ของสารกาแฟที่นำไปคั่วบดเพื่อบริโภคต่อไป

การสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าและผลกาแฟโรบัสต้า สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระยะ คือ ผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกอม ทั้ง 4 ระยะการสุกแก่ มีการสะสมสารสำคัญที่เนื้อผลกาแฟและเมล็ดกาแฟแตกต่างกันไป ทั้งน้ำตาล สารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น

เมื่อผลกาแฟเกิดกระบวนการสุกแก่ มีการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของผลกาแฟ ดังนี้ ชั้น exocarp หรือผิวผลกาแฟ มีการเปลี่ยนแปลงสีตามกระบวนการสุกแก่ที่เพิ่มขึ้น ในผลกาแฟอาราบิก้า เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยว ส่วนผลกาแฟโรบัสต้า เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม

และสีแดงมาเหมือน ตามลำดับ ขณะเดียวกัน เมื่อเกิดการสุกแก่เพิ่มขึ้น ชั้น mesocarp หรือเนื้อผลกาแฟ แบ่งเป็นอาหารสำรองเกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาลทั้งน้ำตาลรีดิซิงและซูโครส ทำให้มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่วน endosperm หรือเมล็ดกาแฟเป็น triploid tissue เกิดการแยกส่วนอย่างชัดเจน ทั้งส่วนภายนอกที่มีความแข็งแรงและส่วนภายในที่มีความอ่อนนุ่ม เมื่อผลเกิดการสุกแก่เต็มที่ ส่วนภายในที่อ่อนนุ่ม มีการสะสมสารอาหารและสารสำคัญจำนวนมากเพื่อให้เอ็มบริโอใช้เป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพต่อไป โดยในกาแฟโรบัสต้ามีกระบวนการสุกแก่และการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาเป็นเวลานานมากกว่ากาแฟอาราบิก้า (Castro and Marraccini, 2006)

ตอนที่ 1 กาแฟอะราบิก้า

การพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผลกาแฟอะราบิก้าที่เพาะปลูกในประเทศไทย จำแนกได้ดังนี้

- 1.ระยะผลพักตัวและโตช้า (0-84 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะนี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด
 - 2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (84-98 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอร์รี่มีขนาดใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)
 - 3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (98-182 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีชมพู (กรรมวิธีที่ 2 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)
 - 4.ระยะผลสุก (182-270 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากชมพูเป็นสีแดง โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)
- หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 270 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า) พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงกลายเป็นสีแดงมาเหมือน ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

จากงานวิจัยการสะสมสารสำคัญของกาแฟอะราบิก้าที่ผ่านมา พบว่า ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก เมล็ดกาแฟมีการสะสมปริมาณทริโบเฟนสูง และมีปริมาณลดลงตามการสุกแก่ของผลกาแฟเมื่ออายุของผลกาแฟเพิ่มมากขึ้น (Keiko *et al.*, 2014) ส่วนการสะสม Chlorogenic acid เป็นสารกลุ่ม phenolic compounds พบปริมาณมากในระยะเอ็มบริโอเป็นของเหลว ภายหลังมีปริมาณลดลงเมื่อเอ็มบริโอพัฒนาเต็มที่ ส่วนใหญ่พบในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด และมีปริมาณลดลงเมื่อถูกความร้อน ในเมล็ดกาแฟอะราบิก้ามีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ที่ร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด (Skowron *et al.*, 2015) และการสะสม Caffeine เป็นสารในกลุ่ม methylxanthines เป็นสารหลักกลุ่ม alkaloid พบมากในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด ความเข้มข้นหรือปริมาณของ Caffeine ในเมล็ดกาแฟอะราบิก้า อยู่ที่ร้อยละ 0.7-1.6 โดยการสังเคราะห์ Caffeine เกิดขึ้นตั้งแต่เอ็มบริโอยังเป็นระยะวัยอ่อนหรือเป็นของเหลวอยู่ และมีการถ่ายทอดจากชั้นของเนื้อผลกาแฟสู่เมล็ดกาแฟได้ (Castro and Marraccini, 2006) และ methyl butanoic acid จัดเป็น natural fatty acid อยู่ใน essential oil ของพืช ถือเป็นสาร volatile compounds โดย methyl butanoic acid เกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโน Leucine ที่ถูก deamination เป็น α -keto-isopentanoic acid ถูก decarboxylation

เป็น 3-methylbutanol ถูก aldehyde oxidase จนกลายเป็น 3- methyl butanoic acid ในที่สุด ในเมล็ด กาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วบด พบการสะสมมากมากถึงร้อยละ 32.8 หากเมื่อทำ sensory test พบว่าให้กลิ่นรส sweet และ acid (Toledo *et al.*, 2016)

ส่วนของเนื้อผลกาแฟของผลกาแฟ ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก มีการสะสมอาหารในรูปของ คาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมากเพื่อเป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพ ทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลรีดิคิงและซูโครส อย่างช้าๆ ในช่วง 0- 176 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงจนกระทั่ง เก็บเกี่ยว (280 วันหลังดอกบาน ขึ้นไป) จึงเป็นสาเหตุให้มีการสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในปริมาณต่ำ และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามการสุกแก่ของผลกาแฟ (Castro and Marraccini, 2006)

เมื่อศึกษาข้อมูลปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย กล่าวว่า พื้นที่ การเพาะปลูกเหนือระดับน้ำทะเล มีผลต่อการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ โดยพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร เกิดการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ช่วงที่เก็บเกี่ยวคือเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โดยมีอายุการเก็บเกี่ยว 5-8 เดือน ส่วนพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 1,100 – 1,500 เมตร เกิดการออกดอก ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม มีช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม อายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำฝน (ต้องไม่น้อยกว่า 1,500 มม.ต่อปี) และอุณหภูมิ (ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส) ในแต่ละปี (สถาบันพืชสวน, 2562 และ กองวิจัยและพัฒนาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผล เกษตร, 2563)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นที่ในเขตเขา คือ และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูก กาแฟอะราบิกาเหนือระดับน้ำทะเล 300 -1,000 เมตร ส่วนพื้นที่ขุนวางและวาวี เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูก กาแฟอะราบิกาเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร และ 1,500 เมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 4 แหล่ง มีการเพาะปลูก กาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดงที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง (500-900 กรัมต่อต้น) เมื่ออายุ 7 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 215 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพการชิมอยู่ใน ระดับปานกลาง (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผล เกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลกาแฟ หรือผลเชอรี่

การสุกของผลต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงจากน้ำทะเลของแหล่งปลูก ทำให้ผลมีการสะสม TSS ได้แตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูล TSS และการเปลี่ยนสีของผลตาม อายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมี TSS เพิ่มขึ้นตามอายุของผล การ เปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผล สีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด กาแฟที่เขาค้อและศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย มีเปลี่ยนสี ของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 20.1153 และ 25.2972 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญที่สะสมปริมาณน้อย คือ เนื้อผลมี TSS เพียง 16.8 และ 17 องศาบริกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับขุนวางและวาวี มีกระบวนการสุกผลเชอรี่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235

และ 238 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ที่ 21.4035 และ 29.8757 เนื้อผลมีการสะสม TSS ที่ 20 และ 20.5 องศาบริกซ์ ขึ้นไป และหากปล่อยให้ผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น (ผลเข้าสู่ระยะที่ 4 หรือผลอายุ 273-280 วันหลังดอกบาน) พบว่า มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทั้ง 4 แหล่งปลูก ทำให้เนื้อผลกาแฟเป็นแหล่งอาหารสำรองของเมล็ดกาแฟมีปริมาณเพียงพอต่อการสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อ flavor ของกาแฟต่อไป (Boot, 2005) รวมทั้งสอดคล้องกับคู่มือการผลิตกาแฟพรีเมียมของสถาบันพืชสวน (2562) รายงานว่า ควรเก็บเกี่ยวกาแฟอาราบิกา เมื่อผลกาแฟมีอายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน และเก็บเกี่ยวเฉพาะผลสุก 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป คือผลมีสีแดง โดยเก็บที่ละช่อ ดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟที่เหมาะสมอาจสัมพันธ์กับน้ำคั้นจากเนื้อผลมาวัดหาปริมาณ TSS ควรมีค่ามากกว่า 17 องศาบริกซ์

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญจากสารกาแฟทั้ง 4 แหล่งปลูกด้วยวิธี HPLC-MS มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริปโตเฟน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid โดยสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232-238 วันหลังดอกบาน) มีการสะสม Chlorogenic acid สูง (0.631 -0.646 พีพีทีต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) แต่มีปริมาณกรด Caffeine ต่ำ (0.412-0.425 พีพีทีต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) โดยสารกาแฟที่ได้จากแหล่งปลูกเขาค้อและศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสารกาแฟจากแหล่งปลูกที่ขุนวางและวาปี ปริมาณ ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine ค่อนข้างคงที่เมื่อผลมีการสุกแก่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) ที่พบว่า การสังเคราะห์ caffeine เกิดขึ้นในขณะที่เอ็นโดสเปิร์มยังอ่อนและเป็นของเหลวอยู่ในผลกาแฟอาราบิกา ส่วนการสังเคราะห์ Chlorogenic acid มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นขณะเอ็นโดสเปิร์มเกิดการพัฒนามาในผลกาแฟ และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของน้ำฝนและอุณหภูมิในแต่ละปี รวมด้วย

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมเพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 4 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟได้รับคะแนนการยอมรับของผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้างต่อกาแฟจากแหล่งทั้ง 4 พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และมาเหมียวจากทั้ง 4 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.47 5.67 6.29 และ 6.08 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก จากตารางที่ 3 6 9 และ 12 สารกาแฟจากผลสีแดงของวาปี (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 238 วันหลังดอกบาน) มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของขุนวาง (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235 วันหลังดอกบาน) เขาค้อ(ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ตามลำดับ (6.50 6.30 และ 5.7 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้าน

สามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสื
เปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษาภาพละลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่อง
หลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)

ตอนที่ 2 กาแฟโรบัสต้า

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกาแฟโรบัสต้า ด้านการพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผล เป็น
แบบ single sigmoid curve แบ่งได้ ดังนี้

1.ระยะผลพักตัว (0-28 วัน นับหลังดอกบาน) และโตช้า (29-126 หรือ 154 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะ
นี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด

2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (126/154 -238 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น
อย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอร์รี่มีขนาด
ใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)

3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (238-294 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีเหลืองส้ม (กรรมวิธีที่ 2 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัส
ต้า)

4.ระยะผลสุก (294-315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากเหลืองส้มเป็น
สีแดงหรือแดงส้ม โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของแต่ละแหล่งปลูกโร
บัสต้า)

หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 315 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)
พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงส้มกลายเป็นสีแดงมัวหม่นๆ ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยว
ผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

นอกจากนี้ พบว่ากาแฟโรบัสต้ามีการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาทางกายภาพ ทางเคมีและชีวเคมีเป็นไปใน
ทิศทางเดียวกับกาแฟอาราบิก้า เช่น ผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น เปลือกผลเปลี่ยนสีจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม
และสีแดงมัวหม่นๆ ตามลำดับ ขณะเดียวกันมีการสะสมปริมาณ TSS และปริมาณสารสำคัญในผลกาแฟทั้งการ
สะสมปริมาณทริโตนเฟน Chlorogenic acid Caffeine และ methyl butanoic acid เช่นเดียวกับกาแฟอาราบิก้า

ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาณ TSS ของผลที่มีอายุเพิ่มขึ้นทั้งกาแฟอาราบิก้าและโร
บัสต้ามีทิศทางเป็นไปในทางเดียวกัน จากงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) and Sousa et al
(2020) พบว่า ผลโรบัสต้าสีเขียวเป็นระยะผลอ่อน มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด (4.47 องศาบริกซ์) เมื่อผลมีอายุ
เพิ่มขึ้น สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง และสีน้ำเงิน ผลมีปริมาณ TSS อยู่ที่ 7.79 และ 5.53 องศาบริกซ์
ตามลำดับ

การสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดกาแฟโรบัสต้า พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่าน
การคั่วบดเดียวกับกาแฟอาราบิก้า แต่มีการเก็บกรดอะมิโน tryptophan ในรูปที่แตกต่างกัน โดยกาแฟอาราบิก้า
เก็บสะสมในรูป free tryptophan ส่วนกาแฟโรบัสต้า เก็บสะสมอยู่ร่วมกับโปรตีน นอกจากนี้ กาแฟโรบัสต้า มี

ปริมาณ Total protein ในปริมาณสูง เมื่อจำแนกเป็นกรดอะมิโนจำเป็นกลุ่ม predominant ที่สามารถถูก hydrolysis เป็นรูปเป็นสารที่หักลิ้นต่อไป กรดอะมิโนที่ตรวจพบคือ Leucine ที่สลายตัวให้ methyl butanoic acid ที่กลิ่นที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังตรวจพบกรดอะมิโน lysine และ arginine ด้วย (Martins and Gloria, 2010; Keiko *et al*, 2014 and Wenjiang *et al*, 2015)

การสะสม Chlorogenic acid และ Caffeine ในสารกาแฟโรบัสตามีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับในกาแฟอะราบิกา โดยเฉพาะปริมาณ Chlorogenic acid มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด และ Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟโรบัสตา สภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน อุณหภูมิ และระดับความสูงของพื้นที่ (Skowron *et al*, 2015 and Wenjiang *et al*, 2015)

ส่วนการสะสม methyl butanoic acid เป็นสาร volatile compounds เป็น 1 ใน 79 volatile compounds ในเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ไม่ผ่านการคั่วเช่นเดียวกับที่พบในกาแฟอะราบิกา ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน และระดับความสูงของพื้นที่ (Wenjiang *et al*, 2015)

เมื่อศึกษาปัจจัยภายนอกต่อการเร่งการสุกของผลกาแฟโรบัสตา พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับและการกระจายตัวของฝน หากปริมาณน้ำฝนที่ได้รับไม่เพียงพอ และการกระจายตัวของฝนขาดความสม่ำเสมอ ทำให้ผลกาแฟที่อยู่ในช่วงขยายขนาดกระทบบ้าง รวมทั้งผลจากความร้อนสะสมในแปลง ส่งผลให้ระยะเวลาของผลที่อยู่บนต้นสั้นลง ผลกาแฟเกิดการสุกและเปลี่ยนสีเร็วขึ้น เนื่องจากฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสตา หากฤดูฝนเริ่มเร็วประมาณปลายเดือนเมษายนและมีฝนตกสม่ำเสมอตลอดฤดูการผลิต ผลก็จะมีพัฒนาการที่ดี ผลมีขนาดใหญ่และคุณภาพดี ผลที่อยู่บนต้นยืงนานจะมีคุณภาพยิ่งดี หากผลชุดใดขาดฝนในช่วงระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นระยะสำคัญหรือวิกฤติ ผลชุดนั้นจะเบาและมีขนาดเล็ก รวมถึงการแข่งขันระหว่างผลที่เกิดจากดอกต่างรุ่นในการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโตเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการกำหนดคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสตา โดยผลรุ่นที่เกิด (ติดผล) ก่อนจะแย่งสารอาหารได้ดีกว่าและมีระยะเวลาอยู่บนต้นนานกว่า คุณภาพจึงดีกว่า แต่หากผลที่เกิดก่อนนี้กระทบบ้างในช่วงวิกฤติ ทำให้ไม่สามารถเติบโตได้เต็มที่ ผลจะมีขนาดเล็กและสุกเก็บเกี่ยวได้เร็ว ผลที่เกิดรุ่นหลังก็จะได้รับอาหารเหลือเพื่อ มีผลขนาดใหญ่กว่าและคุณภาพดีกว่าผลรุ่นที่เกิดก่อนได้ และเก็บเกี่ยวหลังรุ่นแรกหลายสัปดาห์ นอกจากนี้พบว่า ลักษณะสีแดงของเปลือกผลเป็นตัวชี้บ่งที่ดีที่สุดในการเก็บเกี่ยวกาแฟโรบัสตา (สุรรัตน์ และเสาวนีย์, 2543 ; ปิยนุช และคณะ, 2561)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นที่ชุมพร จันทบุรี และสระเกษ เนื่องจากเป็นพื้นที่สูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 ทั้งเชิงเดี่ยวและผสม (ปิยนุช และคณะ, 2561) โดยกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 เป็นพันธุ์ที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดง ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง 2 กิโลกรัมต่อต้นเมื่ออายุ 3 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 340-480 กิโลกรัมต่อไร่ (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่

เนื่องจากสรีระของผลกาแฟโรบัสตา มีเมล็ดขนาดใหญ่และเนื้อผลบางทั้งในผลอ่อนและผลแก่ การ ศึกษาทางกายภาพจึงเปลี่ยนจากวัดปริมาณ TSS เป็นวัดปริมาตรผลและชั่งน้ำหนักสดของผลแทน

การสุกของผลต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นตามเส้นรุ้งของประเทศไทย ทำให้ผลมีปริมาตรและน้ำหนักแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูลมีปริมาตรผล น้ำหนักผลสด และการเปลี่ยนสีของผลตามอายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมีปริมาตรและน้ำหนักผลสดเพิ่มมากที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 288 292 และ 294 วันหลังดอกบาน) และลดลงมาหรือคงที่เมื่อผลเปลี่ยนสีจากสีเหลืองส้มเป็นสีแดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 309 311 และ 311 วันหลังดอกบาน) สุดท้ายมีค่าลดลงน้อยที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมาหมึ้ว การเปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผลสีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด กาแฟที่ชุมพร มีเปลี่ยนสีของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงส้มเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 26.5978 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณและน้ำหนักผลสดน้อยที่สุด คือ 2,637.59 มม.³ และ 33.75 กรัมต่อ 25 ผลกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบกับจันทบุรีและศรีสะเกษ มีกระบวนการสุกผลเร็วเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงนาน (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 และ 315 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ 19.5388 และ 26.19535 ปริมาณผลแดงสุก คือ 1,634.16 และ 1,973.82 มม.³ น้ำหนักผลสดของผลแดงสุก คือ 33 และ 40.25 กรัมต่อ 25 ผลกาแฟสด สอดคล้องการคำแนะนำการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกมีอายุ 10-11 เดือน ผลสุกมีเปลือกสีแดง หรือแดงส้มไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (สถาบันพืชสวน, 2548 ; สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

สมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จาก 3 แหล่งปลูก มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริโบเตน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid ให้ผลเช่นเดียวกับกาแฟอาราบิก้า สารกาแฟจากผลเชอร์รี่สุก แดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ในกาแฟโรบัสตาจากชุมพร มีปริมาณสารสำคัญต่ำสุด รองมาคือศรีสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) และจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ โดยมีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ 0.519 0.610 0.619 และ Caffeine อยู่ 0.670 0.763 0.777 พีพีทีต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งของสารกาแฟ และการสะสมสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด พบในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟอาราบิก้า แต่มีการสังเคราะห์ caffeine และ Chlorogenic acid ในทิศทางเดียวกันกับกาแฟอาราบิก้า สอดคล้องกับงานวิจัยการสะสมสารสำคัญในกาแฟโรบัสต้า พบว่า มีปริมาณ Chlorogenic acid เพิ่มขึ้นขณะเอ็นโดสเปิร์มเกิดการพัฒนานในผลกาแฟ โดยพบว่าถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสตา และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ส่วนการสะสม Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสตา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Castro and Marraccini, 2006 and Wenjiang *et al*, 2015)

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม เพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 3 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และมาเหมียวจากทั้ง 3 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.18 4.88 5.50 และ 5.13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ถึงดี พบว่าสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ของชุมพร มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) และศรีสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ (5.2 และ 5.0 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้าน สามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสีเปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)

1. ผลกาแฟอะราบิกาที่มีอายุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นตามอายุผล แต่ไม่มีผลต่อการสะสมปริมาณ chlorogenic acid ส่วนการสะสม caffeine มีค่าลดลง ทั้ง 3 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงมาเหมียว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

2. อายุผลกาแฟโรบัสตาที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณผลและน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม แต่ไม่มีผลการสะสมปริมาณ chlorogenic acid และ caffeine ทั้ง 2 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงมาเหมียว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

3. ผลกาแฟอะราบิกาเชียงใหม่ 80 จาก 4 แหล่งปลูกทางภาคเหนือ ควรใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้ พื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 400-1,000 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำหนักจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 25 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง ส่วนในพื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 -1,500 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 270 วันหลังดอกบาน และเนื้อคั้นจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 20 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 20 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

4. ผลกาแฟโรบัสตา จาก 3 แหล่งปลูกชุมพร จันทบุรีและศรีสะเกษ คือ ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดงส้ม เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 309 วันหลังดอกบาน มีปริมาตรของผลเชอรี่ มากกว่า 1,600 มม³ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก การขึ้นสีของผลเชอรี่ ที่ต้องสุกแดงส้ม โดยมีค่า a เป็นบวก และมีค่ามากกว่า 19.53 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

5. ควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าที่มีการสุกแก่เหมาะสม เนื่องจากเมล็ดกาแฟมีการพัฒนาและสะสมกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อ cupping for flavor

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

1. ผลการศึกษากระบวนการวิเคราะห์สารกลุ่ม Diterpene (Cafestol และ Kahweol)

1.1 ผลการศึกษาการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID ตามวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี GSLS และ AOAC การสกัดไขมันจากกาแฟโดยใช้การสกัดที่ 4 ชั่วโมงและ 16 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสกัด (extraction yield) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลวิเคราะห์ (RSD%) ผลทางสถิติที่วิเคราะห์โดยวิธี Tukey's test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้นเวลาในการสกัดเพียง 4 ชั่วโมงจึงเพียงพอสำหรับการสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

1.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการนิตสารกลุ่ม Diterpene

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบการนิตสารโดยใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณสารมาตรฐาน diterpene ที่วิเคราะห์

1.3 ผลวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตผลกาแฟ

ผลการศึกษากระบวนการสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสาร diterpene ในตัวอย่างกาแฟ ได้นำไปทดสอบวิเคราะห์ในตัวอย่างกาแฟโดยใช้วิธี PS-GC-FID และทำการหาปริมาณที่ความเข้มข้น 8 ถึง 69 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรพบว่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.99 ในสารทั้ง 2 ชนิดโดยสามารถคำนวณค่า LOD (Limit of Detection) ได้ที่ 0.78 และ 0.64 และ LOQ ได้ที่ 2.61 และ 2.14 ตามลำดับโดยนำมาทดสอบวิเคราะห์ปริมาณสารในตัวอย่างกาแฟ 6 ตัวอย่าง พบว่ากาแฟที่มีค่า C/K สูงกว่า 1.2 มีคุณภาพดี (soft) และค่าน้อยกว่า 0.96 มีคุณภาพต่ำ (Hard/Rio)

2. ผลวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเพาะปลูก พื้นที่และกรรมวิธีการปลูกที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากปัจจัยการเพาะปลูก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟหลังเก็บเกี่ยวและในน้ำมันสกัดจากเมล็ดกาแฟพบว่ามีปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 7.7 – 17.7 ทั้งในกาแฟ *C. arabica* และ *C. canephora* แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโพลีแซ็กคาไรด์ที่เป็น precursor ของการผลิตสารกลุ่มดังกล่าวมีความแตกต่างกันโดยใน *C. arabica* จะมีปริมาณมากกว่า *C. canephora* ทั้งนี้ปริมาณขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตที่เพาะปลูกกาแฟทั้งสองชนิดโดยเมื่อทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกาแฟเพื่อทำการศึกษารวบรวมสาร Diterpene ester ที่เป็นกลุ่มของ Cafestol และ Kahweol พบว่ามีอยู่เพียงร้อยละ 18.9 เท่านั้น

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนของสารประกอบกลุ่ม Diterpene โดยการสกัดน้ำมันจากส่วนต่างๆ ได้แก่ Perisperm, Endosperm, Pericarp และ Leaf จะไม่พบสารกลุ่ม Kahweol ในกาแฟสายพันธุ์ *C.*

canephora ในขณะที่พบสาร Kahweol ปริมาณมากใน Perisperm และ Endosperm ของ *C. Arabica* ประมาณ 516 – 590 mg/100g of Sample ส่วนสาร Cafestol นั้นจะพบในกาแฟทั้งสองชนิด โดยเมื่อทำการติดตามปริมาณสารสำคัญทั้งสองชนิดตามจำนวนวันหลังดอกบาน (Day After Flowering :DAF) พบว่าช่วงเวลาที่มียปริมาณสารกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดคือ DAF90 – DAF150 ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟโดยพบข้อสังเกตว่าปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol นั้นมีปริมาณคงที่ในช่วงเวลาดังกล่าวทั้งนี้เมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกในแบบต่างๆในพื้นที่เดียวกันนั้นไม่พบความแตกต่างของปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol แต่มีความแตกต่างกันโดยตรงในพื้นที่เพาะปลูกโดยสามารถแบ่ง *C. arabica* ได้เป็นสองกลุ่มได้แก่พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 600 เมตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.80 – 1.50 และ 1,200 เมตรขึ้นไปที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.10 – 0.50 ส่วน *C. canephora* พบอัตราส่วนคงที่ที่ 180 – 200

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญและอัตราส่วนที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของกาแฟอาราบิก้าและโรบัสตาเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าอัตราส่วนของสารประกอบ diterpene มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสายพันธุ์อาราบิก้าและโรบัสตา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลของแหล่งเพาะปลูกที่แบ่งตามอุณหภูมิเพาะปลูกที่ต่ำกว่า (18 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิที่สูงกว่า (26 องศาเซลเซียสต่อปี) จะมีผลต่อปริมาณของสารประกอบทั้ง Cafestol และ Kahweol ซึ่งหากเปรียบเทียบ ratio จะส่งผลเพียงเล็กน้อยหากเป็นพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันแต่แตกต่างกันที่อุณหภูมิแต่ปริมาณน้ำฝนกลับส่งผลอย่างมากโดยในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของ C/K ratio สูงมากดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปัจจัยก่อนเก็บเกี่ยวปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนที่สำคัญนอกจากจะเป็นสายพันธุ์กาแฟ (อาราบิก้าและโรบัสตา) แล้วยังมีผลที่พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำฝนอีกด้วย สำหรับผลทางประสาทสัมผัสต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟอาราบิก้าและโรบัสตาเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าหากอุณหภูมิที่สูงและปริมาณน้ำฝนมากจะส่งผลต่อคะแนน Cupping score ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบในพื้นที่เดียวกันที่อุณหภูมิเพาะปลูกต่ำกว่า โดยคะแนนผลการชิมมีความแตกต่างกันกว่าร้อยละ 11.84 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของแหล่งเพาะปลูกนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ Cafestol และ Kahweol และผลของคะแนนทางประสาทสัมผัสอีกด้วย ดังนั้นคุณภาพของกาแฟที่แสดงถึงแหล่งเพาะปลูกจึงมีความสำคัญตั้งแต่การคัดเลือกแหล่งเพาะปลูกที่จะสื่อถึงอัตลักษณ์กาแฟรวมทั้งคุณภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปอีกด้วย

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และปริมาณสาร Kahweol ต่อการหมักเมล็ดกาแฟไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene ทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญโดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณชุดควบคุมพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Cafestol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 12.32 และ Kahweol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 5.82 ทั้งนี้เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราส่วน Cafestol/Kahweol พบว่ามีค่าคงที่ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการหมักย่อยเมือกกาแฟไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene

4. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการทำแห้งสารกาแฟ

ผลการเปรียบเทียบการทำแห้งกาแฟกะลาจำนวน 5 วิธีจนความชื้นเมล็ดกาแฟน้อยกว่าร้อยละ 5 (Bean Moisture content < 5%) ได้แก่ การตากแดดธรรมชาติ การใช้ตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซียส การใช้โรงอบลมร้อนและการคั่วอ่อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซียสพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol อย่างมีนัยสำคัญโดยพบว่าเมื่อใช้ความร้อนในการทำแห้งสูงโดยเฉพาะการเลือกใช้กระบวนการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือไม่ว่าจะเป็นตู้อบ โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์หรือการใช้เครื่องคั่วอ่อนนั้นปริมาณสารดังกล่าวจะลดลงในปริมาณมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากร้อยละ 50 - 75 ทั้งนี้ผลจากการลดลงของสารทั้งสองชนิดเมื่อนำมาคำนวณอัตราการลดลงเป็นอัตราส่วนของ Cafestol/Kahweol จะเป็นไปในทางเดียวกันโดย Ratio จะอยู่ที่ 1.47 - 1.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าบ่งบอกอัตลักษณ์ของกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบชิมในชุดทดลองทั้ง 5 ชุดพบผลการทดสอบของคุณภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยชุดทดสอบที่ใช้เวลาการทำแห้งนานที่สุดคือชุดควบคุมและชุดตากแห้งโดยแสงอาทิตย์ที่ใช้เวลากว่า 2 สัปดาห์นั้นมีการทดสอบชิมในระดับคะแนน 74.52 - 75.35 แตกต่างกับชุดทดสอบที่ใช้เตาอบ โรงอบลมร้อนหรือการทำ preroast ที่มีผลทดสอบชิมเพียง 61.25 - 67.25 ซึ่งคะแนนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะข้อมูลผลการชิมที่ได้ให้คำจำกัดความเรื่อง underoast (กาแฟไม่สุก) หรือกลุ่มรสชาติถั่วดิบและถั่วอกทำให้ผลการทดสอบชิมมีความไม่พึงพอใจสูงกว่าชุดทดสอบที่ทำการตากโดยพลังงานแสงอาทิตย์และชุดควบคุมอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้แม้ในสถานะจริงเกษตรกรที่แปรรูปกาแฟในพื้นที่สูงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยทำแห้งด้วยในระหว่างการแปรรูปกาแฟสภาพภูมิอากาศไม่อำนวยในการทำแห้งกาแฟนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจถึงปัจจัยของอุณหภูมิต่อคุณภาพกาแฟต่อไป

5. ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 กรรมวิธีพบว่าหลังจากทดสอบเก็บสารกาแฟที่อุณหภูมิและความชื้นควบคุม พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลดลงของปริมาณน้ำมันโดยรวมและสารสำคัญโดยพบว่า ตั้งแต่เวลาการเก็บรักษา 210 วันถึง 300 วันพบว่าสารกาแฟที่เก็บในชุดควบคุม ถูกลอยและถุง PP seal ปิดสนิทมีปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมากโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ยังพบการลดลงของสารดังกล่าวด้วยแม้อัตรา C/K จะลดลงเพียงเล็กน้อยเกือบคงที่จากค่าเริ่มต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีเพียง HDPE ที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำมันและสารสำคัญ ได้ดี โดยมีถุง PP และ PE ที่สามารถควบคุมได้ใกล้เคียงกันที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณเริ่มต้น โดยสันนิษฐานว่าปริมาณออกซิเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

1) การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

จากการทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ที่สุ่มเก็บจากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร และเกษตรกรในแถบพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย นำมาคัดเกรดตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) บันทึกผลเป็นคะแนนข้อบกพร่อง (Defect score)

และการคัดเกรดตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอาราบิกา (มกษ. 5701-2561) และและมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) บันทึกผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่อง (% w/w) ได้ผล

ผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิกา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำนี้อาจมีจำนวน 10 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.2 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเขียวมีจำนวน 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.6 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 119 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 12 เมล็ด ไม่พบผลกาแฟแห้ง (เกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 3 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟเป็นส่วนมาก เส้นเชือก และก้อนหิน เล็กน้อย ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบ ร้อยละ 2.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 1.5) ส่วนผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำนี้อาจมีจำนวน 60 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเขียวมีจำนวน 69 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 3.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 110 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.8 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 4.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 10 เมล็ด ค่าเฉลี่ยผลกาแฟแห้งมีจำนวน 5 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.3 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 13 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 0.1 ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบร้อยละ 0.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) นอกจากนี้ยังพบว่าข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดทั้งในกาแฟอาราบิกาและโรบัสตา และมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร คือข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย โดยพบตั้งแต่ร้อยละ 1.5 – 7.7 หรือนับได้อยู่ในช่วง 61 – 186 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอาราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 2.5 – 6.6 หรือนับได้อยู่ในช่วง 56 – 140 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา รองลงมาคือ ข้อบกพร่องเมล็ดเขียว ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งข้อบกพร่องที่น่ากังวล โดยพบปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรอย่างชัดเจน พบตั้งแต่ร้อยละ 0.5 - 2.5 หรือนับได้อยู่ในช่วง 21 – 63 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอาราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 0.8 – 4.4 หรือนับได้อยู่ในช่วง 22 – 98 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แต่อย่างไรก็ตามหลังจากตรวจสอบสาร Ochratoxin A พบว่าไม่มีค่าเกินกำหนด (20 ppm)

เมื่อนำข้อมูลผลรวมคะแนนข้อบกพร่องหลัก 6 ข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ เมล็ดเปรี้ยว ผลกาแฟแห้ง เมล็ดเขียว เมล็ดที่มีแมลงทำลาย และสิ่งแปลกปลอม จากการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มานับคะแนนข้อบกพร่องรวมตามหลักการของ SCAA (ข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกเว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน) แล้วนำมาจัดกลุ่มข้อมูลตาม

หลัก Hierachy Classification of Ascendent (HAC) เพื่อจัดลำดับชั้นคุณภาพหรือจัดเกรดของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

เมื่อนำข้อมูลผลการคัดเกรดทางกายภาพ โดยวิธีการนับเมล็ดตามมาตรฐาน SCAA มาวิเคราะห์ข้อมูล และจัดกลุ่มชั้นคุณภาพ (Hierarchical Clustering) ตามภาคผนวก พบว่า สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัตพิเศษ (Specialty) ซึ่งต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 0 - 5 คะแนน เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 6 - 30 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 31 - 60 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 61 ขึ้นไป และจากตารางที่ 2 สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 25 - 45 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 46 - 75 คะแนน เกรดบี (B) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 76 - 115 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 116 ขึ้นไป ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์แนะนำสำหรับเกษตรกรและโรงคั่วบรรจุสำหรับการซื้อขายเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าของประเทศไทย

2) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

2.1 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black)

เมล็ดดำ (Full black) เป็นข้อบกพร่องหลัก ซึ่งเกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp. ส่งผลต่อคุณภาพของผลเชอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว และปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอระหว่างการพัฒนาผลเชอรี่ ซึ่งการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

ในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อาราบิก้าและโรบัสต้า โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำกรรมวิธีที่ 1 - 5 ได้แก่ 0, 20, 40, 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 - 6.67 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอาราบิก้า และอยู่ในช่วง 5.75 - 6.63 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอาราบิก้า และเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดดำที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัสคือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอาราบิก้า

เช่นเดียวกับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟที่มีเมล็ดดำเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.6 สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และคิดเป็นร้อยละ 0.7 สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อตรวจสอบสารพิษจากเชื้อราของเมล็ดกาแฟ พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ผลเป็น Not detected (เกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย ไม่เกิน 20 ppm) ดังนั้นกรรมวิธีที่ 2 จึงปลอดภัยต่อการบริโภค

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดดำ พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดดำ ได้แก่ กลิ่นหมัก (Fermented) กลิ่นดิน (Earthy) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) บางตัวอย่างมีกลิ่นผลไม้สุก (Ripe-fruity) และมีรสชาติขม (Bitter) และกระด้าง (Harsh)

2.2 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น โดยการทดลองไม่ได้ดำเนินการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ทดสอบ จึงได้ปรับเปลี่ยนโดยใช้ตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา) และเมล็ดกาแฟที่เป็นเมล็ดเชื้อราทำการเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเมื่อนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมเมล็ดเชื้อราทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 20, 40, 60 และ 80 เมล็ด มาทดสอบสารพิษจากเชื้อรา ได้แก่ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) และ Ochratoxin A เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา)

จากผลการทดสอบไม่พบ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) ในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาทุกกรรมวิธี แต่พบ Ochratoxin A ในกรรมวิธีที่ 4 และ 5 ในเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยพบในปริมาณ 0.63 µg/kg และ <0.50 µg/kg (น้อยกว่า LOQ) แต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (10 µg/kg)

2.3 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลงกลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ ซึ่งจากการทดลองประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

เมล็ดที่มีแมลงทำลายในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40, 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 – 6.59 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.37 – 6.59 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีผลผลิตที่มีแมลงทำลายที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 4 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นและกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 3 (ผลผลิตที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.4) และเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผลผลิตที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย ได้แก่ กลิ่นถั่ว(Peanut) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) กลิ่นเนื้อไม้ (Woody) และมีรสชาติ รสจัดแบบขี้เถ้า (Ashy) และรสกระด้าง (Harsh)

2.4 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean) ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีการเติมข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.57 และ 6.54 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟอะราบิกามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.90 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 5.10 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยวมากกว่า 20 เมล็ด จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ โดยเฉพาะในเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่าตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 53

ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว ได้แก่ กลิ่นกรดอะซิติก (Acetic acid) และรสเปรี้ยว (Sour)

2.5 การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod)

การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำเพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40, 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.88 – 7.23 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.14 – 7.27 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดีจนถึงดีมาก โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า

ผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสชาติตกค้างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตามีความแตกต่างตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปทุกตัวอย่าง ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1 ทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณผลกาแฟแห้ง พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง ได้แก่ กลิ่นมะตูมแห้ง (Dried Quince) และกลิ่นเนื้อไม้ (Wood) ส่วนรสชาติจะมีรสจืดชืด (Bland) แต่บางตัวอย่างอาจมีรสหวาน (Sweet) เล็กน้อย

2.6 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter)

การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีการรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด โดยสิ่งแปลกปลอมที่พบในเมล็ดกาแฟส่วนใหญ่ ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟ เศษกะลา ก้อนหิน อิฐ และเศษเชือก เป็นต้น ออกแบบการ

ทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟ อะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่มีการเติมสิ่งแปลกปลอมร้อยละ 0.5 (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า มีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.82 และ 6.57 คะแนนตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.74 และ 4.71 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณสิ่งแปลกปลอมมากกว่าร้อยละ 0.5 จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่าตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากสิ่งแปลกปลอม ได้แก่ กลิ่นเหม็นอับ (Musty) และจืดชืด (Bland)

โครงการที่ 7. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ

การทดลองที่ 1 การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์

1. ผลการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอะราบิกา

พบว่าเชื้อยีสต์จะมีการเจริญต่อร่วมกับแบคทีเรียอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกของการหมักเป็นต้นไป หลังจากชั่วโมงที่มีปริมาณ pH ลดลงระหว่าง 4.0 – 3.5 และพบการลดลงของปริมาณเมือกอย่างต่อเนื่อง โดยที่ 60 ชั่วโมงเป็นต้นไปมีการลดลงของเมือกอย่างรวดเร็วและหมดลงในระยะเวลาหมักครบ 96 ชั่วโมง แสดงให้เห็นสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดต่างที่มีการลดลงเมื่อมีการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดทำให้น้ำหมักมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงจนมีค่าเท่ากับคือ 3.64 ในขณะที่การเจริญของเชื้อแบคทีเรียจะคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 60 และลดลงในช่วงท้ายของการหมักโดยมีจำนวนเซลล์ $6.95 \log \text{CFU/ml}$ และการเจริญของเชื้อยีสต์จะมีปริมาณลดลงในชั่วโมงที่ 72 และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งตั้งแต่ชั่วโมงที่ 96 จนถึงในช่วงท้ายของการหมัก จำนวนเซลล์จะลดลงเหลือ $5.20 \log \text{CFU/ml}$ ดังแสดงในภาพที่ 1 และพบว่าเชื้อ *S. cerevisiae* มีผลต่อการหลุดของเมือกและจากเจริญเติบโตตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12 โดยแบคทีเรียที่ส่งผลต่อการหลุดของเมือกนั้นเมื่อทำการทดสอบนั้นคือแบคทีเรียชนิด *Erwinia dissolvens* โดยเป็นกลุ่มเดียวกับ *Enterobacter* ที่ได้ทำการตรวจสอบทำให้ทราบถึงเชื้อจุลินทรีย์เฉพาะที่ช่วยในการหมักกาแฟและสามารถนำไปศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนจากเมล็ดกาแฟคั่วที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ BAwine มีคะแนนคุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัสความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ 3.2 ± 0.45 จากคะแนนเต็ม 5 และเมื่อ

วิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มผู้ทดสอบได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 60 ชั่วโมงในการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของกาแฟกับสารมาตรฐาน

2. ผลการศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกและคุณภาพกาแฟอาราบิก้าที่ได้จากการหมักในแปลงทดสอบ

พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติ Principal Component Analysis (PCA) จากการทดสอบหมักใน 4 แหล่งผลิตกาแฟอาราบิก้า สามารถแบ่งผลการหลุดลอกของเมือก (Turbidity, IC = 94.83%) แบ่งออกเป็นสามกลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ใช้ยีสต์ช่วยหมัก กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนและกลุ่มควบคุม และปริมาณการผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid, IC 96.98%) ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญแต่มีความแตกต่างกันที่ปริมาณกรดแลคติก

จากผลการทดสอบการหมักเมือกกาแฟในสภาวะจริง ผลการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์และผลการทดลอง inoculation ในสภาวะจริงจาก 4 แหล่งผลิตกาแฟอาราบิก้าโดยเปรียบเทียบจาก 3 กรรมวิธีสามารถแบ่งคุณภาพการหมักได้ออกเป็น 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมเชื้อยีสต์) กลุ่มเติมเชื้อยีสต์ แต่ไม่พบว่ามีผลต่อการผลิตกรดแลคติกจาก 2 กรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดลองแรก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเติมเชื้อยีสต์ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการหมักเมือกกาแฟแต่ส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดต่างของน้ำหมัก อัตราการหลุดลอกของเมือก และการเริ่มทำงานของเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟและเมือกกาแฟ โดยทุกพื้นที่ผลิต (จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์และตาก) เมื่อทำการทดสอบในการแปรรูปกาแฟสายพันธุ์เชียงใหม่ 80 แหล่งผลิตกาแฟไม่ส่งผลต่อการหลุดลอกของเมือกดังนั้น ผลของการเติมเชื้อยีสต์ส่งผลต่อการหมักเมือกกาแฟให้มีการหลุดลอกของเมือกที่สมบูรณ์อย่างมีนัยสำคัญและส่งผลต่อเวลาที่มีความรวดเร็วขึ้นจาก 72 ชั่วโมงเหลือ 24 ชั่วโมงและคุณภาพของการหมักกาแฟทำให้สารกาแฟมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี

3. ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้า

ผลการทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอาราบิก้าในห้องทดลองที่อุณหภูมิการหมักตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียสและแปรผันปริมาณเกลือ ไดอะมโมเนียมในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 2.5% และ 2% ต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงพบว่าได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี one way ANOVA ต่อการหลุดลอกของเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity) ในการทดลองที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติเป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าความน่าเชื่อถือที่ <0.0001 ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 7 – 9 ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือ Treatment ที่ 9 ที่ใช้ปริมาณเกลือเพียง 2% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 6 – 9 ผลวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกลับเป็น Treatment ที่ 7 และ 8 ที่ใช้

ปริมาณเกลือไม่เกิน 3% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงส่งผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟแต่ไม่พบความแตกต่างต่อปริมาณเกลือแอมโมเนียม

ผลการทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในห้องทดลองอุณหภูมิการหมักตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียสและแปรผันปริมาณกรดทาทาริกในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 5% และ 10% ต่อต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงพบว่าได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี one way ANOVA ต่อการหลุดของเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity) ในการทดลองที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสพบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติเป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าความน่าเชื่อถือที่ <0.0001 ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 7 – 9 ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือ Treatment ที่ 9 ที่ใช้ปริมาณกรดทาทาริกที่ 10% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 4 – 9 ผลวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกลับเป็น Treatment ที่ 8 ที่ใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่เกิน 5% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงส่งผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟโดยใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่น้อยกว่า 5%

ผลการทดลองวัดระยะเวลาในการหมักเมือกกาแฟก่อนจะได้ค่า Max Turbidity จากการทดลองทั้ง 36 batch นั้นพบค่าเฉลี่ยอัตราการหมัก 35 ชั่วโมง โดยพบอัตราการหมักเร็วที่สุดอยู่ที่ 6 ชั่วโมง เทียบกับชุดควบคุมที่ 72 ชั่วโมง ถือว่าเร็วกว่าระยะเวลาปกติถึง 66 ชั่วโมง (12 เท่า) โดยมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยเมื่อนำผลการหลุดลอกของเมือกสูงสุดมาเทียบกับเวลาพบว่า ชุดการทดลองที่ 8 (treatment 8) ให้ผลที่น่าพอใจที่สุดและเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางประสาทสัมผัสยังพบว่าในชุดการทดลองดังกล่าวมีผลความชอบโดยรวม (overall impression) อยู่ใน Cluster ที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผู้ทดสอบจะได้รับรสชาติกาแฟที่มีค่า Acidity สูงและกลิ่น off-flavor ทั้งนี้เนื่องมาจากการหมักเป็นเวลานานถึง 72 ชั่วโมงและทำให้เกิดกลิ่น Ferment (หมัก) อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาปริมาณ Volatile acid ที่เป็นกลุ่มกรดอะซิติกจกมีค่าสูงกว่า 3.5 กรัมต่อกิโลกรัมถือเป็นกลิ่นน้ำส้มสายชูที่ไม่ก่อให้เกิดผลดีต่อคุณภาพกาแฟ เมื่อพิจารณากลุ่ม Cluster ที่ให้ผลต่อการคั่วที่มีสีเข้มและความขมสูงเช่นชุดการทดลองที่ 2 (treatment 2) ถือเป็นกลุ่มที่น่าสนใจอีกกลุ่มโดยเฉพาะการผลิตกาแฟเพื่อลด Acidity และ ให้ค่าความขมและสีที่สูง ซึ่งนำไปสู่ต้นแบบการผลิตเพื่อผลิตกาแฟที่ต้องการคุณลักษณะเฉพาะของสีและรสชาติขมได้ ผลการพัฒนานกระบวนการหมักโดยพบว่าการหมักกาแฟให้ได้คุณภาพดีต้องใช้ เชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อเฮกโตลิตร (Flare Fermentation) รวมกับปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง (Oxygenation) และใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่น้อยกว่า 5% (Acidification) ทำให้เกิดกระบวนการใหม่ที่เรียกว่า “AAF technique” (Accelerated Arabica Fermentation “Acid-Air-Flare Fermentation”)

4. การหมักกาแฟแบบ AAF techniques

4.1 ผลการศึกษาการหมักเพคตินในถังหมักในสถานะห้องปฏิบัติการโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) เคลือบเมือกโดยใช้สาร Ruthidium Red เพื่อศึกษาการหลุดลอกของเมือกโดยการใช้เทคนิค AAF พบการหลุดลอกของเมือกโดยกระบวนการ “Polysaccharide modification” จากการ dehydration ด้วยจุลินทรีย์และสภาพสารละลายที่มีความเป็นกรดสูงทำให้น้ำที่อยู่ในเมือกกาแฟหลุดออกมาและการเปลี่ยนแปลงสภาพของโพลีแซคคาไรด์ทำให้เกิดการหลุดลอกของเมือกจากเมล็ดกาแฟ โดยมีการทดสอบต่อเนื่องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสารละลายเป็นสารละลายเอทานอลพบว่า การหลุดลอกของเมือกช้ากว่าการใช้การหมักด้วยน้ำดังนั้นจึงยืนยันได้ว่าเมือกของเมล็ดกาแฟมีส่วนประกอบของน้ำเป็นปริมาณมาก

4.2 ผลการทดลองการหมักเมือกของจุลินทรีย์ *S. cerevisiae* strain BAWine ที่คัดเลือกเปรียบเทียบกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการย่อยเพคติน (Pectolytic activity) ได้แก่ *S. bayanus*, *S. marxianus*, *Schizosaccharomyces* sp. ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Crystal Violet Pectate Modified ภายในเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ยีสต์ในการหมักกาแฟสายพันธุ์ *S. cerevisiae* strain BAWine มีศักยภาพในการหมักเพคตินเทียบเคียงได้กับจุลินทรีย์ Pectinolytic สายพันธุ์ที่ใช้ทั่วไปและเหมาะสมในการควบคุมคุณภาพกาแฟ โดยเฉพาะเมื่อมีการทดสอบการใช้เชื้อร่วมกันศักยภาพในการหมักมีการดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในสถานะ pure culture จึงถือว่า BAWine เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำไปทดสอบในพื้นที่ทดสอบ นอกจากนี้คุณภาพการหลุดของเมือก ลักษณะเมือกและกลิ่นยังเป็นที่น่าพึงพอใจในการนำไปใช้ในพื้นที่ทดสอบ

พบการเปลี่ยนแปลงการหมักในสถานีทดลองทั้ง 4 สถานีอย่างชัดเจนเมื่อเทียบจากผลการหมักโดยจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียวที่ได้ดำเนินการในปี 2560 โดยเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญในการหมักพบว่า AAF technique สามารถปรับปรุงการหมักกาแฟอาราบิก้าได้อย่างเห็นได้ชัดกล่าวคือ

(1.) ค่าความขุ่น (Turbidity) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการหมักโดยค่าความขุ่นที่เหมาะสมในการหลุดลอกของเมือกอยู่ที่ 1,000 NTU ขึ้นไป ในปี 2560 ต้องใช้เวลากว่า 19.5 ชั่วโมงเพื่อทำระดับความขุ่นให้ได้ระดับต่างกับในปี 2561 ที่ได้ใช้ AAF technique พบว่าสามารถพัฒนาความขุ่นได้ที่เวลา 6 ชั่วโมงซึ่งดีกว่าชุดควบคุมถึง 8 เท่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ปี 2560 ชุดควบคุมใช้เวลา 48.5 ชั่วโมงและ 2561 ชุดควบคุมใช้เวลา 50 ชั่วโมง)

(2.) ปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid) บ่งบอกถึงการทำงานของเชื้อแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยเมือกกาแฟ โดยหากมีปริมาณกรดแลคติกมากแสดงให้เห็นว่ามีการหมักย่อยเมือกกาแฟอย่างไรก็ตามได้พบปัญหาที่เรียกว่า “Lactic Sting” หรือเปรี้ยวแลคติกเกิดขึ้นในชุดทดลองที่มีการย่อยเมือกในเวลานานเกินไปทำให้กาแฟมีรสเปรี้ยวจัดไม่เป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม AAF technique สามารถแก้ไขปัญหาคาแฟเกิดกรดแลคติกเกินความจำเป็นและควบคุมปริมาณกรดแลคติกโดยพบว่า ในการหมักโดยใช้จุลินทรีย์ในปี 2560 มีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 17.5 กรัมต่อลิตร แต่เมื่อใช้ AAF technique พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 5.88 กรัมต่อลิตรแม้ทั้งการหมักไว้ในเวลาเท่ากับชุดควบคุมและมีปริมาณเท่ากันในชุดทดสอบ Pilot plant process ซึ่งดีกว่าชุดควบคุมกว่า 2 เท่าตัว (ปี 2560 ชุดควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 20.63 กรัมต่อลิตรและ 2561 ชุดควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 10.75 กรัมต่อลิตร)

(3.) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH value) ส่งเสริมสภาวะแวดล้อมของการหมักย่อยเมือกกาแฟโดยหากค่า pH มีค่าต่ำกว่า 4.5 เชื้อแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยเมือกจะเริ่มทำงานโดยเวลาในการลดลงของค่าความเป็นกรดต่างให้ต่ำกว่า 4.5 นั้นโดยปกติใช้เวลานานมากและในบางการหมักพบว่าค่าความเป็นกรดต่างไม่ลดลงต่ำกว่า 4.5 ทำให้เกิดกระบวนการหมักกรดอะซิติกและการหมักคูซนทานทำให้เกิดสารและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญในการลดลงของค่าความเป็นกรดต่างคือคุณภาพน้ำที่ใช้ในการหมักพบว่าน้ำในแต่ละสถานียทดสอบมีค่าความเป็นกรดต่างแตกต่างกันและในปี 2561 พบว่าในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์น้ำมีค่าความเป็นกรดต่างสูงมากโดยเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่า BOD กว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมสำหรับดื่ม น้ำมีคุณภาพกระด้างส่งผลต่อการหมักกาแฟและเมื่อตรวจสอบค่า TDS (Total Dissolved Solid) พบค่าสูงกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่า PO₂ ในปริมาณต่ำ จึงไม่นำผลการทดสอบจากศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์พบค่าความเป็นกรดต่างของการหมักกาแฟโดยจุลินทรีย์ในปี 2560 พบว่ามีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ในช่วงเวลาที่ 12 และหากใช้ AAF technique จะได้ผลในช่วงเวลาที่ 10 ซึ่งดีกว่าชุดควบคุมถึง 4 เท่าตัว (ปี 2560 ชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดต่างลดลงในช่วงเวลาที่ 36 และปี 2561 ในช่วงเวลาที่ 44)

วิจารณ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหมักย่อยเมือก : ปัจจัยสำคัญของน้ำตั้งต้นที่ใช้ในการหมักของเชื้อจุลินทรีย์คือ ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness), ค่าความเป็นกรดต่าง(pH) และปริมาณเกลือแร่ของน้ำ (Alkalinity) โดยความกระด้างของน้ำและค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นสำคัญในการเจริญเติบโต โดยสามารถใช้ค่า TDS(Total dissolved solid) เป็นตัวประเมินโดยค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0 – 80 ppm โดยหากมีค่า TDS ระหว่าง 80 – 120 ถือว่าความกระด้างกลางถึงสูง และหากมีค่า TDS >120ppm น้ำจะถือว่ากระด้างมากกล่าวคือปริมาณเกลือและแร่ธาตุที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีมากเกินไปทำให้ขัดขวางการพัฒนาและการหมัก ส่วนค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 4.5 – 6.0 โดยหากค่า pH สูงกว่า 7.5 นั้นถือว่ามีความเป็นกรดสูงทำให้ขัดขวางการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

แนวทางการแก้ปัญหาความกระด้างและค่าความเป็นกรดต่างไม่เหมาะสมจะเติมเกลือแคลเซียมหรือแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อให้จุลินทรีย์มีธาตุอาหารมากพอที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมอย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวถือเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุที่ไม่สามารถจัดการกับคุณภาพน้ำต้นทางได้ดังนั้นหากจัดการคุณภาพน้ำได้ตั้งแต่แหล่งผลิตจกลดต้นทุนในการเพิ่มสารเคมีที่ใช้ในการหมัก

ผลการทดสอบคุณภาพเมล็ดกาแฟจากวิธี AAF technique เปรียบเทียบกับ ชุดควบคุม

พบว่าสารกาแฟที่ทำการทดลองมีค่าความชื้นหลังคั่วเฉลี่ย 9.00% และค่าสีหลังคั่วอยู่ที่ระดับ Agtron 53.33 เท่ากันทุกตัวอย่างทดสอบ โดยผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของกาแฟจากแหล่งเพาะปลูกทั้ง 4 สถานีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกล่าวคือกาแฟมีค่าความเป็นกรดโดยรวม (Total Acidity in tartaric acid) เฉลี่ย 0.02% (STD: 0) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 5.20 (STD: 0.10) ค่าความเค็ม (Salinity) อยู่ที่ 4.29 (STD:0.57)และมีปริมาณเถ้าอยู่เฉลี่ย 4.68 (STD: 0.20) นอกจากนี้ผลปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสพบว่า ค่าองศาบริกซ์ในกาแฟที่ใช้เทคนิค AAF technique จะอยู่ที่ 8.77 และส่งผลให้น้ำกาแฟมีค่า Total dissolved solid อยู่ที่ 251.91 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกาแฟที่ผ่านเทคนิคดังกล่าวมีการผลิตสารให้กลิ่น

รสเพิ่มขึ้นมาโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดกาแฟกลุ่มนี้พบว่าปริมาณน้ำมันสูงถึง 13.76% (STD : 1.78) แต่ต่างกับชุดควบคุมที่ไม่หมักที่ 8.00% หรือประมาณ 1.2 เท่า

การทดลองที่ 2 ศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยในห้องปฏิบัติการ

จากการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยเชื้อ พบการเจริญของยีสต์และแบคทีเรียแลคติกแต่ไม่พบการเจริญของรา แสดงให้เห็นว่ายีสต์และแบคทีเรียแลคติกมีความเกี่ยวข้องกับการหลุดของเมือกกาแฟ โดยในระหว่างการหมักสามารถแยกเชื้อยีสต์ได้จำนวน 53 ไอโซเลต และแบคทีเรียจำนวน 48 ไอโซเลต เมื่อนำจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ไปทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเพคตินในบนอาหารแข็ง CVP และทดสอบความสามารถในการย่อยเมือกกาแฟในขวดปิดสนิท พบยีสต์และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการหลุดของเมือกกาแฟภายในเวลา 18 ชั่วโมงจำนวน 16 และ 3 ไอโซเลต ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าการย่อยเมือกกาแฟโดยวิธีธรรมชาติ เมื่อทดสอบการหมักเมือกกาแฟในสภาวะแอนแอโรบิกหรือในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยเปรียบเทียบกับกรเติมกรด การเติมเชื้อยีสต์ BAwine และการเติมเชื้อแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และ *Leuconostoc oenos* พบว่าการเติมยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 มีผลต่อการหลุดของเมือกได้ดีกว่าการเติมกรดและการเติมแบคทีเรียแลคติกเมื่อหมักกาแฟเป็นเวลา 18 ชั่วโมง และสามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์เมื่อหมักกาแฟครบ 24 ชั่วโมง

จากการจัดจำแนกสายพันธุ์ยีสต์ PRO-Y15 โดยใช้อนุกรมวิธานระดับโมเลกุล โดยเปรียบเทียบลำดับ นิวคลีโอไทด์ในโดเมน D1/D2 ของ LSU rRNA gene ของยีสต์ PRO-Y15 กับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank พบว่าเหมือนกับ Type strain ของ *Pichia kluyveri* NRRL Y-11519^T (NG_055122) 99.8% จึงจัดจำแนกยีสต์ PRO-Y-15 เป็น *Pichia kluyveri*

2. ศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าด้วยแบคทีเรียที่คัดเลือกในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยในแปลงทดสอบ

จากการทดสอบการหมักในแปลงทดสอบ โดยวิธีธรรมชาติ (ไม่เติมจุลินทรีย์) พบว่าการหลุดของเมือกกาแฟซึ่งแสดงผลเป็นค่าความขุ่น (Turbidity) มีค่าเพิ่มขึ้นในน้ำหมักของทุกกรรมวิธี และเมื่อทำการหยุดการหมักที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของแปลงทดสอบมีผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตกาแฟ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักและเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติส่งผลต่อความเร็วในการหลุดของเมือกกาแฟ การปรับความเป็นกรดเริ่มต้นไม่มีผลต่อการหมักเนื่องจากหลังปรับค่าความเป็นกรด (pH 4) แล้วค่าความเป็นกรดมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจนเท่ากับชุดทดสอบอื่นๆ แล้วจึงทดลองอีกครั้งเมื่อจุลินทรีย์ธรรมชาติในการหมักกาแฟเจริญเติบโต ทั้งนี้การปรับความเป็นกรดอาจยับยั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติทำให้การหมักเกิดขึ้นช้าลง เมื่อเติมแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* ส่งผลให้ปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้นรวดเร็วกว่าชุดการทดสอบอื่นๆ และทำให้ค่าความขุ่นสูงขึ้นเร็วกว่าการหมักแบบธรรมชาติแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียแลคติกส่งเสริมการหลุดของเมือกกาแฟซึ่งสอดคล้องกับผลการแยกเชื้อที่พบการเจริญของแบคทีเรียแล

คติกในเพาะเลี้ยงเชื้อที่แยกจากตัวอย่างการหมักกาแฟ การเติมแบคทีเรีย *Leuconostoc oenos* และการเติมกรดให้ผลการเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติกที่แตกต่างกันระหว่างการหมักกาแฟที่เก็บจากจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดตาก แสดงให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกเช่น จุลินทรีย์ในธรรมชาติของแหล่งปลูกกาแฟมีผลต่อปัจจัยที่นำมาทดสอบ และมีแนวโน้มว่าระบบการหมักที่เหมาะสมสำหรับการหมักเมือกกาแฟอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ การเติมยีสต์ BAwine และการเติมยีสต์ PRO-Y15 ทำให้เกิดการหลุดของเมือกได้ดีในสภาวะไร้อากาศ และทำให้เกิดการหลุดของเมือกได้เร็วกว่าเมื่อเติมแบคทีเรียแลคติก (Figure 3)

3. ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อย

3.1 ผลของปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟ

จากการทดสอบการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อย โดยแปรผันปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตให้มีความเข้มข้น 1%, 1.5% และ 2% พบว่าที่อุณหภูมิ 20°C การหลุดของเมือกกาแฟของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ช้า ใช้เวลามากกว่า 120 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศบนยอดดอยที่มีอุณหภูมิต่ำและต้องใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟนาน การเติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการเร่งการหลุดของเมือกกาแฟในชุดควบคุม แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในระบบหมัก ช่วยเร่งการหมักกาแฟที่อุณหภูมิ 20 °C ได้ โดยยีสต์ BAwine ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 72 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 54 ชั่วโมง การเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ช่วยเร่งการหมักเมือกได้ดีที่สุด โดยยีสต์ PRO-Y15 ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 36 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 30 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีประสิทธิภาพในการใช้เตรียมเป็นหัวเชื้อในการหมักกาแฟที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 30 °C การหลุดของเมือกกาแฟของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นภายในเวลา 48 ชั่วโมง การเติมแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการเร่งการหลุดของเมือกกาแฟในชุดควบคุม เมื่อเติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในระบบหมัก ช่วยเร่งการหมักกาแฟที่อุณหภูมิ 30 °C ได้ โดยยีสต์ BAwine ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 36 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 30 ชั่วโมง การเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ช่วยเร่งการหมักเมือกได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและชุดที่เติมยีสต์ BAwine โดยยีสต์ PRO-Y15 ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 18 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วในการหมักเมือกกาแฟ

เมื่อทดสอบผลของแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในอาหารสังเคราะห์เพคติน พบว่าการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตส่งผลในการเพิ่มการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 เล็กน้อยหลังจากบ่มในสภาวะนิ่ง 24 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ในสภาวะที่มีการกวน 100 รอบต่อนาที การเติมแอมโมเนียมซัลเฟตให้ผลการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 น้อยกว่า ในอาหารที่ไม่มีการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตและการเพิ่มปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำโดยการกวนในระบบหมัก 100 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ที่บ่มในระบบปิด (อากาศน้อย) ในสภาวะนิ่ง (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 0-2.5

mg/L) เปรียบเทียบกับสถานะที่มีการกวน 100 รอบต่อนาที (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5 mg/L) พบว่าการกวนเพื่อเพิ่มปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำส่งเสริมการเจริญของยีสต์ BAwine เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การกวนเพิ่มการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 สูงกว่าการเจริญของยีสต์ BAwine 10 เท่า

3.2 ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมื่อกกาแพ

จากการทดสอบการเร่งการหมักเมื่อกกาแพอาราบีก้าในสถานะที่มีออกซิเจนน้อยโดยแปรผันความเป็นกรด-ด่าง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C เบื้องต้นพบว่าการปรับค่าความเป็นกรดด่างในช่วง pH 5-8 ไม่มีผลต่อการเร่งการหลุดของเมื่อกกาแพในทุกกรณี อาจเนื่องมาจากยีสต์และแบคทีเรียแลคติกตามธรรมชาติรวมถึงหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 สามารถเจริญได้ดีใกล้เคียงกันในช่วง pH 5-8 จึงอาจสรุปเบื้องต้นได้ว่าน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างช่วง pH 5-8 สามารถใช้ในการหมักเมื่อกกาแพได้

จากผลการทดสอบการหมักเมื่อกกาแพในข้อ 3.1 และ 3.2 พบว่า ปริมาณของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตและค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการหมักกกาแพด้วยจุลินทรีย์ในระบบปิดที่มีออกซิเจนน้อยได้ดังนี้ 1.) การเติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตมีผลต่อการส่งเสริมเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในสถานะนิ่ง เพียงเล็กน้อย จึงไม่จำเป็นต้องเติมลงในระบบการหมักกกาแพ เนื่องจากการเพิ่มต้นทุนในการหมักกกาแพ ความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญอยู่ในช่วง 5-8 จึงไม่จำเป็นต้องปรับค่าความเป็นด่างของระบบหมัก 2.) เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาการหมักกกาแพในแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในน้ำและการกระจายตัวของจุลินทรีย์ โดยการกวน 100 รอบต่อนาทีส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 สูงขึ้น 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิ่ง ในสถานะนิ่ง ไม่พบผลต่อการเพิ่มการเจริญของ BAwine แสดงให้เห็นว่ายีสต์ PRO-Y15 ซึ่งเป็นยีสต์ที่มีความสามารถในการย่อยเมื่อกกาแพนั้นมียังมีความต้องการออกซิเจนในการเจริญ ดังนั้นการกวนระบบหมักจะช่วยส่งเสริมการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 ได้ดียิ่งขึ้นและสามารถเกิดการย่อยเมื่อกได้เร็วขึ้นโดยไม่ต้องเติมออกซิเจนจากภายนอก

3.3 ทดลองหมักกกาแพอาราบีก้าในถังหมัก

เมื่อทำการทดสอบการหมักในแปลงทดสอบโดยใช้กรรมวิธีเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบที่ไม่ต้องควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง (pH 5-8) และไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และที่ไม่เติมหัวเชื้อยีสต์ ผลการทดสอบพบว่าในระหว่างการหมักมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 14-27 °C ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 แต่อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบหมักที่ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้เกิดการหลุดของเมื่อกกาแพอย่างสมบูรณ์ได้เร็วที่สุดในทุกแปลงทดสอบ โดยการหลุดของเมื่อกกาแพเกิดขึ้นภายใน 20-24 ชั่วโมงหลังเริ่มการหมักกกาแพ (Table 1-2) การทดสอบในแปลงทดสอบพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์เกิดการหลุดของเมื่อกกาแพเร็วกว่าอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิแวดล้อม (20-27 °C) สูงกว่าแปลงทดสอบในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย (14-23 °C)

จากเก็บข้อมูลค่าความขุ่นของการหมักกกาแพให้ผลเป็นไปในรูปแบบเดียวกันทั้ง 4 แปลงทดสอบ โดยค่าความขุ่นของกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงการเจริญของยีสต์และ

การหลุดของเมือกกาแฟ ซึ่งทำให้เกิดความชุ่มชื้นในน้ำหมัก ผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับการทดสอบโดยการสัมผัสเมือกกาแฟ โดยพบว่าเมื่อเวลาของการหมักผ่านไป 12 ชั่วโมง เมือกกาแฟเกิดการอ่อนตัว ไม่เกาะแน่นที่เมือกกาแฟ เมื่อกระบวนการหมักหรือใช้มือถูเมือกเพียงเล็กน้อยเริ่มเกิดการหลุดร่อนของเมือกกาแฟ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการเติมเชื้อยีสต์เมือกกาแฟยังคงเกาะเมือกแน่น แม้ว่าจะล้างทำความสะอาดเมือกกาแฟด้วยน้ำ หลังจากหยุดการหมักไม่สามารถทำให้เมือกหลุดออกจากเมือกกาแฟได้ ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการตากกาแฟเพื่อลดความชื้นใช้เวลามากขึ้นและเกิดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ง่าย ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟ

การตรวจสอบคุณภาพของกาแฟที่ได้จากการหมักโดยการไม่เติมหัวเชื้อ, เติมหหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ เติมหหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ร่วมกับการเติมและไม่เติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟที่ทำการหมักในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทดสอบการชิม (Cupping) พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เติมหหัวเชื้อ, เติมหหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ เติมหหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีคะแนนจากการชิม (Cupping score) คือ 68.75 ± 1.7 , 78.75 ± 4.4 และ 78.00 ± 5.1 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี One-Way ANOVA โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Tukey พบว่ากรรมวิธีที่เติมหหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 มีคะแนนจากการชิม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ทั้งสองกรรมวิธีมีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่เติมหหัวเชื้อ (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งในสถานะที่เติมและไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต แสดงให้เห็นว่าหหัวเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนอกจากจะมีผลในการช่วยเร่งการหลุดของเมือกกาแฟแล้วยังส่งผลต่อการเพิ่มคะแนนการชิม (Cupping score) อีกด้วย โดยกลไกการพัฒนากลิ่นช็อกโกแลตของ *Pichia kluyveri* นั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัด แต่สอดคล้องกับรายงานของ Craffack และคณะ (2013) ซึ่งรายงานว่า *Pichia kluyveri* นั้นช่วยเพิ่มกลิ่นรสในโกโก้ได้ และให้เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้กับโกโก้ได้สูงกว่าการหมักตามธรรมชาติ

การทดลองที่ 3 การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ

1. ผลการดัดแปลงเครื่องช่วยหมักกาแฟโดยใช้หลักการของ Single-stage pilot plan

การพัฒนาต้นแบบถึงหมักกาแฟโดยใช้หลักการของ Single-stage pilot plan ประกอบด้วย (1.) การพัฒนาตัวถัง (2.) ระบบจ่ายอากาศ (3.) ระบบเติมสาร (4.) ระบบเก็บผลผลิต พบว่าการใช้ระบบการหมักแบบ AAF technique ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาที ด้วยการจ่ายอากาศแบบเทอร์บิน (turbine) สามารถกระจายอากาศได้ทั่วถึงดีที่สุดซึ่งระบบเทอร์บินจะควบคุมการลดลงของแก๊สออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สม่ำเสมอเมื่อใช้ปั๊มจ่ายอากาศขนาด 6 ลิตรต่อนาที โดยพบการไหลออกของอากาศ (fluxed air) ในอัตราที่คงที่ที่ 100 ลิตรต่อวันตาม

ทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบถึงหมักขนาด 50 ลิตรใน โดยใช้วัสดุสแตนเลสเกรด 304 หรือ 18/8 ซึ่งเป็นสแตนเลสที่มีสารโครเมียมอยู่ 18% นิกเกิล 8% โดยมีความสามารถทนต่อการเกิดสนิม (Oxidation) และทนการกัดกร่อนต่างๆได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีสารนิกเกิลจึงทำให้แม่เหล็กดูดไม่ติด มีปริมาณคาร์บอนต่ำจึงมีความเหนียวสูงและตรงตามมาตรฐาน มอก. สำหรับถังบรรจุน้ำสำหรับบริโภคมีท่อระบาย 2 จุดได้แก่ (1.) ท่อระบายเมือกมี

ตะแกรงกันเมล็ดกาแฟหูดด้านล่าง (2.) ท่อปล่อยเมล็ดกาแฟสำหรับระบายเมล็ดกาแฟที่หมักเสร็จด้านหน้ามีฝาปิดถอดได้และมีปั๊มจ่ายอากาศคงที่ขนาด 6 ลิตรต่อนาที

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังหมักพบว่าจากการประยุกต์ใช้ AAF technique โดยใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* strain BAWine ทดสอบการเจริญเติบโตในถังหมักโดยมีการปรับกรด (Acidification) โดยกรดทาทาริกที่ 20 ppm โดย pH เริ่มต้นอยู่ที่ 4.5 และให้อากาศต่อเนื่องที่ 6 ลิตรต่อนาที เชื้อยีสต์จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกของการหมักเป็นต้นไป โดยมีจำนวนเซลล์ $6.95 \log \text{CFU/ml}$ และการเจริญของเชื้อยีสต์จะมีปริมาณลดลงในชั่วโมงที่ 72

2. ผลการทดสอบการหมักจากต้นแบบเครื่องช่วยหมักล้อตามการหมัก

2.1 ผลการทดสอบการหมักแบบ Chloramphenical ที่สามารถกำหนดปริมาณกรดต่างที่เหมาะสม

จาก ผลการทดลอง พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ที่ได้ทดสอบปรับกรดทาทาริกที่ pH 4.0 ตอบสนองการหลุดลอกของเมือกได้ดีที่สุดโดยพบว่าเมือกหลุดหมดในเวลาไม่เกิน 18 ชั่วโมง (99.89% จาก NTU 1,500) โดยในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ที่ปรับ pH ที่ 3.0 และ 3.5 ตามลำดับพบการหลุดลอกของเมือกเช่นเดียวกันแต่ในปริมาณที่ต่ำกว่าที่อัตรา 80% และ 66.67% ซึ่งในกรรมวิธีที่ 5 พบการหลุดลอกของเมือกที่ชั่วโมงที่ 18 น้อยมากเพียง 26.67% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ถังหมักสามารถนำกระบวนการ AAF techniques ในการปรับกรดที่ pH 4.0 ประยุกต์ใช้ได้โดยเมื่อติดตามปริมาณความเป็นกรดต่างพบว่ากรรมวิธีที่ 4 มีความเสถียรสูงซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมที่มีการลดลงของเมือกที่ต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดต่างมากโดยเฉพาะหลังจากชั่วโมงที่ 18 จึงได้นำถังหมักไปทดสอบในพื้นที่ทดลองจำนวน 3 สถานีทดลองเมื่อยืนยันผลการทดลอง พบว่าการหมักโดยใช้ถัง CFerm จะมีลักษณะเด่น 3 ประการได้แก่ ลดการผลิตกรดอินทรีย์และสารก่อรสขมไม่พึงประสงค์ (Acetic Acid กว่า 57%, Furfural กว่า 25% และ Pyrazine กว่า 44%) ผลิตรสกลิ่นรสที่น่าสนใจได้เพิ่มขึ้นได้แก่ Ethanone (กลิ่นผลไม้), α -butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β -damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) ทั้งนี้การใช้กระบวนการหมักดังกล่าวส่งผลถึงปริมาณคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญโดยพบการลดลงของปริมาณคาเฟอีนกว่า 38% อีกด้วย

2.2 ผลการทดสอบการหมักแบบ Penicillin เพื่อศึกษาเวลาและปริมาณน้ำที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหมักทั้งระดับน้ำและการหลุดลอกของเวลาการหมักนั้นส่งผลชัดเจนต่อการใช้ต้นแบบถังหมัก (Water fill 50 – 100%) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหมักตามวิธีดั้งเดิม (เติมน้ำท่วมระดับบ่อหมัก : Submerged with microbial inoculation) จะมีการหลุดลอกของเมือกที่แตกต่างกันและการเจริญเติบโตของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากปริมาณน้ำไม่เพียงพอหรือน้อยกว่า 50% แม้จะเกิดการหลุดลอกของเมือกแต่การเจริญเติบโตของเชื้อจะช้ากว่าการใช้เวลาที่ 75% ขึ้นไปและชะลอเมื่อใช้น้ำปริมาณมาก (submerge) ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำในการหมักแล้วการเจริญเติบโตจะช้าลงอีกด้วย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ถังหมักที่สำคัญคือปริมาณน้ำที่เหมาะสมระดับไม่น้อยกว่า 75 – 100% ของปริมาณกาแฟและระยะเวลาในการหมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง (18 ชั่วโมงตามเวลาแนะนำของ AAF techniques, โกเมส (2560) นอกจากนี้พบผลการทดสอบว่าการใช้ถังหมักนี้สามารถพัฒนาการหมักกาแฟแบบยังยืนยันการผลิตกลิ่นรสเฉพาะของกาแฟได้แก่การ

เพิ่มขึ้นของ Ethanone (กลิ่นผลไม้), *o*-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β -damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) ซึ่งเวลาการหมักและปริมาณน้ำนี่ยังลดทรัพยากรในการหมัก ต้นทุนและสามารถนำไปทดลองกระบวนการที่เหมาะสมของกาแฟในพื้นที่ต่างๆที่จะนำถังหมักไปทดสอบได้ โดยสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อการหมักให้ได้คุณภาพดีและส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย โดยผลการเปรียบเทียบผลการใช้ถังหมักและวิธีหมักแบบบ่อหมักเดิม พบการผลิตกลิ่นที่แตกต่างชัดเจน

2.3 ผลการปรับปรุงต้นแบบเครื่องช่วยหมักที่แก้ไขระบบจ่ายอากาศและการเก็บผลผลิต

การปรับปรุงต้นแบบเครื่องช่วยหมักกาแฟจากผลการทดสอบการหมักกาแฟจากรุ่น CFerm1พบว่าระบบที่มีปัญหาต่อการหมักคือ “ระบบจ่ายอากาศ” ซึ่งระบบเดิมจะใช้ท่อจ่ายอาหารและหัวจ่ายแบบพ่นฝอยเทอปีนที่ระดับต่ำทำให้ระดับการเติมอากาศที่คาดหวังต่ำกว่า 6 ลิตรต่อนาทีโดยเฉพาะเมื่อเมือกกาแฟเริ่มหลุดเกิดการทับถมของเมือกบริเวณจุดจ่ายอากาศ ซึ่งถังหมักรุ่นที่พัฒนาใหม่จะมีการพัฒนาระบบจ่ายอากาศแบบเทอปีนฝังส่วนฝา โดยมีรูเจาะความยาว 80% ของตัวถังเพื่อให้ระบบจ่ายอากาศสามารถมีการจ่ายอากาศที่สม่ำเสมอลดอัตราการทับถมของเมือกกาแฟระหว่างการหลุดทำให้ได้อัตราการเติมอากาศที่สม่ำเสมอที่ 6 ลิตรต่อนาทีและปริมาณการไหลของอากาศ (flux air) ตลอดกระบวนการหมักตามที่ต้องการที่ 600 ลิตร

นอกจากนี้มีการพัฒนาระบบแยกเมือกออกจากกาแฟที่หมักและโดยใช้ตะแกรงฝังแยกเพื่อสามารถเก็บเมือกได้ทันทีที่หมักเสร็จ และปรับปรุงขาตั้งให้สามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อให้สามารถย้ายทำความสะอาดได้สะดวก ต่อบริเวณที่หมักเสร็จเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเติมกรดตลอดเวลา ดังกล่าวได้พัฒนาไปในรูปแบบที่ชื่อว่า CFerm2 ซึ่งมีการนำไปทดสอบการหมักในสภาวะจริง พบว่าการทดลองใช้ถังหมักรุ่นเติมอากาศรุ่น CFerm2 มีประสิทธิภาพการหมักที่ดีกว่าการหมักโดยระบบปกติในทั้ง 4 สถานที่ทดสอบโดยพบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยกระบวนการ AAF techniques ประสิทธิภาพการย่อยเมือกจะดีกว่าวิธีควบคุมหรือการหมักโดยวิธีปกติอีกทั้งสามารถควบคุมค่าความเป็นกรดต่าง (pH) รวมทั้งการเติมอากาศที่ดีกว่ารุ่น CFerm1 นอกจากนี้ยังง่ายต่อการเก็บเมือกเพื่อนำไปใช้ทดสอบต่อหรือเพื่อนำมาใช้ในการหมักซ้ำและการเก็บเมล็ดกาแฟที่หมักเสร็จอีกด้วย

ความแตกต่างของถังหมักที่ออกแบบเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักและง่ายต่อการเก็บเมือกกาแฟและเก็บสารกาแฟที่หมักเสร็จแล้วโดยการเพิ่มท่อสำหรับป้อนอาหารทางด้านบนป้องกันการรั่วซึมของแก๊สและยกตะแกรงสูงเพื่อสะดวกต่อการเก็บเมือกและแยกสารกาแฟจากเมือกกาแฟได้ เพิ่มโครงเหล็กสี่เส้นเป็นฐานที่สามารถยกออกได้รอบถัง พบว่าชุดปรับปรุงที่ 2 มีประสิทธิภาพการหมักที่ดีขึ้นกว่าชุดที่ 1 และดีกว่าบ่อหมักกาแฟโดยสามารถควบคุม pH และ Turbidity ได้ดีในทุกพื้นที่ทดสอบและลดเวลาการหมักอย่างชัดเจน ส่วนสำหรับต้นทุนการผลิต พร้อมการนำไปใช้ประโยชน์พบว่าการใช้ถังหมักเพิ่มต้นทุนที่ 5 บาทจากวิธีแบบเดิมซึ่งยังถูกกว่าการใช้เครื่องคัดเมือก เอนไซม์และวิธีทางเคมี นอกจากนี้วิธีเดิมจะใช้น้ำและมีสิ่งเหลือใช้เยอะมาก ทำให้ต้นแบบถังหมักถือเป็นทางเลือกที่ดีในการแปรรูปกาแฟชนิดใหม่ที่มีคุณภาพ

3. ผลการทดสอบการหมักในพื้นที่ทดสอบจริง

ผลการทดสอบต้นแบบถังหมัก(ปรับปรุง 2) โดยถังหมักขนาด 100 ลิตรได้ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ทดลองทั้งสิ้น 4 ศูนย์วิจัยในการทดสอบการหมักกาแฟอะราบิก้า พบผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการทดสอบหมักโดยถังหมักและการหมักแบบดั้งเดิมพบผลวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นโดยเครื่อง GC-SPME-FID-O-MS

โดยพบความแตกต่างในกลุ่มสาร Furfural, Pyrazine และ 2-formylthiophene, Ethanone ที่มีปริมาณมากซึ่งเป็นสารให้กลิ่นผลไม้ เมื่อใช้ถังหมักต้นแบบและพบสาร 5-methyl-2-furancarboxaldehyde และ 2-methylbutanal ที่ให้กลิ่นน้ำตาลไหม้ในชุดควบคุมมากกว่าแสดงให้เห็นว่าถังหมักสามารถควบคุมการผลิตกลิ่นสารสำคัญได้ดีจากการหมักนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ถังหมักนี้มีการลดลงของเวลาการหมักและความคงตัวของปริมาณกรดต่างตามผลทดลองในพื้นที่ทดสอบทั้ง 4 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ถังหมักในการหมักกาแฟที่ควบคุมได้

การทดลองที่ 4 การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

1. ผลการประเมินคุณภาพผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟ ผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟจนถึงกระบวนการตากกาแฟแบ่งออกเป็น 3 ผลผลิตได้แก่

1.1 เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (Cherry)

ผลการศึกษาคุณภาพของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณ 60% ของผลผลิตกาแฟพบว่าปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนมากถึง 31.30% ตามด้วยปริมาณ Crude fiber 21.40% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 12.40% โปรตีน 10.10% แทนนิน 7.80% และสารประกอบอื่นๆ 17% ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปรุงรสเนื่องจากสารกลุ่มไนโตรเจนที่มีอยู่มากตอบสนองดีต่อการหมัก และสารแทนนินและ Reducing Sugar สามารถนำไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในแปลงทดสอบได้

1.2 เมือกกาแฟ (Mucilage)

- ผลการศึกษาเมือกกาแฟที่ได้จากการหมักโดยมีปริมาณเพียง 10% ของเมล็ดกาแฟพบว่า มีปริมาณน้ำที่สูงพบว่ามีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 84.20% และโปรตีน 8.00% และสารประกอบอื่น 7.8% โดยพบว่าสามารถนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนและน้ำตาลที่เหลือในเมือกกาแฟสามารถพัฒนาเป็นสารเคลือบผลไม้ได้เพราะมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสามารถนำกากไปพัฒนาเป็นสารสกัดมูลค่าสูงได้เพราะมีโปรตีน

1.3 น้ำเสียจากการหมักกาแฟ (Waste water)

ผลการวิเคราะห์ พบปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปกาแฟจากการสีเปลือก หักและล้างเมล็ดกาแฟมีปริมาณมากโดยปริมาณกาแฟ 49 กรัมจะใช้น้ำในการแปรรูปที่ 1 ลิตร ซึ่งหากผลผลิตกาแฟ 1 ตันจะใช้น้ำในการแปรรูปสูงถึง 20,408 ลิตร โดยเมื่อนำน้ำที่ใช้ในการหมักกาแฟมาตรวจคุณภาพพบว่าค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 4.27 – 4.40 ค่า COD อยู่ที่ 9,270 – 14,800 ค่า BOD อยู่ที่ 472 – 551 โดยพบว่าในน้ำเสียจากการหมักกาแฟนั้นเมื่อเทียบกับมาตรฐานของ ISI standards พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีและน้ำดังกล่าวจะเน่าเสียได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังพบสารประกอบสำคัญมากมายได้แก่ Unrefined pectin ที่มีปริมาณ dietary fiber สูงหรือสารสำคัญจาก antioxidant กลุ่ม flavonoids ที่เกิดจากกระบวนการ deesterified ของเมือกกาแฟดังนั้นการเก็บน้ำหมักผสมกับเมือกจึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ได้

2. การนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์

2.1 ผลทดสอบการหมักแบบ Solid state fermentation ของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

ผลการทดสอบการศึกษาการหมักแบบ Solid state fermentation (SSF) ของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยใช้ความร้อนโดยการทดสอบผลของ Mycelium activity และ Sporulation ของเชื้อราต้นแบบ *Aspergillus niger* strain PRO17 ที่ไม่ผลิตสารพิษภายใต้ปัจจัยที่ส่งผลสูงสุดของเชื้อรา (static condition) พบการเจริญเติบโตของเชื้อที่ 32% ที่ ชั่วโมงที่ 12 และสูงสุดที่ 75% หลังจากชั่วโมงที่ 33 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า bonded particle จะมีค่าไม่เกิน 33% โดยปริมาณต่ำสุดที่เติมอยู่ที่ 2% ต่อวันโดยปริมาณ bonded particle จะไม่เกิน 30% ตลอดกระบวนการหมัก SSF โดยในปริมาณที่มากขึ้นกลับทำให้ค่า bonded particle ลดลงตามลำดับซึ่งมีผลชัดเจนต่อการหมักแบบ SSF นั้นเองโดยผลการทดสอบปริมาณ bonded particle เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 48 ชั่วโมงอยู่ที่ 28.7 ± 1.2 % ขณะที่ปริมาณสูงสุดของการเติมเชื้อทดสอบที่ 8.0 ต่อวันมีค่าเพียง 8.9 ± 0.2 % โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งผลการทดสอบนี้ส่งผลให้ทราบถึงปริมาณเชื้อ *A. niger* strain PRO17 ที่นำไปใช้ทดสอบในการหมักแบบ SSF กับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้พบว่าค่า PME activity มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ 47 mU ต่อกรัมของวัตถุดิบโดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่า 70.7 mU

2.2 ผลของการทดสอบการหมักปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักแบบแห้งพบว่า Table 5 แสดงปริมาณของกรดอินทรีย์ปริมาณมากที่เกิดจากการทดสอบหมักโดยเชื้อกลุ่ม *Streptococcus spp.* ปริมาณมากกว่า 5.26 mg/l โดยมีปริมาณกรด chlorogenic acid และ caffeic acid ด้วยซึ่งแสดงให้เห็นว่าเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กรดสูงส่วนการทดสอบโดย *Aspergillus niger* พบว่ามีการสกัดแทนนินสูงและปริมาณกรดอินทรีย์สูง 2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (Biofungicide) ในรูปแบบสารสกัดเอทานอลจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ พบผลการทดสอบคุณสมบัติการเกิด Clear-zone ในการยับยั้งเชื้อราจากสารสกัดหมักในรูปแบบ Solid state fermentation และผลการยับยั้งเชื้อราในห้องปฏิบัติการตาม Figure 3 โดยการใช้สารสกัดจากเปลือกกาแฟเพียง 40%

จากการพ่นสารสกัด CPE (Cherry Pod Extract) ที่ 40% ในต้นกาแฟระยะใบผีเสื้อคุดในระบบโรงเรือนและทำการ inoculation เชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์โดยการพ่นพบการแสดงออกของโรคแอนแทรคโนสในชุดควบคุมที่ 83.33% จากกลุ่มตัวอย่าง 30 ต้น (30:30) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (p -value < 0.01) โดยพบว่าสารสกัด CPE สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสในต้นกาแฟระยะปักผีเสื้อได้โดยมีความจำเป็นต้องนำไปทดสอบในแปลงทดสอบเพื่อการยืนยันผลการนำชีวภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ โดยสารสกัด CPE นี้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำด้วยใช้วัตถุดิบในแปลงเกษตรกรที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปกาแฟทำให้มีค่าใช้จ่ายเพียงการผลิตเชื้อ *Aspergillus niger* ที่มีต้นทุนการผลิตหัวเชื้อที่หลอดละ 5 บาทเพื่อการใช้หมักผลเชอร์รี่ 500 กิโลกรัม เพื่อให้ได้สารสกัด 50 ลิตร

2.4 ศึกษาการผลิตกรดซิตริกจากเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus spp.* ผลทดสอบการทำแห้งเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ Cherry โดยใช้กระบวนการตากแห้ง (sun-dryer method) เป็นเวลา 14 วันจนความชื้นต่ำกว่า 8% และตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรุงรส (aromat) จากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในการทดสอบผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆโดยสามารถแบ่งชนิดของผง GCP ได้เป็น 3

ชนิดตามการนำไปใช้โดยผงละเอียดที่สุดคือ GCP400 ที่สามารถนำไปทำซอสปรุงรสได้ที่มีความหวาน 35 องศาบริกซ์เนื่องจากมีปริมาณ Sucrose สูงโดยเมื่อผสมกับ Glucose Syrup เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสามารถพัฒนาซอสปรุงรสได้ , GCP600 ที่สามารถนำไปเป็นผงโรยปรุงรสอาหารได้โดยเน้นอาหารคาว โดยการปรุงแต่งรสกับสมุนไพรและธัญพืช และขนาดใหญ่สุดที่ GGCP ที่นำไปผสมกับแป้งเค้กใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยสามารถนำไปทดแทนแป้งสาลีได้เมื่อทดสอบการเก็บรักษาที่ 30 วันในถุง HDPE เปรียบเทียบกับถุง PE พบว่าถุง HDPE สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผง GCP ได้ในเวลา 30 วันโดยสามารถควบคุมสี ความชื้นและกลิ่นของสาร Ethanone (กลิ่นผลไม้) ในการทดสอบผง GCP ทั้ง 3 ชนิด

3. การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมือกกาแฟเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการทดสอบการสกัดเพกตินจากเปลือกและเมือกกาแฟพบว่าสารสกัดเมือกกาแฟมีสารสกัดชนิด Low Methoxyl Pectin (LM) ซึ่งจะไม่ถือเป็นสารก่อเจลเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความหวานและความเป็นกรดสูงและประกอบด้วยกรดยูโรนิกสูง เมื่อผสมระหว่าง LM (2%) ผสมกับกลีเซอรอล น้ำมันดอกทานตะวันและแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าสามารถใช้ทดสอบเคลือบส้มได้และเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

การทดลองที่ 5 ศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์

กาแฟขี้ชะมดที่ผลิตในฟาร์มเพาะเลี้ยงชะมดมีวิธีการผลิตโดยเกษตรกรเก็บและคัดเลือกผลเชอร์รี่กาแฟอาราบิก้าที่สุกเต็มที่จากต้นกาแฟเพื่อใช้เป็นอาหารของชะมด หลังจากที่มีชะมดบริโภคเชอร์รี่กาแฟแล้วจะขับถ่ายเมล็ดกาแฟออกจากร่างกายในเช้าวันถัดไป เมล็ดกาแฟจะถูกย่อยอยู่ในระบบย่อยอาหารของชะมดเป็นเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง กาแฟขี้ชะมดสดที่ออกจากตัวชะมดมีลักษณะจับตัวเป็นก้อน เกษตรกรจะนำกาแฟขี้ชะมดที่ได้ไปตากแดดจนแห้ง และนำมาลอกกะลาจากกาแฟออกก่อนคั่วกาแฟเพื่อขาย หากเป็นนอกฤดูของการเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟ เกษตรกรจะใช้ผลไม้ เช่น กล้วย เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงชะมด ลักษณะของขี้ชะมดที่ได้จะเป็นก้อนเหมือนอุจจาระทั่วไป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างกาแฟขี้ชะมดสดและขี้ชะมดจากฟาร์มของเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟขี้ชะมดในพื้นที่ อ. วาวี จ. เชียงราย ซึ่งผลการคัดแยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างขี้ชะมดโดยการนำตัวอย่างกาแฟขี้ชะมด 10 กรัม บรรจุลงในขวดหมักที่บรรจุน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 30 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar, MRS agar และ YM agar สามารถแยกได้จำนวน 25 ไอโซเลต ประกอบด้วย แบคทีเรีย 19 ไอโซเลต และยีสต์ 12 ไอโซเลต จัดจำแนกเป็น *Lactobacillus plantarum* , *Shigella flexneri*, *Kurthia gibsonii*, *Escherichia coli* และ *Serratia* sp. และ *Pichia kudriavzevii* จากผลการจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้พบว่าในตัวอย่างขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่สามารถพบได้ทั่วไปในอุจจาระของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ *Shigella flexneri*, *Kurthia gibsonii*, *Escherichia coli* ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นจุลินทรีย์ในการผลิตอาหาร แม้ว่ากาแฟที่จะนำมาบริโภคต้องผ่านกระบวนการทำแห้งและการคั่วด้วยความร้อนสูงที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กาแฟขี้ชะมดไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มของผู้บริโภคที่มีความกังวลในเรื่องของสุขอนามัยในการผลิตอาหาร

แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนในกาแฟ เพื่อสร้างสารตั้งต้นของกลิ่นรสในกาแฟได้ (Hadipernata and Nugraha, 2017)

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ผสมที่คัดเลือกได้ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบการกินกาแฟของชมด เมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่าลดลง จาก 5.2-5.4 เป็น 4.3 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดในระหว่างการหมักทั้งสองกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่า Brix สูงกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม และค่าความขุ่นของชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีและมีการหลุดของเมือกหุ้มกาแฟได้ดี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากชมดมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีรสชาติของผลไม้ มีความเปรี้ยว และมีความนุ่มและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping ที่ 80 ± 2 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (73 ± 2) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเปียก (wet process) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟซึ่งชมดยังมีความแตกต่างของรสชาติ

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้กรดและเอนไซม์ โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก 0.01%, เติมเอนไซม์เปปซิน 1.4% และเติมเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) 1.4% ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ โดยเมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่เติมกรดและเอนไซม์แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในระหว่างการหมักในทุกกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเมื่อหมักครบ 20 ชั่วโมง กรรมวิธีที่เติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อน มีค่า Brix สูงกว่าค่าเริ่มต้นประมาณ 0.5 เช่นเดียวกับชุดควบคุม แต่การเติมกรดไฮโดรคลอริกมีค่า Brix เพิ่มขึ้น 0.8 แสดงให้เห็นว่าการเติมกรดไฮโดรคลอริกซึ่งปรับค่า pH ของระบบหมักลงอยู่ที่ 3.98 ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ธรรมชาติในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งมีค่า pH ประมาณ 5.0-5.4 ซึ่งกรรมวิธีที่เติมกรดไฮโดรคลอริกยังต้องมีการปรับปรุงการทดสอบโดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เพื่อให้ค่า pH ของการหมักต่ำลงที่ประมาณ pH 1-2 เพื่อที่จะได้ใกล้เคียงกับค่า pH ในกระเพาะอาหารสัตว์ต่อไป เมื่อทดสอบค่าความขุ่น (Turbidity) ของกรรมวิธีที่เติมกรดไฮโดรคลอริก, เติมเอนไซม์เปปซิน, และเติมเอนไซม์จากตับอ่อน พบว่ามีค่าความขุ่นสูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการหลุดของเมือกหุ้มกาแฟได้ดีกว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีกลิ่นโทนหวาน เช่น วนิลาและคาราเมล มีคะแนน Cupping ที่ 75-76 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (73 ± 2) เล็กน้อย แสดงให้เห็น

ว่าการเติมเอนไซม์ได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิมแต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟซึ่งหมักธรรมชาติที่ได้อย่างมีความแตกต่าง

การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นกาแฟคั่วโดยการสกัดสารและใช้วัสดุดูดซับที่สัมพันธ์สารโดยตรง (Solid phase microextraction, SPME) วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography – Olfactory spectrometry (GC-O) พบชนิดของสารเคมีและปริมาณของสารเคมีที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีการหมัก โดยมีสารสำคัญในการเกิดกลิ่นรสของกาแฟ 17 ชนิด ในทุกกรรมวิธีการหมัก รูปแบบของกลิ่นรสที่ระเหยได้ในทุกกรรมวิธีมีรูปแบบของโครมาโตแกรมที่ใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของสารเคมีแตกต่างกัน การหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟซึ่งหมัก ได้แก่ Furfuryl formate , 2,6-dimethyl-Pyrazine, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของ ผลไม้, ถั่ว, เครื่องเทศ และกลิ่นโทนหวาน การหมักกาแฟโดยกรดและเอนไซม์ สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมี ได้แก่ Furfuryl formate, 2,6-dimethyl-Pyrazine, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 4-Pyridinemethanol และ 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของ ผลไม้ และ ถั่ว เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในกาแฟอาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบเข้าไปย่อยผนังเซลล์หรือโครงสร้างของกาแฟที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเปลี่ยนเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นในกาแฟซึ่งเมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับความร้อนโดยการคั่วจึงให้กลิ่นและรสที่แตกต่างกันไป จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Muzaifa et. al (2018) ซึ่งเปรียบเทียบกลิ่นรสของกาแฟซึ่งหมักที่ได้จากธรรมชาติและหมักเลี้ยง โดยรายงานว่ากาแฟที่ได้จากหมักที่อาศัยในป่าธรรมชาติจะมีกลิ่นและรสในโทนของ ถั่ว ครีมนม สมุนไพร กลิ่นมันท์ และกลิ่นหญ้า ในขณะที่กาแฟที่ได้จากหมักเลี้ยง จะให้กลิ่นในโทนของ ถั่ว มันท์ กลิ่นหญ้า และกลิ่นผลไม้ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบมีบทบาทและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีภายในกาแฟเพื่อเลียนแบบการผลิตจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

โครงการที่ 8. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

1. ผลการประเมินคุณภาพผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟ ผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟจนถึงกระบวนการตากกาแฟแบ่งออกเป็น 3 ผลผลิตได้แก่ **เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ** (Cherry) ที่มีปริมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตกาแฟพบว่าปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนมากถึงร้อยละ 31.30 ตามด้วยปริมาณ Crude fiber ร้อยละ 21.40 ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะ**ผลิตภัณฑ์ปรุงรส**เนื่องจากสารกลุ่มไนโตรเจนที่มีอยู่มากตอบสนองดีต่อการหมัก และสารแทนนินและ Reducing Sugar สามารถนำไปพัฒนาเป็น**ชีวภัณฑ์**ในแปลงทดสอบ ในส่วนของ**เมือกกาแฟ** (Mucilage) ที่มีปริมาณเพียงร้อยละ 10 ของเมล็ดกาแฟมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 84.20 และโปรตีนร้อยละ 8.00 สามารถพัฒนาเป็น**สารเคลือบผลไม้**ได้เพราะมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสามารถนำกากไปพัฒนาเป็น**สารสกัดมูลค่าสูง**ได้เพราะมีโปรตีนและ**น้ำเสียจากการหมักกาแฟ** (Waste water) ระหว่างการผลิตกาแฟ 1 ตันจะใช้น้ำในการแปรรูปสูงถึง 20,408 ลิตร เมื่อตรวจคุณภาพพบว่าค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 4.27 – 4.40 ค่า COD อยู่ที่ 9,270 – 14,800 ค่า BOD อยู่ที่

472 – 551 โดยพบว่าในน้ำเสียจากการหมักกาแฟนั้นเมื่อเทียบกับมาตรฐานของ ISI standards พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีและน้ำดังกล่าวจะเน่าเสียได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังพบสารประกอบสำคัญมากมายได้แก่ Unrefined pectin ที่มีปริมาณ dietary fiber สูง หรือสารสำคัญจาก antioxidant กลุ่ม flavonoids ที่เกิดจากกระบวนการ deesterified ของเมือกกาแฟ ดังนั้นการเก็บน้ำหมักผสมกับเมือกจึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ได้

2. การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

พบว่าเพคตินสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟมีสีน้ำตาลอ่อนโปร่งแสงซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ DE% (65.57%) พบว่าสอดคล้องกับน้ำหนัก (Equivalent Weight) 213.43 mg/mol ซึ่งถือเป็น High Methoxy Pectin (HMP) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยจากผล FTIR พบว่าอัตราส่วนของกรดกาแลกทูโรนิกสูงถึง 452.84 mg (79.57%) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rakitikul, 2016 อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาสเปกตรัม 1,250 – 950 cm⁻¹ ที่กำกับ glycosidic bonding และ carboxylic ที่ส่งผลต่อการก่อเจล ดังนั้นการนำไปใช้จึงจำเป็นต้องมีการเติมน้ำตาลแอลกอฮอล์เพื่อกระตุ้นการทำลายพันธะดังกล่าวด้วย ทั้งนี้เมื่อทดลองใช้เพคติน (PCE) เพื่อเป็นสารเคลือบผิวส้มโดยใช้สูตรเพคตินโดยดัดแปลงจากวิธีขององอาจ, 2553 พบว่าเมื่อใช้เพคตินสกัดผสม canaubar wax (สารเคลือบทางการค้า) ผลการทดสอบตาม Table 6 พบว่าอัตราส่วน 5% สามารถยืดอายุส้มได้กว่า 10 วันและลดการใช้สารเคลือบลงได้ 10% ทั้งนี้เพคตินสกัดมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีทำให้สารเคลือบลอกหลุดง่ายเมื่ออากาศร้อนจัดแต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วยสามารถบริโภคได้จึงเป็นที่น่าสนใจในการทดสอบเคลือบบนผลไม้ที่บริโภคโดยตรงได้

3. การทดสอบการใช้น้ำเสียจากการหมักกาแฟ

คุณภาพน้ำที่ใช้ในการหมักกาแฟตั้งแต่ขั้นตอนการล้าง การหมักซ้ำครั้งที่ 1 – 3 และการใช้เครื่องขัดเมือก ล้วนเกินมาตรฐานคุณสมบัติ น้ำเสียเมื่อเปรียบเทียบกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะค่าความเป็นกรดต่างที่สูง (pH 3.7 – 4.2) รวมทั้งค่า COD ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานกว่า 10 – 50 เท่า และกว่า 100 เท่าเมื่อผ่านเครื่องขัดเมือกและค่า BOD ที่มีปริมาณเพิ่มกว่า 38 – 280 เท่า นอกจากนี้ยังพบปริมาณน้ำมัน (Oil & Grease) และของแข็งแขวนลอยปริมาณมากเกินมาตรฐานอีกด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนนำปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จาก Table 7 พบว่าการใช้น้ำหมักซ้ำจำนวนไม่เกิน 3 ครั้งนั้นพบว่าคุณภาพของน้ำซ้ำไม่แตกต่างกันและสามารถให้คุณภาพกาแฟที่ดื่มจากนี้นี้ยังลดการใช้น้ำได้โดยพบว่าปริมาณสารกลุ่ม Furans, Pyrazines และ Maltol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะปริมาณ Caffeine ที่ลดกว่า 90% และ MethylChromone กว่า 86.67% ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากขึ้น (ตามค่า BOD) มีผลต่อการย่อยคาเฟอีน และลดการผลิต methylchromone ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเชื้อที่มีผลต่อการเกิดคุณสมบัติดังกล่าวต่อไปในอนาคต

โดยผลการทดสอบการออกแบบระบบบำบัดน้ำหมักกาแฟ พบการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติสำคัญเพื่อพัฒนาน้ำหมักให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรดต่าง (pH) และความขุ่นของน้ำเสีย (Turbidity) เมื่อทดสอบในแปลงทดสอบโดยการขยายกำลังการบำบัดเป็นขนาดไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตรนั้นโดยขยายกำลังการทดสอบตามและติดตามผลการบำบัดพบว่าผลการทดลองโดยใช้พืช 2

ชนิดในส่วนของ Wetland ได้แก่ ฐาษีและต้นพุทธรักษาเพื่อบำบัดเปรียบเทียบกับการปล่อยบำบัดในดินนั้นพบ การบำบัดโดยใช้พืชนั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำหมักกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เมื่อนำน้ำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับน้ำตัวอย่างก่อนหมักพบว่าระบบการบำบัดที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถบำบัดน้ำจากการหมักได้จริงทั้ง 10 คุณสมบัติโดยเฉลี่ย 95% ยกเว้น Oil & Grease หรือน้ำมันจากเครื่องจักรที่เกิดจากการใช้เครื่องสีกาแฟและ เครื่องขัดเมือกที่ใช้ในระหว่างการหมักกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำเสียจากกรมโรงงาน อุตสาหกรรม (ISI standard) พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดเข้าเกณฑ์ในการนำกลับมาใช้ซ้ำ หรือสามารถปล่อยสู่แหล่ง น้ำตามธรรมชาติได้

ในงานวิจัยก่อนหน้านี้คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างกาแฟขึ้นขมสดและขึ้นขมดจากฟาร์มของ เกษตรกรผู้ผลิตกาแฟขึ้นขมดในพื้นที่ อ. วาวี จ. เชียงราย ซึ่งผลการคัดแยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างขึ้นขมด สามารถ แยกได้จำนวน 25 ไอโซเลต ประกอบด้วย แบคทีเรีย 19 ไอโซเลต และยีสต์ 12 ไอโซเลต จัดจำแนกเป็น *Lactobacillus plantarum* , *Shigella flexneri*, *Kurthia gibsonii*, *Escherichia coli* และ *Serratia* sp. และ *Pichia kudriavzevii* จากผลการจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้พบว่าในตัวอย่างขึ้นขมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ ก่อโรคที่สามารถพบได้ทั่วไปในอุจจาระของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ *Shigella flexneri*, *Kurthia gibsonii*, *Escherichia coli* ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นจุลินทรีย์ในการผลิตอาหาร แม้ว่ากาแฟที่จะนำมาบริโภคต้องผ่าน กระบวนการทำแห้ง และการคั่วด้วยความร้อนสูงที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ดังกล่าวถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กาแฟขึ้นขมดไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มของผู้บริโภคที่มีความกังวลในเรื่องของ สุขอนามัยในการผลิตอาหาร แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และ ยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์ เพื่อย่อยโปรตีนในกาแฟ เพื่อสร้างสารตั้งต้นของกลิ่นรสในกาแฟได้ (Hadipernata and Nugraha, 2017) และ เมื่อทดสอบการหมักกาแฟโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากขมด พบว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกและนำมา ทดสอบสามารถทำให้กาแฟมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีรสชาติของผลไม้ มี ความเปรี้ยว และมีความนุ่มและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping เฉลี่ยที่ 80 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 73) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาได้มีผลต่อการพัฒนา คุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเปียก (wet process) เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดย การใช้กรดและเอนไซม์ โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก 0.01%, เติมเอนไซม์เปปซิน 1.4% และเติมเอนไซม์จากตับ อ่อน (Pancreatin) 1.4% ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติม เอนไซม์จากตับอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและ กรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีกลิ่นโทนหวาน เช่น วนิลาและคาราเมล มีคะแนน Cupping ที่ 75-76 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 73 คะแนน) เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าการเติมเอนไซม์ได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมัก กาแฟแบบเดิม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟขึ้นขมดรสชาติที่ได้จากการหมักโดยการแยกปัจจัยของจุลินทรีย์และ เอนไซม์ยังมีความแตกต่างจากกาแฟขึ้นขมด

รายงานฉบับนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการหมักกาแฟโดยการรวมปัจจัยของจุลินทรีย์ เอนไซม์ การปรับสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ได้แก่ pH และระยะเวลาในการหมักเพื่อจำลองแบบระบบการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์เพื่อการผลิตกาแฟที่มีคุณภาพดี

1. ผลการทดสอบการหมักกาแฟด้วยการผสมเอนไซม์และจุลินทรีย์จากลำไส้สัตว์ในขวดหมัก

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ร่วมกับการเติมเอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ โดยเมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดที่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีค่าลดลงจาก 5.5-6.4 เป็น 4.02-4.15 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดในระหว่างการหมักทั้งสองกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดที่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีค่า Brix สูงกว่าชุดควบคุมเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม ค่าความขุ่นของชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากขนมามีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟ (Flavor) มากกว่าชุดควบคุม มีความเปรี้ยว (acidity) ความหวาน (sweetness) และความกลมกล่อมเพิ่มขึ้น (Balance) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping score เฉลี่ย 76.5 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟซึ่งหมักที่จำหน่ายในท้องตลาดกาแฟที่ได้จากการหมักแม้มีการพัฒนาความซับซ้อนของกลิ่นรสมากขึ้นแต่ยังมีความเปรี้ยว, ความเข้มข้น (body) และรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่า

2. ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์ในขวดหมัก

2.1 ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

เมื่อทดสอบความเป็นกรด-ด่างในการหมักกาแฟโดยหมักกาแฟ 3 กรรมวิธี ได้แก่ ชุดควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์และไม่ปรับ pH, ปรับ pH เท่ากับ 2 และ ปรับ pH เท่ากับ 4 ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมลดลง จาก pH 6 มาอยู่ในระดับ pH 4 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในระหว่างการหมัก ชุดทดสอบที่ปรับ pH 4 รักษาระดับ pH คงที่ ในขณะที่ชุดทดสอบที่ปรับ pH 2 มีการเปลี่ยนแปลง pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ pH ดังกล่าวอาจเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเมื่อหมักครบ 20 ชั่วโมง ทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่า Brix สูงกว่าค่าเริ่มต้นประมาณ 0.5 เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาล เมื่อทดสอบค่าความขุ่น (Turbidity) ของกรรมวิธีที่มีที่ปรับ pH 2 พบว่ามีค่าความขุ่นต่ำกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ต่ำกว่าและมีการหลุดของเมือกกาแฟน้อยกว่า

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์และการปรับ pH มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยการปรับ pH ในการหมัก

ทำให้กาแฟ มีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟ (Flavor) เพิ่มขึ้น มีความเปรี้ยว (acidity) ความหวาน (sweetness) ความกลมกล่อมเพิ่มขึ้น (Balance) และความเข้มข้น (body) ดีกว่าชุดควบคุม การปรับ pH 2 มีคะแนน Cupping score เฉลี่ยที่ 80.3 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) และกาแฟหมักที่ปรับ pH 4 (คะแนนเฉลี่ย 76.8)

2.2 ผลของเวลาในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

การหมักกาแฟโดยเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ในระบบการหมัก ให้เท่ากับ pH 2 หมักนาน 18 และ 24 ชั่วโมง เมื่อนำกาแฟคั่วที่ได้จากการหมักมาทดสอบ โดยการชิมพบว่ากาแฟหมักนาน 24 ชั่วโมงส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟในสถานะเดียวกันแต่ใช้ระยะเวลาสั้น (18 ชั่วโมง) โดยคะแนนของกลิ่น (Fragrance/Aroma) และ รส (Flavor) มีคะแนนสูงขึ้น โดยมีคะแนนสูงถึง 8.5 คะแนน และคะแนน Cupping score รวมของการหมัก 24 ชั่วโมงเฉลี่ยที่ 82 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) และกาแฟหมัก 18 ชั่วโมง (คะแนนเฉลี่ย 78.5)

2.3 การหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารสัตว์ตามกรรมวิธีที่คัดเลือก

เมื่อจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์ในการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ร่วมกับเอนไซม์ผสมเปปซินและแพนكريเอติน ตาม Figure 4 ที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นกาแฟคั่วโดยการสกัดสารและใช้วัสดุดูดซับที่สัมพันธ์สารโดยตรง (Solid phase microextraction, SPME) วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography – Mass Spectrometer (GC-MS) พบว่าการจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์ในการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ร่วมกับเอนไซม์ผสมเปปซินและแพนكريเอติน ที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟที่ชงสด ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในกาแฟมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบเข้าไปย่อยผนังเซลล์หรือโครงสร้างของกาแฟที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเปลี่ยนเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นในกาแฟซึ่งเมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับความร้อนโดยการคั่วจึงให้กลิ่นและรสที่แตกต่างกันไป จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Muzaiifa et. al (2018) ซึ่งเปรียบเทียบกลิ่นรสของกาแฟที่ชงสดที่ได้จากธรรมชาติและชงสดเลี้ยง โดยรายงานว่ากาแฟที่ได้จากชงสดที่อาศัยในป่าธรรมชาติจะมีกลิ่นและรสในโทนของ ถั่ว ครีมนม สมุนไพร กลิ่นมันท์ และกลิ่นหญ้า ในขณะที่กาแฟที่ได้จากชงสดเลี้ยง จะให้กลิ่นในโทนของ ถั่ว มันท์ กลิ่นหญ้า และกลิ่นผลไม้ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบมีบทบาทและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีภายในกาแฟเพื่อเลียนแบบการผลิตจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพกาแฟที่ได้จากการหมักโดยจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์และคำนวณต้นทุนการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม แบบใช้เครื่องจักร และแบบการใช้สารเคมี พบว่าการหมักกาแฟแบบดั้งเดิมนั้นใช้เวลามากกว่า 60 ชั่วโมง เมื่อถึงจุดอย่างสมบูรณ์ โดยในบางพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนน้ำในบ่อหมักทุกวันเพื่อลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในกาแฟ เช่น กลิ่นเปรี้ยว หรือลดเวลาหมักโดยการแช่เม็ดกาแฟ

ในบ่อหมัก 1 วันและทำการขัดเมือกโดยใช้เครื่องจักร ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมากอีกทั้งยังมีการปนเปื้อนกลิ่นเครื่องจักรในกาแพได้ ซึ่งมีต้นทุนประมาณ 35- 135 บาทต่อกิโลกรัมสารกาแพ (green bean) แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการหมักโดยการหมักโดยจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์จะสามารถสิ้นสุดการหมักได้ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ช่วยลดทรัพยากรในการหมักได้แก่ เวลาและปริมาณน้ำ ซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตกาแพอาราบิก้าได้ถึง 80% และให้กาแพที่มีคุณภาพดีกลิ่นรสแตกต่างจากกรรมวิธีแบบดั้งเดิม แต่เนื่องจากการหมักดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ 2 ได้แก่ เอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) ในการช่วยย่อย ทำให้ต้นทุนในการหมักกาแพสูงถึงประมาณ 180 บาทต่อกิโลกรัมสารกาแพ หรืออาจจะสูงกว่านั้นขึ้นกับคุณภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในการหมัก จึงทำให้การหมักกาแพโดยการจำลองระบบย่อยอาหารสัตว์ไม่เหมาะต่อการใช้ในการผลิตกาแพปริมาณมาก เหมาะสมต่อการผลิตกาแพในระดับพรีเมียมสำหรับกลุ่มลูกค้าที่มีความต้องการเฉพาะเท่านั้น

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแพโรบัสตา สามารถสร้างลูกผสมกาแพโรบัสตาพันธุ์ใหม่และคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีแนวโน้มในการให้ผลผลิตสูง ในเบื้องต้นคัดเลือกได้จำนวน 16 ต้น ซึ่งเมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตได้ครบถ้วนจะนำมาทำการเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อคัดพันธุ์ดีอีกครั้ง สำหรับกาแพโรบัสตาสายพันธุ์ก๊าวหน่าที่มีแนวโน้มดีอีก 6 พันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตครบถ้วนจะนำเสนอพันธุ์ที่ดีเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและเผยแพร่เป็นพันธุ์ปลูกแก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแพต่อไป และจะใช้เป็นฐานเชื้อพันธุ์กรรมสำหรับต่อยอดงานปรับปรุงพันธุ์กาแพโรบัสตาในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณภาพมีมูลค่าเป็นที่สนใจของเกษตรกรและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ข้อมูลการปลูกกาแพโรบัสตาในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือ หรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกกาแพโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกกาแพเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ลดการนำเข้าเมล็ดกาแพซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคเกษตรกรและภาคเอกชนตลอดห่วงโซ่มูลค่า (value chain) สินค้ากาแพ

โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแพอะราบิกา การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแพอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1 พบว่าใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ที่ยาวนานตั้งแต่ปี 2518-2562 เพราะประสบปัญหาหลายด้านเช่นเดียวกับ Várzea (2005) กล่าวว่าการปรับปรุงพันธุ์กาแพเพื่อต้านทานโรคราสนิมมักประสบปัญหา 1) การขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของเชื้อราในท้องถิ่น 2) ความยากลำบากในการแยกแยะพืชที่มีสเปกตรัมความต้านทานสูงจากพืชกาแพที่มีสเปกตรัมความต้านทานต่ำเมื่อประชากรกาแพต้านทานต้องเผชิญกับการเกิดสนิมในท้องถิ่น ส่วนใหญ่กาแพที่มีผลผลิตสูงและลักษณะทางการเกษตรดี มักมีความต้านทานโรคราสนิมต่ำ (มียืนต้านทานต่ำ) low spectra ดังนั้นโอกาสความเป็นไปได้ที่ต้นกาแพจะสูญเสียยืนที่มีความต้านทานโรคราสนิมมากขึ้นสูง และ 3) ความยากในการจำแนกแยกแยะความแตกต่างจากต้นกาแพที่ต้านทานต่อโรคราสนิม แล้วมีการเกิดโรคราสนิมอีกครั้งโดยการเกิดจาก races ชนิดใหม่ ทั้งนี้จากคำแนะนำของ Dr. Vitor Varzea (2552,: ติดต่อบุคคล) ควรออกคำแนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่ เนื่องจากในปัจจุบันการพัฒนาของเชื้อราสนิมในไทยได้มีการพัฒนา races ไปมากกว่าที่เคยพบ และพันธุ์ที่สามารถทนทาน (durable resistance) ได้ใน

สภาพแวดล้อมนั้น จะมีความทนทานต่อ races ในเฉพาะพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งด้านนิเวศวิทยา ภูมิประเทศ ดังนั้นพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่ อาจจะมีคุณสมบัติเหมาะสมแตกต่างกัน จึงควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกพันธุ์ เพื่อแนะนำเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ ปัจจุบันได้มีความก้าวหน้าในการปรับปรุงกาแฟอะราบิกา ดังนี้ Cortina *et al.* (2014) ในโคลอมเบียได้มีการพัฒนากาแฟอะราบิกาด้านทานโรคราสนิม โดยการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ Caturra และพันธุ์อื่นที่มีความต้านทานโรคราสนิมที่สำคัญ คือ Hibrido de Timor โดยในปี 1980 ได้เผยแพร่พันธุ์ Colombia ซึ่งมีผลผลิตสูง คุณภาพการชิมดี ต้นเตี้ย ด้านทานโรคราสนิม ในปี 2000 ได้เผยแพร่พันธุ์ Tabi ในปี 2005 ได้เผยแพร่พันธุ์ Castillo ซึ่งทั้งหมดมีต้นเตี้ย ข้อสั้น เป็น derivative ของ Hibrido de Timor ทั้งหมด Noppakoonwong *et al.* (2014) กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาด้านทานโรคราสนิม ในปี 2550 ได้รับรองพันธุ์เชียงใหม่ 80 และได้เผยแพร่พันธุ์ในปี 2550 นั้น สถาบันวิจัยพืชสวน (2559) ได้ประเมินการยอมรับพันธุ์เชียงใหม่ 80 ของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรมีการยอมรับพันธุ์ได้ดี Braghini *et al.* (2014) ในบราซิลได้ปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา โดย progeny ที่ต้านทานโรคราสนิมจากพันธุ์ Catimor และ Sarchimore ได้แก่ Sarchimores x Catuai, Catuai x BA10, และ Icatu x Catuai โดยได้คัดเลือกในช่วงปี 2008-2013 โดยไม่ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคราสนิม คัดเลือกผลผลิตต่อเฮกตาร์ ผลผลิตต่อปี ความแข็งแรงของต้น การสุกแก่ของผล คุณภาพของสารกาแฟ พบว่าได้ 5 พันธุ์ลูกผสม ดังนี้ IAC 4520 (Icatu x Catuai), Obata IAC 1669-20, IAC H 13439-4 [Catuai Vermelho x (Catuai Vermelho x HT 832/1)], IAC 5158-2(Vila Sarchi x HT 832/2) และ IAC 4553 (Icatu x Catuai Vermelho) มีผลผลิตกาแฟทะล (green bean) ดังนี้ 3,108, 3,030, 2,802, 2,746 และ 2,754 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ IAC 5158-2 เป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมของ Villa Sarchi กับลูกผสมของติมอร์ CIFIC 832/2 ได้ผลผลิตสูง 2,802 กิโลกรัม เมล็ดก็มีขนาดใหญ่และน้ำหนักดี (ขนาดเมล็ด ตะแกรง 19.1) อุทัย และคณะ (2557) ได้วิจัยและพัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยการผสมพันธุ์ คัดเลือกลูกผสมรุ่นที่ 1 (F1) จำนวน 17 สายต้น พบว่ามีความต้านทานโรคราสนิม ผลผลิตสูง เมล็ดมีขนาดใหญ่ คุณภาพการชิมระดับดี จำนวน 12 สายต้น โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ มีความต้านทานโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ 5 สายต้นและต้านทานโรคราสนิม 99-99.75 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 สายต้น ส่วนอีกจำนวน 5 สายต้นที่เหลือมีความต้านทานโรคราสนิม และทนแล้ง ผลผลิตปานกลาง เมล็ดมีขนาดใหญ่ คุณภาพการชิมอยู่ในระดับดีมาก สำหรับการทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกในแหล่งต่างๆ การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาด้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 และการทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 ควรมีการบันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตให้ครบ 5 ปี เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมต่อไป เนื่องจากเกณฑ์คัดเลือกตามมาตรฐานสากลในพืชกาแฟคือ ต้องใช้ข้อมูลเฉลี่ยที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 4-5 ปี จะทำให้คัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอทุกปี ประกอบกับความต้านทานต่อโรคราสนิมที่มี 99% ขึ้นไป หลังจากนั้นควรนำไปทดสอบคุณภาพการชิมซึ่งเกณฑ์คือ มีคะแนนมากกว่า 6.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม

10 ที่เมื่อคัดเลือกได้โดยเฉพาะลูกผสมชั่วที่ 1 นำไปขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยวิธี somatic embryogenesis เพื่อออกเป็นพันธุ์แนะนำต่อไป จะย่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ มีพันธุ์ใหม่ๆ ออกมา สำหรับเป็นทางเลือกของเกษตรกรได้เร็วขึ้น ปัจจุบันมีหลายประเทศได้เริ่มใช้วิธีการนี้โดยเฉพาะประเทศฝรั่งเศส เนื่องจากการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธีการปักชำ (cutting) เสียบยอด (grafting) หรือ ติดตา (budgrafting) ใช้แรงงานจำนวนมาก (Etienne *et al.*, 2002) ต่อมา ได้มีการนำไปขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้ส่วนยอด (micro-cutting techniques) แต่พบว่า มีปัญหาในการผลิตกรณีที่ต้องการจำนวนต้นพันธุ์ในปริมาณมาก และใช้แรงงานในการดูแลและจัดการมากเช่นเดียวกัน (Bertrand-Desbrunais *et al.*, 1991). ดังนั้น ทาง The CIRAD-ECOMgroup consortium ได้พัฒนาวิธีการขยายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ *C. arabica* โดยวิธีการ somatic embryogenesis ขึ้นในปี ค.ศ. 2007 (Georget *et al.*, 2010) แต่ใช้วิธีการดังกล่าวมีราคาแพง จึงได้มีการพัฒนาต่อเรื่อยๆ จนในปี ค.ศ. 2017 โดย Frédéric *et al.* สามารถขยายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ *C. arabica* โดยวิธีการ somatic embryogenesis ได้ต้นที่มีคุณภาพและใช้ต้นทุนในการผลิตที่ถูก โดยมีการนำเทคนิคที่เรียกว่า horticultural rooted mini-cutting (HRMC) มาใช้ร่วมด้วย นอกจากนี้ในการทดลองที่ 1.11 การหาพื้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 พบว่า การต้านทานของพืชต่อเชื้อโรค โดยทั่วไปจะมีการแสดงออกของยีนกลุ่ม hypersensitive response (HR) เมื่อมีการบุกรุกของเชื้อและมีการสร้าง haustorium ของเชื้อราสนิม (Heath, 1997) มีรายงานเกี่ยวกับการต้านทานต่อราสนิมของ *Coffea arabica* นั้น น่าจะเกิดจากการแสดงออกของยีนกลุ่ม HR อาทิเช่น CaPR1b, CaPR10, CaR111, CaWRKY1, CaRLK, และ CaGT (Silva *et al.*, 2002; Ramiro *et al.*, 2011; Figueiredo *et al.*, 2013) ยีน CaGT ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีน salicylic acid-glucosyltransferase ยีน CaWRKY1 สร้างโปรตีน WRKY ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับ zinc finger-type transcription factors ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการป้องกันและตอบสนองต่อเชื้อโรคที่เข้ามาในเซลล์พืช (Eulgem & Somssich, 2007) Receptor-like kinases (RLKs) เป็นโปรตีนบริเวณเยื่อเลือกผ่าน (trans-membrane) ทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณผ่านโปรตีนตัวรับบริเวณเนื้อเยื่อ สำหรับในพืช ชนิดของโปรตีนตัวรับบริเวณเนื้อเยื่อเลือกผ่านมีหลายชนิดแตกต่างกันและรับสัญญาณที่แตกต่างกันจากการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม RLKs สามารถแบ่งตามออกเป็นสองกลุ่มตามหน้าที่การทำงาน กลุ่มแรกทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชภายใต้สภาวะแวดล้อมปกติ ในกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการตอบสนองและป้องกันการติดเชื้อและความเครียดต่างๆ ของพืช (Shiu, S.H. and. Bleecker, A. B., 2001) สำหรับการศึกษาโปรตีน RLKs ในยีนกลุ่มที่มีการตอบสนองต่อความเครียดและการต้านทานต่อเชื้อโรค ในปี 1995 Song *et al.* ได้ศึกษายีน Xa21 ที่เป็น receptor kinase-like protein (RLK) ทำหน้าที่ในการตอบสนองต่อการบุกรุกของเชื้อในข้าว พบว่าสามารถต้านทานต่อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ของเชื้อได้หลายสายพันธุ์ สำหรับในกาแฟ Ramiro *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษายีนในกาแฟอะราบิกา สายพันธุ์ Tupil AC1669-33 และ Catuai IAC81 ทั้งพันธุ์ทนและอ่อนแอต่อโรค ทั้งหมด 7 ยีนประกอบด้วย CaR111, CaWRKY1, CaRLK, CaGT, CaPR1b, CaPR10 และ CaUbiquitin ยีนส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นเส้นทางในการส่งสัญญาณเพื่อให้เกิดการตอบสนองเมื่อมีเชื้อบุกรุกเข้ามาในเซลล์พืช โดยทำการศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีนทั้งเจ็ดเมื่อมีการติดเชื้อราสนิม (*Hemileia vastatrix*) ตั้งแต่ระยะแรกในการบุกรุก (primary haustoria) ของเชื้อเข้าไปในเซลล์พืช จนกระทั่ง

ทั้งระยะ secondary haustoria ที่มีการแสดงออกของโรคราสนิมอย่างชัดเจน โดยอาศัยตามหลักการตามทฤษฎี gene-by-gene (Flor, 1947) โดยศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนของเชื้อราสนิม กับยีนของ host ที่เชื้อบุกรุกเข้าไป โดย CaWRKY1, CaR111, CaGT และ CaRLK มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองและป้องกัน (defense-related genes) ต่อเชื้อโรคเมื่อมีการบุกรุกของเชื้อ ในขณะที่ยีน CaPR1b และ CaPR10 มีการแสดงออกที่จำเพาะเกี่ยวกับการเกิดโรค (pathogenesis-related proteins) ของพืช สำหรับ CaUbiquitin ถูกเลือกใช้เป็นยีนควบคุม (internal control gene) จากผลการศึกษพบว่ากาแฟพันธุ์อ่อนแอและพันธุ์ทนมีการแสดงออกของยีนที่ต้านทานต่อราสนิมแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระยะ 'secondary haustoria' โดยพบยีน CaPR1b และ CaPR10 แสดงออกสูงสุดในกาแฟพันธุ์ต้านทานต่อราสนิม แต่พบว่ายีนดังกล่าวนี้แสดงออกในระดับที่ต่ำในกาแฟพันธุ์อ่อนแอ ในทางตรงกันข้ามพบว่ายีน CaWRKY1 และ CaRLK มีการแสดงออกในพันธุ์อ่อนแเท่านั้น การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบนพบว่า ไม่สามารถจำแนกชนิดของ race ได้ เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genbank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ที่ไม่มีในฐานข้อมูล สอดคล้องกับ CIFIC (2020) โรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ที่พบว่าเริ่มไม่ต้านทานต่อโรค เชื้อโรคพัฒนาและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันพบ 56 race ซึ่งทางศูนย์วิจัยโรคราสนิม (CIFIC) ประเทศโปรตุเกสจำแนกได้ 50 race และการทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา พบว่า การใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์กาแฟอะราบิกาของกรมวิชาการเกษตรได้ มีความสอดคล้องกับข้อมูลกลุ่มพันธุ์ในส่วนใหญ่ แต่มีบางสายพันธุ์ที่เมื่อจัดกลุ่มแล้วมีความแตกต่างไป ผลจากการวิจัยนี้จะช่วยเสริมการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่มีการใช้สายพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับในข้าวโพดข้าวเหนียว (ประสาน และคณะ 2558) กาแฟอะราบิกา (Vieira *et al.*, 2010) กาแฟโรบัสต้า (Hendre *et al.*, 2008) งา (บุษกร 2549) มันสำปะหลัง (ศุจิรัตน์ และคณะ 2552) และข้าวโพดสายพันธุ์แท้ (วันชัย และคณะ 2554)

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม โดยการสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยว และเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆ มีค่าระหว่าง $313 - 485 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง $19-73 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตรมีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ ($1,800-2,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$)

เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม่ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับความเข้มแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชันในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชัน Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างกิ่ง ใบและผลกาแฟที่แสดงอาการโรค จากพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เลย และ เพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง นำมาแยกเชื้อ พืชฐานโรคศึกษาลักษณะทางสัณฐานและศึกษาชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลต เมื่อนำมาพิสูจน์โรคโดยการปลูกเชื้อให้กับต้นกล้ากาแฟ ต้นกล้ากาแฟเริ่มแสดงอาการแผลสีดำหลังปลูกเชื้อได้ 5 วัน ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับการใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980,1992) และ วิรัช และคณะ (2528) จึงจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาที่ได้ทำการศึกษารั้งนี้ เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกชนิด ซึ่งพบปัญหาในการจำแนก เนื่องจากรา *Colletotrichum* spp. บางไอโซเลต มีลักษณะของโคโคนีแตกต่างกันแต่รูปร่างของโคโคนีคล้ายเหมือนกัน และบางไอโซเลตมีลักษณะของโคโคนีไม่แตกต่างกัน แต่โคโคนีมีรูปร่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำเทคนิคทางอนุชีววิทยาเข้ามาช่วยในการจัดจำแนกชนิดรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาที่รวบรวมจากต่างสถานที่และความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน เพื่อสนับสนุนให้ข้อมูลของชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อรา มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษากำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอะราบิกา ในการศึกษาพบว่า การใช้สารป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสทุกกรรมวิธี สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการจัดการตัดแต่งกิ่งมีผลใกล้เคียงกับการใช้สารป้องกันกำจัด ส่วนอาการบนผลจะพบมากในช่วงใกล้การเก็บเกี่ยว สารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอะราบิกานับได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การทดลองการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน พบว่า ทั้งในพื้นที่แปลงกาแฟอะราบิกาของเกษตรกร อ.แม่ริม และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ ตัดแต่งกิ่งกาแฟ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟดีที่สุด รองลงมาคือ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4

ร่วมกับ กัดักพีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดดังกล่าวเป็นการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เพื่อก้าวสู่การผลิตกาแฟแบบอินทรีย์ ยกย่องมาตรฐานการผลิตกาแฟ สร้างมูลค่าเพิ่ม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และควรร่วมมือกันทำการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในทุกพื้นที่อย่างจริงจัง ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา เพื่อลดการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟที่จะระบาดในรุ่นต่อไป

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม โดยศึกษาลักษณะสี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็น เมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อย

ความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลา พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอนเป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาคือจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกาแฟสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบสารที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.65 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา

ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 - 24 เดือน และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

มีคุณภาพการขึ้นสูงที่สุด ในชนิดของถั่วที่เก็บรักษาเมื่อ 31 เดือนวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่าวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบและการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ โดยใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสาร acetochlor และ oxyfluorfen ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงหลังจากพ่นที่ระยะ 81 วัน พบปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสารตกค้างทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสอบสารตกค้างในดินพบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีชุดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห่ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดรีเลย์พลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกกาแฟอ่อนแบบรูดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกปนกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัด

แยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอาราบิกา

ผลการสำรวจ จึงแบ่งกระจายพันธุ์กาแฟอาราบิกาของกรมวิชาการเกษตรเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ในปี 2529-2549 และ ช่วงที่ 2 ในปี 2550-2559 คือ

ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 กรมวิชาการเกษตรดำเนินการผลิตต้นกาแฟอาราบิกาแจกจ่ายแก่เกษตรกรโดยตรงและผ่านหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ลูกผสมชั่วที่ 4-6 จำนวนไม่น้อยกว่า 2,830,000 ต้น

ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กรมวิชาการเกษตรพัฒนาพันธุ์จนได้กาแฟอาราบิกาพันธุ์รับรอง เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ที่เป็นลูกผสมชั่วที่ 7 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และได้มีการกระจายพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,860,713 ต้น ในพื้นที่หลัก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และ จังหวัดน่าน พบว่า พื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปาง พบน้อยมาก และพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกเป็นผู้ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์การถือครอง เป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นผู้ที่มีหนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ ระบบแปลงปลูกพบว่า ส่วนใหญ่ปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่น เช่น มะคาเดเมีย กล้วย อาโวคาโด และชาอัสสัม เป็นต้น รองลงมาคือ ปลูกร่วมกับพื้นที่ป่า และปลูกพืชเชิงเดี่ยว สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รองลงมาเป็นพื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบตามลำดับ ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินร่วน แปลงปลูกกาแฟอาราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล การปฏิบัติดูแลรักษา แตกต่างในแต่ละจังหวัดคือ

1) จังหวัดเชียงราย เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะให้ปุ๋ยในช่วงที่ระยะการพัฒนามากที่สุด รองลงมาคือช่วงระยะติดผล และก่อนปลูกตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า เกษตรกรจะใส่สารปรับปรุงดินช่วงหลังการเก็บเกี่ยว จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนมากให้ปุ๋ยในช่วงก่อนปลูก รองลงมาคือ ช่วงระยะพัฒนา ช่วงติดผล ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว ทั้งนี้พบว่าช่วงหลังออกดอกเกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ย ระยะที่เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินสูงสุดคือช่วงการเตรียมดินก่อนปลูก และพบในช่วงระยะการพัฒนาล็กน้อยหลังจากออกดอกจนถึงหลังเก็บเกี่ยว ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดิน

2) จังหวัดแม่ฮ่องสอน เกษตรกรให้ปุ๋ยมากที่สุดช่วงระยะติดผล รองลงมาคือระยะการพัฒนา ช่วงก่อนปลูก และช่วงก่อนเก็บเกี่ยวตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเกษตรกรจะไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยในช่วงหลังออกดอกและหลังเก็บเกี่ยว ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดิน พบว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูก และเป็นระยะเดียวที่เกษตรกรมีการใส่สารปรับปรุงดิน

3) จังหวัดน่าน เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดช่วงการดูแลกาแฟ โดยเฉพาะการติดผล ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกสูงสุด

4) จังหวัดลำปาง เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ในช่วง ระยะเวลาพัฒนา ช่วงติดผล และก่อนเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ พบกว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ได้แก่

1. พันธุ์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ใน 18 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านฝิปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื้นน้อย ต.แม่ต๋น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล

2. พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่าง ใน 4 แปลง ได้แก่ H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-239 ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง พิกัด 47Q 0447527 2069839 ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก พิกัด 47Q 0444380 2061933 และพิกัด 47Q 0444288 2061950 ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) และจังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง พิกัด 47Q 0559555 2190067 ต.วาวี อ.แม่สรวย) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล

3. พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ จำนวน 8 ตัวอย่าง ใน 7 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด, บ้านยางครก ต.ยางเปียง และ บ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมุเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ พิกัด 47Q 06697272131175 และพิกัด 47Q 06678262130227 ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล

กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านฝิปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื้นน้อย ต.แม่ต๋น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง และบ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง บ้านมุเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ บ้าน

สันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่ แปลงปลูก พักด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่วมเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดยแบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ (pH, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, manganese, iron และ boron) และด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนสะสม และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

สำหรับลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ มีความเหมือนและแตกต่างกันดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ที่ปลูกใน 18 แปลง พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.83 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.21 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.51 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.7 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.93 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.39 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 149.6 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 679 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 41.51 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 36.03 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 8.61 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 1.22 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 86.15 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 9.38 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 22.3 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 53.81 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 22.46 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 18.35 เปอร์เซ็นต์

2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนวาง ต.แม่วีน อ.แม่วีน จ. เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 7 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ต๋อนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย บ้านม่อนจอง ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมุเซอผาฮี้ อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) พบว่า มีลักษณะแตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์

เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.85 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.25 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.53 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.99 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.42 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 176.23 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 582 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 68.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 19.97 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 3.35 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.65 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด A เฉลี่ย 91.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Berry เฉลี่ย 6.4 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 14.23 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 18.53 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 28.94 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 38.41 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84 ± 0.04 ซม. (%RSD=4.27) ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.20 ± 0.10 ซม. (%RSD=9.29) ความหนากะลาเฉลี่ย 0.54 ± 0.08 ซม. (%RSD=14.74) ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.95) ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.27) ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40 ± 0.02 ซม. (%RSD=4.69) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 157.15 ± 4.8 กรัม (%RSD=3.03) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 648 ± 18 เมล็ด (%RSD=3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 (เมล็ดขนาด >7.1 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $48.82 \pm 5.43\%$ (%RSD=13.53) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 (เมล็ดขนาด $6.3 \leq 7.1$ มิลลิเมตร) เฉลี่ย $31.16 \pm 4.04\%$ (%RSD=16.07) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด $5.6 \leq 6.3$ มิลลิเมตร) เฉลี่ย $6.78 \pm 1.83\%$ (%RSD=26.02) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด ≤ 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $0.96 \pm 0.44\%$ (%RSD=44.27) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด A (เมล็ดขนาด > 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $86.37 \pm 2.58\%$ (%RSD=3.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Berry เฉลี่ย $9.55 \pm 2.29\%$ (%RSD=23.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย $21.76 \pm 4.63\%$ (%RSD=33.46) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย $18.34 \pm 5.96\%$ (%RSD=40.68) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย $32.29 \pm 6.1\%$ (%RSD=31.04) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย $35.95 \pm 6.47\%$ (%RSD=29.27)

2) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละ

พื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ มีกลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นธัญพืช กลิ่นขนมปัง กลิ่นเนย กลิ่นคาราเมล กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นดอกไม้ กลิ่นผลไม้ กลิ่นช็อกโกแลต และกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนนาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ. เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.27 ± 1.4 คะแนน (%RSD=1.78) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ มีกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ กลิ่นเนย กลิ่นถั่ว กลิ่นคาราเมล กลิ่นผลไม้แห้ง และกลิ่นธัญพืช

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.61 ± 1.69 คะแนน (%RSD=2.16) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นช็อกโกแลต กลิ่นดอกไม้อบแห้ง กลิ่นกาแฟคั่ว กลิ่นอบเชย กลิ่นถั่ว กลิ่นขนมอบ กลิ่นดอกไม้ กลิ่นพืช กลิ่นแอ๊ปเปิ้ลคอก กลิ่นพลัม กลิ่นฮาเซนท์ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลด์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร กลิ่นโกโก้ กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นธัญพืช และกลิ่นผลไม้อบแห้ง

สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.13 ± 1.16 คะแนน (%RSD=1.47) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นช็อกโกแลต กลิ่นถั่ว กลิ่นดอกไม้ กลิ่นพืช กลิ่นแอ๊ปเปิ้ลคอก กลิ่นพลัม กลิ่นฮาเซนท์ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลด์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร และกลิ่นโกโก้

สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.31 ± 2.74 คะแนน (%RSD=3.45) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นคาราเมล กลิ่นถั่ว กลิ่นผลไม้แห้ง กลิ่นเนย และกลิ่นธัญพืช

3) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านกายภาพ ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.22 ± 0.17 (%RSD = 3.35) Total Acid Content เฉลี่ย 2.21 ± 1.38 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 62.41) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.33 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.32) Color (L) เฉลี่ย 38.55 ± 1.50 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.9) Color (a)

เฉลี่ย 6.96 ± 1.48 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 21.19) Color (b) เฉลี่ย 2.74 ± 1.51 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 55.87) Sugar Content เฉลี่ย 4.78 ± 1.53 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 32.08) Nitrogen contain เฉลี่ย 13.96 ± 0.68 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.87) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.15 ± 1.3^0 Brix (%RSD=31.27) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=39.41) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.17 ± 2.45 เปอร์เซ็นต์(%RSD=18.63) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.86 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.72)

(2) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.23 ± 0.03 (%RSD = 0.51) Total Acid Content เฉลี่ย 1.44 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 10.03) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.49 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.92) Color (L) เฉลี่ย 36.49 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.07) Color (a) เฉลี่ย 5.96 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.27) Color (b) เฉลี่ย 2.36 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 20.82) Sugar Content เฉลี่ย 2.4 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 35.14) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.75 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 6.28) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.73 ± 2.4^0 Brix (%RSD=41.97) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=38.51) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 14.83 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์(%RSD=4.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.29 ± 0.29 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.73)

(3) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.13 ± 0.1 (%RSD = 1.95) Total Acid Content เฉลี่ย 2.09 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 66.45) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.36 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 9.23) Color (L) เฉลี่ย 38.41 ± 0.59 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 1.53) Color (a) เฉลี่ย 7.02 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 13.22) Color (b) เฉลี่ย 2.7 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 42.58) Sugar Content เฉลี่ย 4.38 ± 1.47 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 33.65) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.94 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.76) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 7.62 ± 4.7^0 Brix (%RSD=61.68) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.48) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 12.57 ± 0.94 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.62 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.67)

(4) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.2 ± 0.15 (%RSD = 2.88) Total Acid Content เฉลี่ย 1.99 ± 1.21 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 60.68) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.37 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.21) Color (L) เฉลี่ย 37.99 ± 1.58 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.17) Color (a) เฉลี่ย 6.71 ± 1.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 18.97) Color (b) เฉลี่ย 2.61 ± 1.26 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 48.15) Sugar Content เฉลี่ย 4.1 ± 1.7 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 41.41) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.29 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.95) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.61 ± 3.42^0 Brix (%RSD=60.99) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.54) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.19 ± 1.96 เปอร์เซ็นต์(%RSD=14.86) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.69 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์(%RSD=8.15)

4) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 232.38 ± 53.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.87) Pyridine เฉลี่ย 691.47 ± 216.18 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=31.26) Caffeine เฉลี่ย $18,545.29 \pm 2,260.85$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.19) Quinic Acid เฉลี่ย $7,311.47 \pm 1,454.29$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=19.89) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.35 ± 28.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=23.26) Trigonelline เฉลี่ย $4,621.76 \pm 2,417.04$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=52.3) Pyrene เฉลี่ย 4.34 ± 1.38 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=31.81) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.76 ± 0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=24.07) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=43.41) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.12 ± 0.42 ppb unit (%RSD=19.63) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัมต่อลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 197.5 ± 11.84 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=6) Pyridine เฉลี่ย 553 ± 120.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.8) Caffeine เฉลี่ย $15,528 \pm 357.33$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.3) Quinic Acid เฉลี่ย $5,482 \pm 867$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.82) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 127 ± 20.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=16.31) Trigonelline เฉลี่ย $6,610 \pm 1,809.82$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=27.38) Pyrene เฉลี่ย 3.16 ± 0.19 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=6.08) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.57 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=8.48) Fluoranthene เฉลี่ย 0.2 ± 0.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.9) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.35 ± 0.24 ppb unit (%RSD=10.28) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.96) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=13.49) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.02 (%RSD=2.93)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 181.67 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=1.59) Pyridine เฉลี่ย 315 ± 69.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.05) Caffeine เฉลี่ย $15,450 \pm 476.97$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=3.09) Quinic Acid เฉลี่ย $4,135 \pm 103.32$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.5) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 95 ± 17.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=18.23) Trigonelline เฉลี่ย $3,543.33 \pm 385.53$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=10.88) Pyrene เฉลี่ย 4.15 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=1.2) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.68 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.04) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.03 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.37) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 0.67 ± 0.15 ppb unit

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 215.68 ± 44.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=20.73) Pyridine เฉลี่ย 607.67 ± 211.27 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=34.77) Caffeine เฉลี่ย $17,230 \pm 2,283.91$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=13.26) Quinic Acid เฉลี่ย $6,384 \pm 1,645.89$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=25.78) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 121.17 ± 26.15 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.58) Trigonelline เฉลี่ย $5,176.67 \pm 2,326.99$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=44.95) Pyrene เฉลี่ย 3.93 ± 1.17 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=29.78) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.69 ± 0.16 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=23.81) Fluoranthene เฉลี่ย 0.22 ± 0.09 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.23) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.05 ± 0.66 ppb unit (%RSD=32.25) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.01 (%RSD=2.77)

5) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) ด้วยเครื่อง E-nose ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $50.29 \pm 13.28\%$ (%RSD=26.41) Blackcurrant เฉลี่ย $21.76 \pm 7.06\%$ (%RSD=32.43) Butter เฉลี่ย $23.24 \pm 5.57\%$ (%RSD=23.99) Caramel เฉลี่ย $24.12 \pm 4.41\%$ (%RSD=18.3) Roasted peanuts เฉลี่ย $25.59 \pm 5.83\%$ (%RSD=22.79) และ Roasted coffee เฉลี่ย $33.24 \pm 8.09\%$ (%RSD=24.34)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $41.5 \pm 11.32\%$ (%RSD=27.27) Blackcurrant เฉลี่ย $25.5 \pm 6.43\%$ (%RSD=25.23) Butter เฉลี่ย $29 \pm 5.16\%$ (%RSD=17.81) Caramel เฉลี่ย $25.5 \pm 2.84\%$ (%RSD=11.13) Roasted peanuts เฉลี่ย $29 \pm 3.16\%$ (%RSD=10.9) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30% (%RSD=0)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $31.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=9.11) Blackcurrant เฉลี่ย $16.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=17.32) Butter เฉลี่ย $13.33 \pm 2.89\%$ (%RSD=21.66) Caramel เฉลี่ย $16.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=17.33) Roasted peanuts เฉลี่ย 25% (%RSD=0) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30% (%RSD=0)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่น

ของ Garden Peas เฉลี่ย $45.5 \pm 13.28\%$ (%RSD=29.2) Blackcurrant เฉลี่ย $22.5 \pm 6.92\%$ (%RSD=30.74) Butter เฉลี่ย $24.17 \pm 6.83\%$ (%RSD=28.28) Caramel เฉลี่ย $23.83 \pm 4.49\%$ (%RSD=18.83) Roasted peanuts เฉลี่ย $26.67 \pm 4.97\%$ (%RSD=18.64) และ Roasted coffee เฉลี่ย $31.83 \pm 6.23\%$ (%RSD=19.56)

6) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.18 ± 0.39 คะแนน (%RSD=12.37) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.24 ± 0.44 คะแนน (%RSD=13.51) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.97 ± 0.45 คะแนน (%RSD=15.14) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.12 ± 0.33 คะแนน (%RSD=10.65) และ คะแนนเฉลี่ย 3.13 ± 0.28 คะแนน (%RSD=8.79)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.25 ± 0.26 คะแนน (%RSD=8.1) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.1 ± 0.21 คะแนน (%RSD=6.8) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.28 คะแนน (%RSD=9.6) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.05 ± 0.15 คะแนน (%RSD=5.18) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.14 คะแนน (%RSD=4.68)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.5 คะแนน (%RSD=0) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 2.83 ± 0.58 คะแนน (%RSD=20.38) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.83 ± 0.29 คะแนน (%RSD=10.19) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.17 ± 0.19 คะแนน (%RSD=9.12) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.26 คะแนน (%RSD=8.46)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.23 ± 0.34 คะแนน (%RSD=10.54) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.15 ± 0.4 คะแนน (%RSD=12.61) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.38 คะแนน (%RSD=12.86) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.1 ± 0.28 คะแนน (%RSD=8.88) และ คะแนนเฉลี่ย 3.11 ± 0.23 คะแนน (%RSD=7.43)

7) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 กับพันธุ์คาติมอร์สายพันธุ์อื่นๆ (H4 2 0 /9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9

ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-23 และ H528/46 ML2/10-29-65-23)

ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลง ในองค์ประกอบทางเคมี ด้านคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, Total Acid Content, Ash Alkalinity, Sugar Content, Nitrogen contain, Furans, Pyridine, Caffeine, Quinic Acid, Chlorogenic Acid, Trigonelline, Pyrene, Benzo[a]pyrene, Fluoranthene, Ochratoxin A, kahwoel/cafestol ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose ได้แก่ Garden Peas (กลิ่นถั่ว) Blackcurrant (กลิ่นแบล็คเคอแรนท์) Butter (กลิ่นเนย) Caramel (กลิ่นคาราเมล) Roasted peanuts (กลิ่นถั่วคั่ว) และ Roasted coffee (กลิ่นกาแฟคั่ว) ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ได้แก่ สายตา (Visual) กลิ่น (Olfactive) รสชาติ (Gustative) และความพึงพอใจ (General Impression) เนื่องจากวิเคราะห์ไม่ครบทุกตัวอย่างในแต่ละสถานที่และวิธีการแปรรูป ดังนั้นหากต้องการพัฒนาเพิ่มมูลค่า และคุณค่า กาแฟ โดยสร้างอัตลักษณ์กาแฟในแต่ละสถานที่ ทั้งกลิ่น รสชาติ วิถีชีวิต และถิ่นที่ปลูก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะดังกล่าวเพิ่มเติม รวมถึงปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดกาแฟดิบ ได้แก่ แคลเซียม ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี โบรอน และ strontium (Sr) ในเมล็ดกาแฟดิบ ซึ่งสามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการจำแนกแยกถิ่นกำเนิดของเมล็ดกาแฟ

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา

การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา เป็นการรวบรวมทุกลักษณะประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ประวัติของพันธุ์ การปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะเฉพาะของกาแฟแต่ละพื้นที่และการกำหนดคุณภาพ รสชาติกาแฟเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพื้นที่ อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ตัวอย่างกาแฟในพื้นที่จังหวัดชุมพร และระนอง เป็นตัวแทนของกาแฟโรบัสตา โดยลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางถึงสูง ขนาดเมล็ดกาแฟจากการสีสดและตากแห้ง ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด พันธุ์ 84-4 เมล็ดกาแฟของจังหวัดชุมพรมีน้ำหนักตามเกณฑ์มาตรฐาน (15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนเมล็ดกาแฟจากจังหวัดระนองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเกินมาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ 84-4 ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสม ชุมพร 2, ชุมพร 84-5 จังหวัดชุมพร มีเมล็ดขนาดเล็ก ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 14 มากที่สุดเฉลี่ย 42.75 และ 50.11 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ 84-5 มีขนาดเมล็ดเบอร์ 16 23 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดระนอง ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเมล็ดเบอร์ 14 ส่วนพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเมล็ดเบอร์ 17 มากที่สุด 23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษาและสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ การจัดทำเอกลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่นหรือพื้นที่ ควรมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี การชิมรสชาติ ให้ครอบคลุมมากกว่านี้เพื่อประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไป

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้งสารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 การจำแนกอัตลักษณ์กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol โดยสาร Kahweol จะพบปริมาณมากในกาแฟอาราบิก้าและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสต้า นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอาราบิก้าที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมาก จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าของประเทศไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุดคือในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ (Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับจำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) พบว่า ปริมาณเมล็ดดำและปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอาราบิก้า และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้ง และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบ และพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ การหมักเมือกกาแฟจากจุลินทรีย์ถือเป็นการผลิตกาแฟอาราบิก้าให้ได้คุณภาพที่ควบคุมได้ โดยภาวะการหมักที่เหมาะสมรวมทั้งปัจจัยที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพนี้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่ที่ได้จากการทดลองได้แก่ AAF technique ที่ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine และการเติมอากาศในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักที่ 5 มิลลิตรต่อนาที่และควบคุมความเป็นกรดต่างให้อยู่ที่ pH 4.5 พบสารให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ที่เกิดจากการหมัก ได้แก่ กลุ่มกรดอินทรีย์และกลิ่นกลุ่มเอสเทอร์ปริมาณมากกว่าการหมักแบบปกติ โดยเมื่อทดสอบโดยวิธี SCAA cupping score methods คะแนนการทดสอบชิมสูงถึง 83 -85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee) การหมักกาแฟอาราบิก้าในระบบปิด โดยใช้หัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15

ในการเร่งการหมักและการหลุดลอกของเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติที่มีอุณหภูมิระหว่าง 14-27 °C และระบบหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5-8 สามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง และกาแฟที่ได้จากการหมักโดยใช้หัวเชื้อยีสต์มีคะแนนการชิม (Cupping score) ดีกว่าการหมักที่เกิดขึ้นเองตาม ถังหมักกาแฟต้นแบบที่พัฒนาโดยหลักการ Single stage pilot ประกอบด้วยการตัวถังที่ผลิตจากสแตนเลส 304 เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ระบบเติมอากาศที่ไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาทีจากปั๊มลมจากภายนอกเพื่อให้เกิด flux air ที่ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวัน ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อมิลลิลิตร การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรกคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Streptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซอส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ การทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้และทดสอบการหมักโดยใช้เอนไซม์ จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในซั้ซมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum*, ยีสต์และจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเมื่อหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟสั้นกว่าจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม

โครงการวิจัยและพัฒนากาแฟคุณภาพ ประกอบด้วยการวิจัยต้นแบบกระบวนการใหม่ระดับกิ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 กระบวนการ ได้แก่ เทคโนโลยีการหมักจำลองกระเพาะอาหารสัตว์ (Bio-processing techniques) และเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากการหมักกาแฟ, ต้นแบบผลิตภัณฑ์ระดับอุตสาหกรรมและกิ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 ต้นแบบ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์สำหรับหมักกาแฟคุณภาพจำนวน 1 ชนิดและสารเคลือบสัมผัสจากเพคตินสกัดจากเชอร์รี่กาแฟและเมือกกาแฟ, องค์ความรู้ใหม่ จำนวน 1 องค์ความรู้ได้แก่ เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบอัตลักษณ์กาแฟโดยหลักการ Chemometric โดยการวิเคราะห์สาร Diterpenes นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะและการฝึกอบรม ได้แก่ เทคโนโลยีการหมักกาแฟคุณภาพ ภายใต้โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟพรีเมียมปี 2564

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

โครงการที่ 1 โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา

จากการดำเนินงานโครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา สามารถสร้างลูกผสมกาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่ และคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีแนวโน้มในการให้ผลผลิตสูง ในเบื้องต้นคัดเลือกได้จำนวน 16 ต้น ซึ่งเมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตได้ครบถ้วนจะนำมาทำการเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อคัดพันธุ์ดีอีกครั้ง สำหรับกาแฟโรบัสตาสายพันธุ์กาวหนามีแนวโน้มดีอีก 6 พันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตครบถ้วนจะนำเสนอพันธุ์ที่ดีเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและเผยแพร่เป็นพันธุ์ปลูกแก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป และจะใช้เป็นฐานเชื้อพันธุ์กรรม

สำหรับต่อยอดงานปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณภาพมีมูลค่าเป็นที่สนใจของเกษตรกรและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ข้อมูลการปลูกกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือ หรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกกาแฟโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกกาแฟเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ลดการนำเข้าเมล็ดกาแฟซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคเกษตรกรและภาคเอกชนตลอดห่วงโซ่มูลค่า (value chain) สินค้ากาแฟ

โครงการที่ 2 โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้า

1. ได้พันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ให้ผลผลิตและรสชาติดีที่พร้อมออกเป็นพันธุ์แนะนำ 2 พันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และได้เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 19 ก.ค. 2564 คือ พันธุ์เชียงราย 1 และ เชียงราย 2 ตามลำดับ

2. ได้พันธุ์กาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ก้าวหน้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนส สำหรับศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป 2565-2567 จำนวน 23 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFIC No.1-T8, CIFIC No.1-T15, CIFIC No.1-T16, CIFIC No.1-T51, CIFIC No.2-T10, CIFIC No.2-T14, CIFIC No.2-T21, CIFIC No.2-T27, 1/1 B2T5, 1/4 B3T3, 2/12 B1T3, 2/12 B2T1, 2/12 B2T3, 2/27 B4T5, 2/22 BC B5T1, 2/57 BC B6T76, ลูกผสมของ Catimor CIFIC 7963-13-28 x 1/4 B3 SF (Caturra vermelho), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 2/20 B2 SF (H.420/9 ML2/4-78-62-34), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T8 (Catimor CIFIC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/14-2 B7 T10 (Sanramon X H.420/9 ML2/4-78-62-26), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T9 (Catimor CIFIC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/2-1 B7 T6 (H.528/46ML2/10-29-65-29 X Sanramon), 3/2-1-T7-B7

3. ได้สายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส ในปี 2568-2570 จำนวน 18 สายต้น ได้แก่ 6-2 (51-269), Catuai km18, H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19, H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1, H7262/8-2 B6/1T3, H306 1/7EK, 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8, 5-4-2764 ต้นที่ 9 และ 4-1-130-35

4. ได้แหล่งรวบรวมพันธุ์กรรมของกาแฟอาราบิก้า อย่างน้อย 4 แหล่ง 5,423 สายพันธุ์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้าในอนาคต

5. ได้ข้อมูลว่า เมล็ด Peaberry สามารถเพาะและงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ และให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเช่นเดิม ซึ่งการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อ ร่วมกับพันธุ์กรรม

6. ได้เทคนิคการตรวจสอบยืนยันที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอาราบิก้า ได้แก่ วิธีการคัดเลือกลูกผสมกาแฟอาราบิก้าต้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยืนยันต้านทานโรค, การคัดเลือกลูกผสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม และวิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation

7. ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะพบว่าเป็น เชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้ เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล

8. ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR มีค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 0.72 ถึง 1.00 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม

โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา

1. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ
2. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยวและเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล
3. ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆ มีค่าระหว่าง $313 - 485 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง $19-73 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$
4. ด้านดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล
5. การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ ($1,800-2,000 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชันในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชัน Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, $\mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ

ศึกษาปริมาณการให้น้ำแบบหยดกับกาแฟอาราบิก้า

(1) ผลจากการให้น้ำกับต้นกาแฟอาราบิก้าในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญด้านความสูงของและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นมากกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chemura (2014) ที่พบว่าการให้น้ำในปริมาณที่สูงและมากเพียงพอ ส่งผลให้การเจริญความสูงต้นและขนาดลำต้นของกาแฟมากกว่าต้นกาแฟที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือขาดน้ำ

(2) จำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อของต้นกาแฟที่มีการให้น้ำ มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ในปี 2561 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.31 และ 12.26 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวนผลต่อข้อเท่ากับ 14.27 และ 11.95 ผล/ข้อ ตามลำดับ และในปี 2562 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.03 และ 11.85 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวนผลต่อข้อเท่ากับ 12.79 และ 11.91 ผล/ข้อ ตามลำดับ

(3) ผลผลิตกาแฟอาราบิก้าที่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติ จากต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ผลผลิตกาแฟปี 2560 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 1.99 และ 1.69 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 471.7 และ 407.5 กรัม/ต้น ตามลำดับ ผลผลิตปี 2561 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2.02 และ 1.35 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 452.3 และ 300.1 กรัม/ต้น ตามลำดับ และผลผลิตปี 2562 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 1.74 และ 1.43 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 401.3 และ 315.7 กรัม/ต้น ตามลำดับ

(4) การให้น้ำกับต้นกาแฟอาราบิก้าในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลต่อกิ่ง และปริมาณผลผลิตกาแฟสูงกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Tesfaye Shimber *et. al* (2013) ที่พบว่าการให้น้ำแก่ต้นกาแฟในปริมาณที่มากเพียงพอ ส่งผลให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลกาแฟต่อกิ่ง จำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตกาแฟผลสดสูงกว่าที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือไม่เพียงพอ

การศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าลูกผสมชั่วที่ 1 โดยวิธีการ Micro – Cutting และ Somatic Embryogenesis

(1) การชักนำให้เกิดแคลลัส (embryogenic callus induction) ในกาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ H.528/46 ML2/10-29-65-23 พบว่า ขึ้นส่วนใบเริ่มสร้างแคลลัส เมื่อเลี้ยงด้วยสูตรอาหารกรรมวิธี 3 (MS/4 + IAA 5 mg/L) เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 5 เดือน โดยแคลลัสจะมีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ที่เกาะตัวกันมีสีขาวอมเหลือง มีความมันวาวในตัวเอง โดยในส่วนของแคลลัสบางส่วนนั้น มีการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอโดยตรง (ภาพที่ 2.1ข) ซึ่งเรียกว่า Direct embryos เป็นต้นอ่อนที่ได้จากกระบวนการ Somatic embryogenesis อีกแบบหนึ่ง โดยอัตราการสร้างแคลลัสอยู่ที่ 6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการสร้างแคลลัสเพิ่มขึ้นเป็น 54 เปอร์เซ็นต์เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 7 เดือนและเริ่มพบ Direct embryos ในเดือนที่ 5 และสามารถย้ายปลูก Direct embryos จำนวน 200 ต้น ในเดือนที่ 7 และกรรมวิธีที่ 4 (IAA 2 mg/L + 2,4-D 1 mg/L) พบว่าแคลลัสจะพัฒนาเป็น Direct embryos มากกว่าเป็น embryogenic callus จากผลการทดลองนี้พบว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสในกาแฟอาราบิก้านั้น อาหารที่ใช้จะเป็น

อาหารสูตร MS เป็นหลักเช่นเดียวกับกาแฟโรบัสตา แต่ในกาแฟอะราบิกานั้นจะมีการเติมฮอร์โมนออกซิน ซึ่งในการทดลองนี้มีทั้งการใช้ IAA และ 2,4-D

(2) การผลิตต้นอ่อนรูปตอปีโด (torpedo embryo production) เมื่อหลังจากได้แคลลัสจากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 แล้ว คัดกลุ่มแคลลัสที่มีศักยภาพ ภายใต้กล้องสเตอริโอ คัดเลือกแคลลัสที่ยังเกาะกลุ่มกัน (ภาพที่ 2.2ก) มีความยาว สีขาวอมเหลือง และคัด ต้นอ่อนโดยตรง (direct embryos) ออกจากกลุ่มแคลลัส ชั่งน้ำหนักแคลลัสที่ 0.03 กรัม นำแคลลัสไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว MS+BAP 1 mg/L, 100 ml เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และเปลี่ยนเป็นอาหารเหลว MS ไม่เติมฮอร์โมน 500 ml โดยทำการเปลี่ยนอาหารทุกๆ 2 สัปดาห์ ในขั้นตอนนี้ให้เลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบแนวนอนตลอดเวลา จนกระทั่งแคลลัสพัฒนาเป็นต้นอ่อนรูปตอปีโด ซึ่งใช้เวลา 10 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโดได้จำนวน 16.20 กรัม ข้อจำกัดในขั้นตอนนี้จะต้องควบคุมไม่ให้เครื่องเขย่าหยุดทำงานเกิน 1 ชั่วโมง

(3) การชักนำให้ต้นอ่อนรูปตอปีโดเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง (*in vitro* pregermination)

เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโดจากอาหารเหลว ได้ต้นอ่อนรูปตอปีโดจำนวน 16.20 กรัม วางต้นอ่อนรูปตอปีโดบนกระดาษซับที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 7 วัน เพื่อทำลายการพักตัวของต้นอ่อน จากนั้นชั่งต้นอ่อนจำนวน 1 กรัม นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร 1/2MS +BAP 0.5 mg/L ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ อย่างไรก็ตามต้นอ่อนรูปตอปีโดจำนวน 16.20 กรัม ไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริงได้ เนื่องจาก ต้นอ่อนรูปตอปีโดไม่เจริญเติบโต เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็น คาดว่า สาเหตุเกิดจากช่วงการชักนำให้เป็นต้นอ่อนรูปตอปีโดในอาหารเหลวนั้น เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องเกินกว่า 2 ชั่วโมง เครื่องเขย่าหยุดการทำงานเกินกว่า 1 ชั่วโมง ทำให้การเขย่าของอาหารเหลวไม่ต่อเนื่อง เป็นเหตุให้ต้นอ่อนรูปตอปีโดที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกิดการขาดออกซิเจน การเจริญเติบโตชะงัก ถึงแม้ว่าการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปีโด เมื่อครบ 10 สัปดาห์ จะไม่พบความผิดปกติของต้นอ่อนรูปตอปีโดมากนัก แต่เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเพื่อชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่เกิดใบจริง ต้นอ่อนเปลี่ยนเป็นสีดำและไม่เจริญเติบโต

ในขั้นตอนการชักนำให้เกิดแคลลัสนั้น บางส่วนของชิ้นส่วนพืชได้พัฒนาเป็น Direct embryos ทำการรวบรวม Direct embryos จากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มาชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง โดยเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง สูตร 1/2MS +BAP 0.5 mg/L ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ ได้ต้นอ่อนที่มีใบจริงจำนวน 400 ต้น นำไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ

จากการรวบรวมต้นอ่อนที่ได้จาก Direct embryos จำนวน 400 ต้น เพื่อย้ายไปเป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้อ้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรกลางเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 %

สามารถผลิตต้นอ่อนที่มีใบจริงได้จำนวน 400 ต้น เพื่อย้ายไปเป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้อ้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรกลางเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5

(4) การอนุบาลในเรือนเพาะชำ (*Ex vitro* pregermination)

เมื่อได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง 2-3 คู่ จะย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

(4.1) การอนุบาลในตระกร้า ผสมวัสดุปลูกโดยใช้ พีทมอส (peat moss) ขาวและดำ ในอัตราส่วน 1:1 ผสมให้วัสดุปลูกมีความชื้นประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ นำไปเก็บในอุโมงค์พลาสติกที่ควบคุมอุณหภูมิภายในไม่ให้เกิน 35 องศาเซลเซียส และมีการพรางแสงประมาณ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ จากการอนุบาลต้นอ่อนที่มีใบจริงในตระกร้าเป็นเวลา 4 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ พบว่า ทำการย้ายอนุบาลจำนวน 400 ต้น โดยเป็นการอนุบาลคละขนาดของต้นอ่อน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนกาแฟอาราบิกาสายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-661-36 นั้น สูตรอาหารที่ใช้ กับสายพันธุ์อื่นยังไม่สามารถกระตุ้นให้สายพันธุ์นี้สร้างแคลลัสได้ มีเพียงปฏิกิริยา คือ สร้างฟองน้ำขึ้น ดังนั้น จะต้องมีการศึกษาถึงอัตราของฮอร์โมนต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้กาแฟสายพันธุ์นี้สามารถสร้างแคลลัสได้อีกต่อไป

การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอาราบิกาทามผลวิเคราะห์ดินและพืช

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟประกอบด้วย การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบและผล ธาตุอาหารในดิน ปริมาณผลผลิตที่ต้องการ นำทั้งหมดมาคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่กาแฟต้องการในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ดังผลการทดลองดังนี้

1. ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟอาราบิกา

1.1 ผลวิเคราะห์ใบและผลกาแฟ จากการเก็บตัวอย่างใบกาแฟจากต้นอายุ 5 ปี อ.แม่สรวย จ. เชียงราย ในปี 2559 จำนวน 4 แปลง ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ (ตารางที่ 2.8) โดยปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) พบมีค่าสูง 2.85-4.38 % ธาตุฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก 0.06-0.14 % ธาตุโพแทสเซียม (K) อยู่ในระดับปานกลาง 1.42-3.06 % สำหรับจุลธาตุได้แก่ สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) มีค่าต่ำ ส่วนปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) พบในใบสูงมากมีค่า 175-328 mg/kg (ตารางที่ 2.8) ส่วนปริมาณธาตุอาหารในผลกาแฟพบว่า N พบมากในส่วนเมล็ดโดยเฉพาะเมล็ดในร่ม 2.75% K อยู่ในส่วนของเปลือกนอกมากกว่าส่วนอื่นๆ โดยพบสูงถึง 2.8%

1.2 ผลวิเคราะห์ดินใต้ต้นกาแฟ

ดินเป็นกรดค่า pH 5.1-5.5 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ปานกลาง-สูง มีค่า 27-213 ธาตุโพแทสเซียม (K) สูงมาก 434-690 แคลเซียม (Ca) ปานกลาง-สูง 918-2,007 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโบรอน (B) มีค่าต่ำ จากผลวิเคราะห์ดินมีความเหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิกาซึ่ง Haarer, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิกาควรเป็นดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรีย์วัตถุสูงและมีโปแตสที่เป็นประโยชน์

วิธีคำนวณความต้องการธาตุอาหาร NPK ตามค่าที่วิเคราะห์ได้เทียบกับผลผลิต

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/น้ำหนักแห้ง) (A)

$A = \text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากใบและผล} \times \text{น้ำหนักแห้งสุ่ม}/100$

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/ตารางเมตร) (B)

$$B = A \times \text{น้ำหนักผลผลิต/น้ำหนักสดส้ม}$$

โดยความเข้มข้นของธาตุอาหาร : ค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างผลผลิต (%)

น้ำหนักแห้งส้ม : น้ำหนักแห้งตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิตในพื้นที่ 1 ตารางเมตร (กรัม/ตารางเมตร)

น้ำหนักสดส้ม : น้ำหนักสดตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต ในพื้นที่ 1 ไร่ (กก./ไร่) (C)

$$C = B \times \text{น้ำหนักผลผลิต} \times \text{พื้นที่ 1 ไร่} / 1000$$

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิต (กก.)

พื้นที่ 1 ไร่ : พื้นที่ 1,600 ตารางเมตร

ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหาร N, P₂O₅ และ K₂O ของกาแฟพบว่า ต้องการ 43, 12 และ 26 กก./ไร่ หรือสัดส่วน 4:1:3 ต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่ นำค่าที่ประเมินไปทดลองในแปลงทดลองตามกรรมวิธี คือใส่ปุ๋ย 46-0-0 63 กก./ไร่/ปี (N = 0.75 เท่าของความต้องการธาตุอาหาร) 46-0-0 84 กก. (N = 1 เท่า) 46-0-0 126 กก. (N = 1.5 เท่า) โดยทุกกรรมวิธี ใส่ปุ๋ย 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี เท่ากัน กรรมวิธีควบคุมคือการใส่ปุ๋ย 15-15-15+13-13-21 อัตราอย่างละ 100 กก./ไร่/ปี

2. ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลกาแฟอาราบิก้า

ผลวิเคราะห์ดินก่อนทดลอง เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกวิเคราะห์สมบัติของดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายเป็นกรด ค่า pH 4.7-5.4 อินทรีย์วัตถุ 2.08-3.12 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 11-44 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 110-325 และเหล็ก 69-92 มก./กก. ซึ่งพบในระดับสูง ส่วนโครงการพัฒนาตอยตุงดินเป็นกลาง ค่า pH 6.1-6.6 และดินมีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงกว่าดินที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายส่วนธาตุอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนดินที่ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟเชียงรายใหม่ pH 5.4 อินทรีย์วัตถุ 3.35 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 17 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 500 มก./กก.

2.1 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ขนาดโคนต้นกาแฟอาราบิก้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (N 1 เท่า) ปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 3.70 ซม. ผลการทดลองที่โครงการพัฒนาตอยตุง ต้นกาแฟอายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ย N 1.5 เท่าของอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร ปุ๋ย 46-0-0 126 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 2.90 ซม. ส่วนความสูงต้นของกาแฟที่ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟเชียงรายใหม่อยู่ระหว่าง 181-185.3 ซม. ขนาดโคนต้น 4.10-4.31 ซม.

2.2 ผลผลิต

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 1,175.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N อัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (1 เท่า) น้ำหนักผล 1,044 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทั้ง 2 กรรมวิธี ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ซึ่งมีผลผลิตต่ำที่สุด 988 กก./ไร่

ส่วนในปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,705 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,542 กก./ไร่ สอดคล้องกับผลการทดลองในปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ให้น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,543 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,102 กก./ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า สูงที่สุด น้ำหนักผลเฉลี่ย 1,430.7 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลเฉลี่ย 1,273 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลเฉลี่ย 3 ปีเท่ากับ 1,060 และ 1,025 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสตกเฉลี่ย 3 ปี การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 520.7 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักสตกเฉลี่ยต่ำที่สุด 379.1 และ 371.3 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาในกรรมวิธีที่ 1 เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 252.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 0.75 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 มีค่าเฉลี่ย 225.3, 179.7 และ 185.0 กก./ไร่ ตามลำดับ

น้ำหนักผลสดกาแฟดิบปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,153 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า มีน้ำหนักผลสด ดังนี้ 1,010 957 และ 722 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,076 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผล 802 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 741 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 577 กก./ไร่ และปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 260 กก./ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 935.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 755.7 กก./ไร่ ปุ๋ย 15-15-15 652.7 กก./ไร่ และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่ำที่สุด 593.7 กก./ไร่ น้ำหนักสตกเฉลี่ย 3 ปี กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 352 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 175.7 กก./ไร่ สูงกว่าทุกกรรมวิธี

โครงการพัฒนาอยตุง น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 166 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 163 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 881 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับปุ๋ย N 1 เท่า 806 กก./ไร่ ทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 281 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 530 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 404 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 365 และ 364 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1 เท่าสูงที่สุด 500.7 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 482.4 กก./ไร่ น้ำหนักสตกเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1 เท่าสูงสุด 194.0 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 193.7 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 106.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 98.0 กก./ไร่

น้ำหนักผลสดกาแฟดิบปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 322.7 กก./ไร่ ปี 2562 ผลการทดลองสอดคล้องกับปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 307.7 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 51.8 กก./ไร่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสด 2 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่าสูงที่สุด 315.2 กก./ไร่ น้ำหนักสตกเฉลี่ย 157.8 และ น้ำหนักแห้งกะลา 64.6 กก./ไร่

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ ปี 2562 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 348.9 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสด 293.6 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 186.5 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ 55.4 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ปี การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 กรรมวิธี ปุ๋ย N 1 เท่า และ 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดเท่ากับ 174.5 และ 187.9 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 81.9 และ 91.4 กก./ไร่ และน้ำหนักแห้งกะลา 31 และ 33.1 กก./ไร่

จากผลการทดลองทั้ง 3 แห่ง การจัดการปุ๋ยเคมีในกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่ภาคเหนือ การใส่ปุ๋ย อัตราตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ คือ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 43 กก./ไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 12 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม 26 กก./ไร่ หรือการใส่ปุ๋ย 46-0-0 84 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่งเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือน สิงหาคมให้ผลผลิตน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลาและน้ำหนักแห้งกะลาดีกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ

2.3 คุณภาพผลผลิต ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟหลังบ่ม 1 ปี การใส่ปุ๋ยกาแฟคาร์ติมอร์ N 0.75, 1, 1.5 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าระหว่าง 0.63-0.95% ส่วนทิปปิกา มีค่าระหว่าง 0.69-0.93%

น้ำหนักเมล็ดกาแฟ 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกาแฟคาร์ติมอร์ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุดในปี 2563 คือ 17.28 กรัม ส่วนทิปปิกา การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุด คือ 21.72 และ 20.96 กรัมในปี 2562 และ 2563 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำที่สุด 18.64 และ 17.12 กรัม

ขนาดของเมล็ดกาแฟ นำเมล็ดสีเอากะลาออกโดยใช้เครื่องสีกะลาและได้สารกาแฟ คัดแบ่งเกรด ได้ดังนี้ กาแฟคาร์ติมอร์การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 ปี 2561 42, 53 %, ปี 2562 55, 48%, และ ปี 2563 48, 49% ไม่แตกต่างทางสถิติแต่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 อยู่ระหว่าง 25-42.5%

กาแฟทิปปิกา การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 สูงที่สุด โดย ปี 2561 55, 56%, ปี 2562 58, 56%, และปี 2563 38, 50% ทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 มีค่าต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย ปี 2561 43% ปี 2562 41% และปี 2563 39%

3. ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย

ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี อัตรา N 0.75, 1, 1.5 เท่า และ ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 2,196 2,473 3,027 และ 3,160 บาท/ไร่

รายได้หลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ และ 10,620 บาท รายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่

การใส่ปุ๋ยกาแฟในอัตราตามความต้องการธาตุอาหารเป็นการให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตรงตามที่ต้องการโดยให้ในรูปของปุ๋ยเคมี จึงทำให้กาแฟมีน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลา รวมทั้งน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 13-13-21 ซึ่งเมื่อเทียบธาตุอาหารแล้วการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ตัว ดังกล่าวในอัตรา 100 กก./ไร่ ต้นกาแฟจะได้รับธาตุไนโตรเจน (N) 28 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 28 กก. และ โพแทสเซียม (K_2O) 36 กก./ไร่ ในขณะที่กาแฟต้องการธาตุอาหาร N 43 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และ โพแทสเซียม 26 กก./ไร่ เท่านั้น จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยไม่ถูกอัตรา คือ N ได้รับน้อยไปส่วน P_2O_5 และ K_2O ได้รับมากเกินไปความต้องการเป็นเหตุให้ผลผลิตที่ได้ต่ำและเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีต่อไร่ให้สูงขึ้นส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนต่ำ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบกาแฟพบว่า มี N 3%, P_2O_5 0.2% และ K_2O 2.6% (Reuter and Robinson, 1986) และได้มีคำแนะนำให้มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตรงตามอัตราที่พืชต้องการจึงทำให้ตอบสนองต่อผลผลิตให้เพิ่มขึ้นได้

การขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ตำนานราสนิม โดยวิธีโซมาติกเอ็มบริโอเจเนซิส

(1) ผลของ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับต่างๆต่อการชักนำการเกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกา

จากการนำใบอ่อนกาแฟอะราบิกาผสม F1 พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermelho x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermelho x K7) ที่ผ่านการอนุบาลในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 4-6 เดือน มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว แล้วตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมนำมาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม ซูโครส 30 กรัม/ลิตร และเติม 2,4-D. ร่วมกับ BAP เพื่อชักนำการเกิดแคลลัส โดยนำไปเลี้ยงในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 เดือน พบว่าหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน เริ่มมีแคลลัสเกิดขึ้นพันธุ์ พันธุ์ 1/1 B2T5 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด 62.5 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล และ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ที่ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 37.5 และ 25 ตามลำดับ พันธุ์ 1/4 B3T3 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ตามด้วย 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล เป็น 95.83 และ 87.50 ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ใน 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ส่วนใน 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 75.0 70.83 และ 66.67 ตามลำดับ ที่ระดับ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 45.83 และ 25 ตามลำดับ

เมื่อคัดเลือกแคลลัสมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณให้พัฒนาต่อ ได้แคลลัสในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนอาหารและเลี้ยงต่อเพื่อเพิ่มปริมาณเป็นเวลา 6-9 เดือน จากข้อมูลการเกิดและการพัฒนาของแคลลัสที่ได้จากการเลี้ยงใบกาแฟอะราบิกา พันธุ์ 1/1 B2T5 และพันธุ์ 1/4 B3T3 จะเห็นได้ว่าทั้งสองพันธุ์ มีการตอบสนองต่อ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกัน

(2) ผลของ BAP ในระดับต่างๆ ต่อการเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัสหรือชักนำการเกิดเอ็มบริโอในกาแฟอาราบิกา

จากการนำแคลลัสกาแฟอาราบิกาลูกผสม F1 ด้านทานราสนิม พันธุ์ 1/4 B3T3 และ 1/1 B2T5 ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณและผ่านการคัดเลือกแคลลัสที่มีคุณภาพ ลักษณะแคลลัส มีสีเหลือง เป็นก้อนแข็ง เกาะกันหลวมๆ สามารถพัฒนาต่อได้ นำมาเลี้ยง เพื่อชักนำการเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัส ในอาหารสูตร 1/2 MS ที่เติมซูโครส 30 กรัม/ลิตรและเติม BAP ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 2.0 3.0 และ 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระดับ BAP 3 มิลลิกรัม/ลิตร พันธุ์ 1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัส และชักนำการเกิดเอ็มบริโอสูงสุด ตามด้วย 2 4 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนในพันธุ์ 1/4 B3T3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอ็มบริโอจินิกแคลลัส และชักนำการเกิดเอ็มบริโอสูงสุดที่ระดับ BAP 4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามด้วย 3 1 และ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

(3) การพัฒนาเอ็มบริโอเป็นต้นอ่อนระยะที่มีใบเลี้ยง

จากการนำต้นอ่อนรูปตอปีโต ที่ย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2-3 เดือนพบว่าพันธุ์ 1/4 B3T3 และ 1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเกิดได้ต้นอ่อนที่มีความสูง 0.3-1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เป็น 19.5 และ 55.07 ตามลำดับ สำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอาราบิกาแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นแปลงปลูกกาแฟ

จากการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรและแปลงทดลองก่อนการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอาราบิกาในพื้นที่ จ.เชียงราย และเชียงใหม่วิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 4.5-5.8 ดินส่วนใหญ่มีความเป็นกรดซึ่งเหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟที่มีค่า pH ของดิน 4.5-6.5 และค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟคือ 5.0-5.5 เพราะจะควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) อินทรีย์วัตถุ (OM) 1.17-3.90% และมีแปลงทดลองจำนวน 1 แปลงที่มีค่าสูงมาก ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P_2O_5) มีค่าระหว่าง 2-99 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K_2O) 58-500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินดังกล่าวดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงต้นกาแฟสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีซึ่งสอดคล้องกับ Haaree, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิกาควรเป็นดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรีย์วัตถุสูง และมีโพแทสเซียม

ผลการตอบสนองของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตกาแฟ การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำหรือปุ๋ยทดสอบ ประกอบด้วยปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี น้ำหนักผลสดกาแฟเฉลี่ย 1,927.1 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเกษตรกร 1,477.2 กก./ไร่ เมื่อนำผลผลิตสดมาแปรรูปพบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาสด 829.8 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรให้น้ำหนักกะลาสด 580.2 กก./ไร่ ผลการบันทึกน้ำหนักกะลาแห้งการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาแห้ง 359.6 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรให้น้ำหนักกะลาแห้ง 261.9 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นดังนี้เพราะการใส่ปุ๋ยอัตรา

แนะนำเป็นการใส่ปุ๋ยที่ตรงตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ ดังผลการทดลองของศศิธร และคณะ, 2563 รายงานว่า ความต้องการธาตุอาหารของกาแฟต่อการให้ผลผลิต 2 ต้น/ไร่คือ ไนโตรเจน (N) 43 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 12 กก. และโพแทส (K_2O) 26 กก./ไร่/ปี สัดส่วนของ N: P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 4:1:3 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเกษตรกร อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ใส่ปุ๋ย 15-15-15 50 กก. 46-0-0 66 กก. และ 13-13-21 66 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 47 กก. P_2O_5 16 กก. และ K_2O 21.4 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับโพแทสเสริมน้อยเกินไป เกษตรกรเขตอ.เมือง และอ.แม่ลาวมีการใส่ปุ๋ย 15-15-15 46-0-0 และ 13-13-21 อัตราอย่างละ 50 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 37 กก. P_2O_5 14 กก. และ K_2O 18 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเสริมน้อยกว่าความต้องการธาตุอาหารทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าปุ๋ยอัตราแนะนำ ซึ่งธาตุอาหาร N และ K จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) จึงทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ผลตอบแทนที่ได้จากการขายผลผลิตและต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี รายได้จากการขายผลผลิตกาแฟสด การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำและการใส่ปุ๋ยเกษตรกรเท่ากับ 48,178 และ 36,930 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ย 2,434 และ 3,060 บาท/ไร่ ทำให้ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีแล้วการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำมีผลตอบแทน 45,744 บาท เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบเดิมได้ผลตอบแทนเพียง 33,870 บาท/ไร่ เท่านั้นถ้าเกษตรกรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากเดิม 11,847 บาท/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 26 และต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลง ร้อยละ 25.8

ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนควรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำคือปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี แบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละเท่าๆ กัน คือ 1) หลังตัดแต่งกิ่ง มค.-กพ. 2) หลังติดผล พค. และ 3) ผลขยายขนาด สค.

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การให้น้ำกับต้นกาแฟอาราบิก้าในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) หลังทำการตัดแต่งกิ่งในปริมาณที่มากเพียงพอ ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดของลำต้น ขนาดทรงพุ่มและการติดดอกที่ดีกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ

2. กาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ H.528/46 ML2/10-29-65-23 สามารถชักนำให้ขึ้นส่วนใบอ่อนสร้าง embryogenic callus และ direct embryos ด้วยอาหารสูตร MS/4 + IAA 5 mg/L และสามารถผลิตต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยวิธี somatic embryogenesis และได้ต้นกล้าที่อนุบาลในถุงดำจำนวน 266 ต้น

3. ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ในใบกาแฟพบมีค่าสูง 2.85-4.38 % ฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก 0.06-0.14 % โพแทสเซียม (K) ปานกลาง 1.42-3.06 % แมงกานีส (Mn) สูงมาก 175-328 mg/kg ส่วนดินปลูกกาแฟ ดินเป็นกรดค่า pH 5.1-5.5 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ปานกลาง-สูง มีค่า 27-213 ธาตุโพแทสเซียมสูงมาก 434-690 แคลเซียม (Ca) ปานกลาง-สูง 918-2,007 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโบรอน (B) มีค่าต่ำ ในเมล็ดกาแฟมี N สูง 2.75% ส่วนเปลือกนอกมี K สูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยพบสูงถึง 2.8%

4. การใส่ปุ๋ยอัตราตามความต้องการธาตุอาหารตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟคือ ปุ๋ยไนโตรเจน 43 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก./ไร่ และโพแทส 26 กก./ไร่ ให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 3 ปี 1,430.7 น้ำหนักสดกะลา 520.7 และน้ำหนักแห้งกะลา 252.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ร่วมกับ 13-13-21 อัตรา 100 กก./ไร่

น้ำหนักผลสด 1,060 น้ำหนักสดกะลา 379.3 และน้ำหนักแห้งกะลา 185.0 กก./ไร่ ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ย อัตราตามความต้องการธาตุอาหารสูงสุดเท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ มีรายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ยลดลง 21.7% และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 34.2% แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่ง เดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือน พฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาด เดือน สิงหาคม

5. ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้มากกว่าอัตราแนะนำ สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากพื้นที่สูงมีการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณฝนมาก ไนโตรเจนมีโอกาสสูญเสียไปได้ง่าย ไม่ควรใส่ปุ๋ยในครั้งเดียวคราวละมากๆ ควรแบ่งใส่ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามต้องการ

6. จากการศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ด้านทานราสนิม พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermelho x Sanramon) และ 1/1 B2T5 (Caturra vermelho x K7) โดยการนำชิ้นส่วนของใบอ่อนมาเพาะเลี้ยง สามารถชักนำให้เกิดการพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ โดยอาศัยกระบวนการโซมาติกเอมบริโอเจเนซิส ได้ต้นอ่อนที่มีใบจริงสำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ ทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

7. การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำมีผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร 11,874 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.0 ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25.8

กิจกรรมที่ วิจัยและพัฒนากาแฟและการจัดการศัตรูพืชของกาแฟและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

1. การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างกิ่ง ใบ และผลกาแฟที่แสดงอาการโรค จากพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เลย และ เพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง นำมาแยกเชื้อ พิสูจน์โรคศึกษาลักษณะทางสัณฐานและศึกษาชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลต เมื่อนำมาพิสูจน์โรคโดยการปลูกเชื้อให้กับต้นกล้ากาแฟ ต้นกล้ากาแฟเริ่มแสดงอาการแผลสีน้ำตาลหลังปลูกเชื้อได้ 5 วัน ผลการศึกษา ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเกี่ยวกับการใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980,1992) และวิรัช และคณะ (2528) จึงจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาที่ได้ ทำการศึกษาครั้งนี้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกชนิด ซึ่งพบปัญหาในการจำแนก เนื่องจากรา *Colletotrichum* spp. บางไอโซเลต มีลักษณะของโคโคนีแตกต่างกันแต่รูปร่างของโคโคนีเหมือนกัน และบางไอโซเลตมีลักษณะของโคโคนีไม่แตกต่างกัน แต่โคโคนีมีรูปร่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำเทคนิคทางอนุชีววิทยาเข้ามาช่วยในการจัดจำแนกชนิดรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกา ที่รวบรวมจากต่างสถานที่และความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน เพื่อสนับสนุนให้ข้อมูลของชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อราที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษากาแฟป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอะราบิกา ในการศึกษาพบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสทุกกรรมวิธี สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการจัดการตัดแต่งกิ่ง

มีผลใกล้เคียงกับการใช้สารป้องกันกำจัด ส่วนอาการบนผลจะพบมากในช่วงใกล้การเก็บเกี่ยว สารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอะราบิกานับได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การทดลองการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน พบว่า ทั้งในพื้นที่แปลงกาแฟอะราบิกาของเกษตรกร อ.แมริม และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ ตัดแต่งกิ่งกาแฟ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟดีที่สุด รองลงมาคือ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ ร่วมกับ กับดัก ฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมทิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดดังกล่าวเป็นการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เพื่อก้าวสู่การผลิตกาแฟแบบอินทรีย์ ยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟ สร้างมูลค่าเพิ่ม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และควรร่วมมือกันทำการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในทุกพื้นที่อย่างจริงจัง ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา เพื่อลดการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟที่จะระบาดในรุ่นต่อไป

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม โดยศึกษาลักษณะสี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อย

ความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลา พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอนเป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาคือจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกาแฟสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบสารที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.65 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา

ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันในข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ด

กาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซนต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซนต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 - 24 เดือน และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลา ในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มว่าคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพการชิมสูงที่สุด ในชนิดของถุงที่เก็บรักษาเมื่อ 31 เดือนวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ในสวนกาแฟ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญต่อต้านกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่าวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบและการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ โดยใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญต่อต้านกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสาร acetochlor และ oxyfluorfen ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงหลังจากพ่นที่ระยะ 81 วัน พบปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสารตกค้างทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสอบสารตกค้างในดินพบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

โครงการที่ 4 โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น

กำหนดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห่ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดรีวพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ

เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือแบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนี้จะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกจากช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเสียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อเทียบกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกาแฟอะราบิก้า จำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบแกนที่ 1 (P17T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้าน แบบแกนที่ 2 (P17T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบที่ แบบแกนที่ 3 (P22T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้านทดสอบ และแบบแกนที่ 4 (P22T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม.จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบ ที่ความเร็วแกนขัดระหว่าง 4.45-5.24 เมตร/วินาที พบว่าแบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมื่อก 1.9% ซึ่งน้อยกว่าแกนขัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี้ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาด สามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมื่อกเมื่อเทียบกับวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิก้าประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกกะลาเมื่อก และเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิก้า โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่อง

สามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41% แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงพอการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมงพบว่าเครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 % ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลบ.ม/ ชม.

โครงการที่ 5 ศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอาราบิกา

สำรวจ รวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอาราบิกา และการสัมภาษณ์เกษตรกร โดยแบ่งกระจายพันธุ์กาแฟอาราบิกาของกรมวิชาการเกษตรเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 กรมวิชาการเกษตรดำเนินการผลิตต้นกาแฟอาราบิกาแจกจ่ายแก่เกษตรกรโดยตรงและผ่านหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ลูกผสมชั่วที่ 4-6 จำนวนไม่น้อยกว่า 2,830,000 ต้น ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กรมวิชาการเกษตรพัฒนาพันธุ์จนได้กาแฟอาราบिकासายพันธุ์รับรอง เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ที่เป็นลูกผสมชั่วที่ 7 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และได้มีการกระจายพันธุ์ประมาณ 2,860,713 ต้น ในพื้นที่หลัก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ น่าน ซึ่งพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปางพบน้อยมาก

แบ่งกลุ่มกาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 สถานที่คือ กลุ่ม 1 พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 กลุ่ม 2 พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ และกลุ่ม 3 พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ คือ

1. ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ปลูกของกาแฟอาราบิกา พบว่า กาแฟอาราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ที่ปลูกในแต่ละสถานที่มีความแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา พืชที่ปลูกร่วม และปริมาณธาตุอาหารในดิน

2. ลักษณะทางกายภาพของกาแฟอาราบิกา พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในขนาดของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry และลักษณะของร่องกาแฟ

3. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมน้ำผึ้ง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมน้ำส้ม และดอกไม้ สำหรับพันธุ์คาติมอร์ทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ย 79.91 ± 2.42 คะแนน และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละ

พื้นที่ วิธีการแปรรูปและสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนบปังซิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ ดอกไม้ พืช แอ็บปริคอต พลัม เฮเซนัท กล้วยสุก อัลมอลต์ คาราเมล เนย แอปเปิล ดอกมะลิ มะนาว และการบูร

4. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มี pH เฉลี่ย 5.12 ± 0.17 (%RSD=3.53) Total Acid Content เฉลี่ย $3.43 \pm 1.56\%$ (%RSD=45.57) Ash Alkalinity เฉลี่ย $4.48 \pm 0.36\%$ (%RSD=8.11) Color (L) เฉลี่ย $39.93 \pm 1.06\%$ (%RSD=2.68) Color (a) เฉลี่ย $8.21 \pm 1.14\%$ (%RSD=13.92) Color (b) เฉลี่ย $3.48 \pm 0.69\%$ (%RSD=19.84) Moisture content เฉลี่ย $2.42 \pm 0.59\%$ (%RSD=24.38) Sugar Content เฉลี่ย $5.99 \pm 1.72\%$ (%RSD=28.73) Nitrogen contain เฉลี่ย $14.03 \pm 0.55\%$ (%RSD=3.93) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.14 ± 0.59^0 Brix (%RSD=14.16) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02% (%RSD=12.16) Oil content เฉลี่ย $12.86 \pm 1.8\%$ (%RSD=14.02) Ash content เฉลี่ย $4.86 \pm 0.33\%$ (%RSD=6.83) สำหรับพันธุ์คาติมอร์มี pH เฉลี่ย 5.6 ± 0.13 (%RSD=2.57) Total Acid Content เฉลี่ย $2.44 \pm 1.48\%$ (%RSD=60.74) Ash Alkalinity เฉลี่ย $4.9 \pm 0.43\%$ (%RSD=8.72) Color (L) เฉลี่ย $17.4 \pm 17.06\%$ (%RSD=92.72) Color (a) เฉลี่ย $6.27 \pm 1.59\%$ (%RSD=25.36) Color (b) เฉลี่ย $4.48 \pm 1.02\%$ (%RSD=22.72) Moisture content เฉลี่ย $1.76 \pm 0.72\%$ (%RSD=41.46) Sugar Content เฉลี่ย $4.22 \pm 2.22\%$ (%RSD=52.69) Nitrogen contain เฉลี่ย $14.45 \pm 0.81\%$ (%RSD=5.59) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.81 ± 2.74^0 Brix (%RSD=47.26) Tartaric acid content เฉลี่ย $0.02 \pm 0.01\%$ (%RSD=37.11) Oil content เฉลี่ย $13.65 \pm 1.51\%$ (%RSD=11.07) Ash content เฉลี่ย $4.54 \pm 0.36\%$ (%RSD=7.88)

5. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางเคมี พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีปริมาณ Furans เฉลี่ย 225.65 ± 50.28 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.28) Pyridine เฉลี่ย 690.5 ± 107.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.54) Caffeine เฉลี่ย $17,878 \pm 2,696.87$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.08) Quinic Acid เฉลี่ย $6,850.75 \pm 1,551.27$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.64) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 118.25 ± 13.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.3) Trigonelline เฉลี่ย $4,476 \pm 1,891.3$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=42.25) Pyrene เฉลี่ย 4.14 ± 0.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=15.1) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.72 ± 0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=25.44) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=35.61) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.1 ± 0.42 ppb unit (%RSD=19.92) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัม/ลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52 สำหรับพันธุ์คาติมอร์มีปริมาณ Furans เฉลี่ย 205.31 ± 31.21 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.2) Pyridine เฉลี่ย 581.09 ± 145 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=24.95) Caffeine เฉลี่ย $16,257.7 \pm 1,813.9$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.16) Quinic Acid เฉลี่ย $5,825.55 \pm 1,308.54$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.46) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.27 ± 19.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.83) Trigonelline เฉลี่ย $5,751.46 \pm 2,068.3$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=35.96) Pyrene เฉลี่ย 3.53 ± 0.61 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=17.16) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.62 ± 0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=19.74) Fluoranthene เฉลี่ย 0.21 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=36.92) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.17 ± 0.51 ppb unit

(%RSD=23.33) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.01 (%RSD=2.77)

6. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $51 \pm 8.12\%$ (%RSD=15.93) Blackcurrant เฉลี่ย $23 \pm 7.28\%$ (%RSD=31.65) Butter เฉลี่ย $23.6 \pm 3.36\%$ (% RSD= 14.24) Caramel เฉลี่ย $24.2 \pm 1.92\%$ (% RSD= 7.95) Roasted peanuts เฉลี่ย $26.4 \pm 3.36\%$ (%RSD=12.73) และ Roasted coffee เฉลี่ย $32.8 \pm 6.26\%$ (%RSD=19.09) สำหรับพันธุ์คาติมอร์ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $43.88 \pm 11.16\%$ (%RSD=25.42) Blackcurrant เฉลี่ย $24.19 \pm 6.64\%$ (%RSD=27.43) Butter เฉลี่ย $26.31 \pm 6.17\%$ (% RSD= 23.46) Caramel เฉลี่ย $24.56 \pm 3.2\%$ (% RSD= 13.04) Roasted peanuts เฉลี่ย $27.94 \pm 3.34\%$ (%RSD=11.94) และ Roasted coffee เฉลี่ย $30.88 \pm 3.5\%$ (%RSD=11.34)

7. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09 ± 0.15 คะแนน (%RSD=4.9) สำหรับพันธุ์คาติมอร์ มีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09 ± 0.14 คะแนน (%RSD=4.43)

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา

การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา เป็นการรวบรวมทุกลักษณะประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ประวัติของพันธุ์ การปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะเฉพาะของกาแฟแต่ละพื้นที่และการกำหนดคุณภาพ รสชาติกาแฟเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพื้นที่ อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ตัวอย่างกาแฟในพื้นที่จังหวัดชุมพร และระนอง เป็นตัวแทนของกาแฟโรบัสตา โดยลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางถึงสูง ขนาดเมล็ดกาแฟจากการสีสดและตากแห้ง ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด พันธุ์ 84-4 เมล็ดกาแฟของจังหวัดชุมพรมีน้ำหนักตามเกณฑ์มาตรฐาน (15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนเมล็ดกาแฟจากจังหวัดระนองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเกินมาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ 84-4 ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสม ชุมพร 2, ชุมพร 84-5 จังหวัดชุมพร มีเมล็ดขนาดเล็ก ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 14 มากที่สุดเฉลี่ย 42.75 และ 50.11 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ 84-5 มีขนาดเมล็ดเบอร์ 16 23 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดระนอง ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเมล็ดเบอร์ 14 ส่วนพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเมล็ดเบอร์ 17 มากที่สุด 23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษาและสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ การจัดทำเอกลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่นหรือพื้นที่ ควรมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี การชิมรสชาติ ให้ครอบคลุมมากกว่านี้เพื่อประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไป

โครงการที่ 6 โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้งสารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 ที่เกิดจากแหล่งเพาะปลูกรวมทั้งกระบวนการแปรรูปการจำแนกอัตลักษณ์

กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol นั้นสามารถพัฒนาสู่การตรวจสอบย้อนกลับสินค้ากาแฟ โดยเฉพาะการจำแนกอัตราการผลิตระหว่างกาแฟสายพันธุ์เศรษฐกิจหลักทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* โดยสาร Kahweol ที่จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิก้าและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสต้า นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิก้าที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษา กาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมากทำให้สมมติฐานของหลักการใช้ chemometric ของ diterpene ในกาแฟนั้นเป็นกระบวนการที่สามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของสินค้ากาแฟได้ นอกจากนี้ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือ cupping score ยังส่งผลไปในแนวทางเดียวกันของปริมาณสารประกอบกลุ่มดังกล่าว ซึ่งกล่าวได้ว่าผลของการศึกษาปริมาณสารกำกับอัตลักษณ์ของกาแฟและบ่งบอกคุณภาพนี้เป็นต้นแบบการควบคุมแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตกาแฟสู่การควบคุมคุณภาพอีกทั้งกำหนดอัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นที่พัฒนาต่อยอดได้เพื่อความมั่นใจในการซื้อขายและการบริโภคกาแฟสำหรับตลาดกาแฟในปัจจุบัน

จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้าของประเทศ ไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุด ในเมล็ดกาแฟอะราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย ร่องลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง พบในเมล็ดกาแฟอะราบิก้ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ (Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ส่วนข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา มักพบเนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดกาแฟสูงกว่าร้อยละ 15 และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับจำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิก้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์แนะนำในการซื้อขายเมล็ดกาแฟได้ โดยการใช้ร่วมกับกระดานคัดเกรด เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่าการคำนวณร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) เป็นการประเมินคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องหลักในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจากการทดลองพบว่า ปริมาณเมล็ดดำ และปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิก้า และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้ง และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอะราบิก้าและโรบัสต้า เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบเชื้อรา

จากผลการเพาะเชื้อราเมล็ดคัดเกรด และเมล็ดที่มีข้อบกพร่องเชื้อรา แต่เมื่อทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบ และพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้อาจอยู่ในช่วงที่เชื้อรายังไม่สร้างสารพิษ

โครงการที่ 7 โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ

การหมักเมือกกาแฟจากจุลินทรีย์ถือเป็นการผลิตกาแฟอาราบิก้าให้ได้คุณภาพที่ควบคุมได้ โดยภาวะการหมักที่เหมาะสมรวมทั้งปัจจัยที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพนี้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่ที่ได้จากการทดลองได้แก่ AAF technique ที่ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine และการเติมอากาศในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักที่ 5 มิลลิตรต่อนาทีและควบคุมความเป็นกรดต่างให้อยู่ที่ pH 4.5 โดยเทียบกับกรดทาทาริกทั้งนี้การหมักโดยเทคนิคใหม่นี้ช่วยลดทรัพยากรในการหมักได้แก่ เวลา น้ำที่เป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตกาแฟอาราบิก้าและยังสามารถเพิ่มกลิ่นรสที่ควบคุมได้ให้กาแฟอาราบิก้าที่ได้จากเทคนิคเอเอเอฟอีกด้วยโดยเมื่อทดสอบโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS พบสารให้กลิ่นที่น่าสนใจในกลุ่มผลไม้ที่เกิดจากการหมักได้แก่กลุ่มกรดอินทรีย์และกลิ่นกลุ่มเอสเทอร์ปริมาณมากกว่าการหมักแบบปกติ โดยเมื่อทดสอบโดยวิธี SCAA cupping score methods คะแนนการทดสอบชิมสูงถึง 83 -85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee)

การหมักกาแฟอาราบิก้าในระบบปิดซึ่งเป็นสถานะที่มีอากาศน้อย โดยใช้หัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ในการเร่งการหมักและการหลุดลอกของเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติที่มีอุณหภูมิระหว่าง 14-27 °C และระบบหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5-8 สามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการหมักกาแฟ การใช้ทรัพยากรน้ำและแรงงานที่ใช้ในการขัดเมือกกาแฟตามการแปรรูปกาแฟแบบดั้งเดิมลงได้ 80% (Table 5) และกาแฟที่ได้จากการหมักโดยใช้หัวเชื้อยีสต์ดังกล่าวยังมีคะแนนการชิม (Cupping score) ดีกว่าการหมักที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยผลจากการทดสอบพบว่าการผลิตกาแฟโดยใช้หัวเชื้อ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ทำให้กาแฟมีแนวโน้มที่จะมีกลิ่นที่ใกล้เคียงกับกลิ่นของช็อกโกแลตเป็นส่วนประกอบ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปกาแฟนั้นนอกจากเพิ่มคุณภาพแล้วยังสร้างความแตกต่างและเอกลักษณ์ให้กับกาแฟได้อีกด้วย

ถังหมักกาแฟต้นแบบที่พัฒนาโดยหลักการ Single stage pilot ประกอบด้วยการตัวถังที่ผลิตจากสแตนเลส 304 เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ระบบเติมอากาศที่ไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาทีจากปั๊มลมจากภายนอกเพื่อให้เกิด flux air ที่ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวันส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อมิลลิลิตร มีการออกแบบระบบเก็บเมล็ดกาแฟจากท่อเก็บเมล็ดด้านหน้าและถ่ายต่อทำความสะอาด ซึ่งเมื่อทดสอบโดยการหมักแบบ Chloramphenical เพื่อศึกษาสภาวะกรดที่เหมาะสมพบว่าสภาวะกรดที่เหมาะสมสำหรับการหมักโดยถังหมักอยู่ที่ความเป็นกรดโดยกรดทาทาริกที่ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและการทดสอบการหมักแบบ Penicillin จะใช้ปัจจัยควบคุมที่ปริมาณน้ำ 75 ถึง 100% ของปริมาณเมล็ดกาแฟที่เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยการใช้ถังหมักยังส่งผลต่อการลดความชื้นจากการผลิตกรดอินทรีย์ที่มากเกินไปจากบ่อหมักปกติ เพิ่มการผลิตสารให้กลิ่นกลุ่ม Ethanone (กลิ่นผลไม้), *o*-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β -damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่น

ผลไม้) และยังสามารถควบคุมปริมาณหรือลดคาเฟอีนได้ 38% ในบางชุดการทดลองซึ่งให้ผลทดสอบที่ดีในแปลงทดสอบอีกด้วย โดยต้นทุนการใช้ถึงหมักอยู่ที่ 25 บาทต่อกาแฟหมัก 50 กิโลกรัมหรือ (0.45 บาทต่อกิโลกรัม) ต่างจากวิธีปกติที่ 1.2 บาทต่อกิโลกรัม

การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรกคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Streptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซอส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ นอกจากนี้เมื่อหมักกาแฟและน้ำหมักกาแฟที่มีปริมาณเพคตินสูงสามารถนำไปทดสอบสกัดเพคตินที่ทำการทดสอบเคลือบส้มให้ยืดอายุได้ ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดนี้ถือเป็นการสร้างรายได้เพิ่มขึ้นแก่เกษตรกรผู้แปรรูปกาแฟเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชน นอกจากนี้ยังลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดที่ปัจจุบันสร้างความขัดแย้งให้ชุมชนอย่างมากก่อให้เกิดข้อพิพาทที่สำคัญของผู้ประกอบการกาแฟและชุมชนรอบข้างทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งสร้างทางเลือกที่สามารถสร้างรายได้ที่ยั่งยืนและลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมส่งเสริมการผลิตกาแฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ โดยขอบเขตของผลการวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วย การคัดแยกจุลินทรีย์จากขี้ชะมด, การทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้และทดสอบการหมักโดยใช้เอนไซม์ จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum*, ยีสต์และจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเมื่อหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟสั้นกว่าจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Furfuryl formate, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่น ผลไม้ ถั่ว เครื่องเทศ และกลิ่นโชนหวาน มีการเปลี่ยนแปลงให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด เมื่อทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้เอนไซม์เปปซินและเอนไซม์จากตับอ่อน สามารถเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟได้เช่นกัน โดยความเข้มข้นของ Furfuryl formate, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde และ 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine ซึ่งให้กลิ่นผลไม้และถั่ว มีการเปลี่ยนแปลงให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ต่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในกาแฟและสามารถนำไปใช้ในการหมักกาแฟโดยการจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาโดยการรวมปัจจัยของจุลินทรีย์ (เลือกใช้เฉพาะจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค) เอนไซม์ การปรับสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ ได้แก่ pH และอุณหภูมิ เพื่อจำลองแบบระบบการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์ต่อไป

โครงการที่ 8 โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรกคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และ

การหมักกรดซิตริกด้วย *Streptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซอส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ นอกจากนี้เมื่อกาแฟและน้ำหมักกาแฟที่มีปริมาณเพคตินสูงสามารถนำไปทดสอบสกัดเพคตินที่เป็นชนิด High Methoxy Pectin ที่ใช้ผสมกับสูตรเคลือบปกติกับ canuba wax ใช้เคลือบส้มให้ยืดอายุได้อย่างน้อย 10 วัน สำหรับน้ำหมักที่มีการทดสอบการใช้ซ้ำนั้นผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้ซ้ำได้อย่างน้อยสามครั้งก่อนจะทำการบำบัดซึ่งน้ำหมักกาแฟมีความจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบบำบัดที่ได้พัฒนามาทั้งสิ้น 5 ขั้นตอนตั้งแต่ถังพักถึงตกตะกอน ถึงกรอง ถึงเติมอากาศและบำบัดฟิซซึ่งผลการทดสอบบำบัดทั้งในห้องปฏิบัติการและแปลงทดสอบพบว่าสามารถทำให้น้ำหมักกาแฟสามารถผ่านมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมและปล่อยสู่ธรรมชาติได้ ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดนี้ถือเป็นการสร้างรายได้เพิ่มขึ้นแก่เกษตรกรผู้แปรรูปกาแฟเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชน นอกจากนี้ยังลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดที่ปัจจุบันสร้างความขัดแย้งให้ชุมชนอย่างมากก่อให้เกิดข้อพิพาทที่สำคัญของผู้ประกอบการกาแฟและชุมชนรอบข้างทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งสร้างทางเลือกที่สามารถสร้างรายได้ที่ยั่งยืนและลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมส่งเสริมการผลิตกาแฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากาแฟหมักโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ โดยขอบเขตของผลการวิจัยประกอบด้วย จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในชี้ชะมัดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ และจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด จากผลสอบการหมักแสดงให้เห็นว่าการเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซินเอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และการปรับ pH ในระบบการหมัก มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิม และเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟเพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงมีความเปรี้ยวในกาแฟคั่วและรสชาติคั่งในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่ากาแฟชี้ชะมัด โดยการปรับ pH เริ่มต้นให้อยู่ในช่วง pH 2-3 โดยการกรดไฮโดรคลอริก เพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสได้ดี แสดงให้เห็นว่าการย่อยโครงสร้างของกาแฟด้วยกรดช่วยสารตั้งต้นกลิ่นรสในกาแฟได้ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหมักพบว่าการเพิ่มเวลาในการหมักจะส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น โดยเวลาที่เหมาะสม คือ หมักกาแฟนาน 24 ชั่วโมง การหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน ให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟชี้ชะมัดได้

สารประกอบกลุ่ม diterpenes สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric กล่าวคือกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่อยู่ในส่วนของกรดไขมันในกาแฟ อีกทั้งสารกลุ่มนี้ยังส่งผลต่อคุณภาพกาแฟทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* ทั้งนี้ผลการทดลองชี้ให้เห็นถึงปริมาณของ diterpenes ที่แปรผันตามแหล่งเพาะปลูกกาแฟระหว่างร้อยละ 18.9 สำหรับกาแฟในประเทศไทยรวมทั้งกระบวนการแปรรูปกาแฟยังส่งผลต่อปริมาณของสารที่แตกต่างกันโดยเฉพาะขั้นตอนที่มีความร้อนเกี่ยวข้องได้แก่ การตาก การเก็บรักษา การคั่วและการชงกาแฟ ทั้งนี้เพื่อควบคุมคุณภาพของกาแฟให้สม่ำเสมอจึงจำเป็นต้องรักษาระดับของปริมาณ

สารดังกล่าวโดยการไม่ทำแห้งสารกาแฟเกินอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาสารกาแฟในถุงชนิด HDPE การคั่วกาแฟที่ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 8 นาทีและการชงกาแฟที่ 25 – 30 วินาที โดยเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างสาร Cafestol และ Kahweol ที่เป็นสารประกอบหลักกลับพบว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหลังจากเก็บเกี่ยวหรือแทบจะคงที่ อัตราส่วนดังกล่าวนี้จึงสามารถใช้จำแนกอัตลักษณ์กาแฟเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับสินค้ากาแฟในการค้นหาแหล่งผลิตโดยเฉพาะการจำแนกอัตราการผลิตระหว่างกาแฟสายพันธุ์เศรษฐกิจหลักทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* โดยสาร Kahweol ที่จะพบปริมาณมากในกาแฟอาราบิก้า และน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสต้า ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) ในพื้นที่เพาะปลูกกาแฟที่ระดับความสูงแตกต่างกัน ส่งผลถึงอุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก และปริมาณน้ำฝนที่ทำให้อัตราส่วนของสารทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันตามแหล่งผลิตกาแฟ แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงในด้านปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากปัจจัยสำคัญคือความร้อน ในกระบวนการทำแห้ง กระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด การคั่วกาแฟรวมถึงการชงกาแฟ โดยเมื่อกาแฟผ่านความร้อนสูงพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารทั้งสองชนิดสูงขึ้นซึ่งเป็นไปในลักษณะคู่ขนาน ทำให้ตอบโจทยสมมติฐานของหลักการใช้ chemometric ของ diterpenes ในกาแฟเพื่อใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของสินค้ากาแฟในการทดสอบระดับแปลงทดสอบเพื่อเป็นกรณีศึกษาในพื้นที่ 7 จังหวัดในประเทศไทยก็ยังพบว่าปริมาณสาร diterpenes ยังสามารถตอบโจทยเพื่อใช้ระบุแหล่งกำเนิดหรืออัตลักษณ์กาแฟ โดยจุดวิกฤตที่สำคัญนั้นยังเป็นกระบวนการที่ทางเกษตรกรให้ความร้อนในเมล็ดกาแฟและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารและคุณภาพของเมล็ดทำให้เกิดลักษณะเฉพาะตัว แต่อัตราส่วนของ Cafestol และ Kahweol นั้นยังคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง อาจกล่าวได้ว่าอัตราส่วนดังกล่าวถือเป็นอัตราส่วนทองคำ (golden ratio) ที่เป็นสิ่งที่พบในธรรมชาติทั่วไปเพื่อใช้ระบุถึงอัตลักษณ์แหล่งกำเนิด กำกับอัตลักษณ์ของกาแฟและบ่งบอกคุณภาพ จึงถือเป็นต้นแบบการควบคุมแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตกาแฟสู่การควบคุมคุณภาพอีกทั้งกำหนดอัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นที่พัฒนาต่อยอดได้เพื่อความมั่นใจในการซื้อขายและการบริโภคกาแฟสำหรับตลาดกาแฟในปัจจุบันที่มีการแข่งขันการผลิตกาแฟและกลยุทธ์การตลาดที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

แผนงานวิจัยย่อยที่ 2

วิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้

Research and development on crop improvement and production management in Tea,
Tea-oil Camellia, Macadamia and Cocoa

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

สุเมธ พากเพียร	กฤษพร ศรีสังข์	เก่งกาจ สมใจ	เกษทริน ฝ่ายอุประ
เกษม ทองขาว	จันทร์เพ็ญ แสนพรหม	จำรอง ดาวเรือง	จิตอาภา จิจุบาล
ฉัตรดนภา ช่มอาวุธ	ชยานุช ตริพันธ์	ทรงทัฬห แก้วตา	ทิพยา ไกรทอง
ธัญพร งามงอน	นาราลย์ โชติอัมมอดิม	บุญปิยธิดา คล่องแคล่ว	บุษบง มั่นสมั่นคง
ปฐวิพัทธ์ ใจปิน	ปราสาททอง พรหมเกิด	ปานหทัย นพวงศ์	ปิยะนุช มุสิกพงศ์
พรเทพ ท้วมสมบูรณ์	พิจิตร ศรีปิ่นตา	วนิดา โนบรรเทา	วัฒนนิกรณ์ เทพโพธา
วิชาญ วรรณะไกรวัล	วิมล แก้วสีดา	วีระ วรปิตธิรังสี	ศศิธร วรปิตธิรังสี
ศิริลักษณ์ อินทวงค์	ศุภลักษณ์ อริยภูชัย	สนอง จรินทร์	สมคิด รัตนบุรี
สมพล นิลเวศน์	สรายุจิต ไกรฤกษ์	สิริพร มะเจี้ยว	สุนัดดา เชาวลิตร
สุปรียา สุขเกษม	สุพัฒน์กิจ โพธิ์สว่าง	สุมาลี ศรีแก้ว	สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
สุรียรัตน์ ปัญญาโตนะ	เสรี อยู่สถิตย์	เหรียญชัย เกิดพงษ์	อนันต์ ปัญญาเพิ่ม
อนุ สุวรรณโณม	อรวิณhini ชูศรี	อิทธิพล บรรณาการ	อุทัย นพคุณวงศ์
อุราพร หนูนารถ	ว่าที่ รต. อรรถพล รุกขพันธ์		

คำสำคัญ (Keywords)

ชา, ชาน้ำมัน, มะคาเดเมีย, โกโก้, ปรับปรุงพันธุ์พืช, เทคโนโลยีการผลิต
tea, Tea-oil Camellia, macadamia, cacao, crop improvement, Plant breeding,
production management

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาชา วัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชากลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมเพื่อคัดพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพดี สารแอนติออกซิแดนท์สูง ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของชาจีน แผลงศัตรูชา การแปรรูปชาขาว ชาเขียวคว่ำ (หลงจิ่ง) และชากิ่งหมักชนิดหมักแก่ (เหียะกวนอิม) และในเทคโนโลยีการผลิตในการพรางแสงที่มีผลต่อการแปรรูปชาหมัก และ การตัดแต่งทรงพุ่มชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้

ดำเนินการในปีงบประมาณ 2559-2564 ผลการดำเนินงานพบว่า ในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชาอัสสัมที่ระดับความสูงต่างๆ พบว่า ชาอัสสัมอำเภอฟาง มีแนวโน้มในเรื่องอัตราการเจริญเติบโตการให้ผลผลิตและคุณภาพปริมาณคาเฟอีน และสารสำคัญในกลุ่มคาเทชินดีที่สุด การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ชาพันธุ์พื้นเมืองที่มีสารแอนติ

ออกซิแดนซ์สูง (สารกลุ่มคาเทชิน) พบว่า ชาพื้นเมืองสายต้นประเทศจีน มีแนวโน้มในเรื่องอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนในเรื่องผลผลิตและคุณภาพ พบว่า ชาพื้นเมืองสายต้นแม่ฟ้าหลวง มีแนวโน้มให้ผลผลิตและคุณภาพปริมาณคาเฟอีน และสารสำคัญในกลุ่มคาเทชินดีที่สุด ในการเปรียบเทียบพันธุ์ชาเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศจากต้นเพาะเมล็ดที่ระดับความสูงต่างๆ กัน พบว่า ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 77 มีแนวโน้มในเรื่องอัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพ รวมทั้งปริมาณคาเฟอีน และสารสำคัญในกลุ่มคาเทชินดี การศึกษาปริมาณสารคาเทชินในสายพันธุ์ชาที่ปลูกในระดับความสูงแตกต่างกัน พบว่า ในฤดูหนาว สายพันธุ์ฝาง 3 มีปริมาณสาร EGCG มากที่สุด ในฤดูฝน สายพันธุ์ไต้หวัน 1 มีปริมาณสาร EGCG มากที่สุด และ จากการวิเคราะห์สารคาเทชิน 8 ชนิด ในปี 2560 พบว่า ชาสายพันธุ์อุหลง #12 ที่เก็บในฤดูร้อนมีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด ส่วนชาสายพันธุ์ Kanayamidori ที่เก็บในฤดูฝนมีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด สำหรับค่าวิเคราะห์ปริมาณสารคาเทชินชนิด EGCG และ ในชาสายพันธุ์ฝาง 4 พบว่า ยอดชาที่เก็บในเดือนกันยายน มีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด

เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต ได้เพาะเนื้อเยื่อบริเวณยอดชาจีนในอาหารเพาะเลี้ยงทุกกรรมวิธีมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า ในสูตรอาหาร MS + BA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IBA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนข้อและความสูงมากที่สุด การศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชาจีนในช่วงอายุ 1-4 ปี พบว่า การใช้ไนโตรเจนลดลง 25% (PK เท่าเดิม) มีแนวโน้มการเจริญเติบโตและมีปริมาณธาตุอาหารในยอดชาที่ดี และเมื่ออายุ 4 ปีขึ้นไป ไนโตรเจน เพิ่มขึ้น 75% N (PK เท่าเดิม) มีแนวโน้มให้ผลผลิตคุณภาพและปริมาณธาตุอาหารในยอดชาที่ดี แมลงศัตรูเข้าทำลายชา คือ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycyines* Glover, เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli), หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner), เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood, ไรแดง *Oligonychus coffeae* (Nietner), แมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp, และ มวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas, มวนยุงชา *Helopeltis* spp. ในการแปรรูปชาขาว พบว่า ในชาจีน เบอร์ 12 และชาอัสสัมพบว่า การผึ่งจนแห้งให้เหลือความชื้นไม่เกิน 13% มีการยอมรับจากการทดสอบคุณภาพการชิม การศึกษาวิธีการแปรรูปชาเขียวคั่ว (หลงจิง) พบว่า ในชาจีน เบอร์ 12 การคั่วทันที และ ผึ่ง 1 ชั่วโมง ส่วนในชาอัสสัม ใช้การคั่วทันที การศึกษาวิธีการแปรรูปชาทั้งหมักชนิดหมักแก่ (เหี้ยะกวนอิม) พบว่า ในชาจีน เบอร์ 12 การผึ่ง 5 ชั่วโมง ส่วนในชาอัสสัมใช้การผึ่ง 4 ชั่วโมง อิทธิพลของการพรางแสงที่มีผลต่อการแปรรูปชาหมัก พบว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 80 เปอร์เซ็นต์ สีดำสองชั้น และ ผ้าคลุมดิน Polyester spun bond สีดำ 70 แกรม ให้ผงชาหมักสีเขียวเข้ม ซึ่งมีคุณภาพการชิมที่ดี ในส่วนปริมาณสารสำคัญและสารอาหารในชาหมักที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสองชั้น พบคาเฟอีนสูงสุด ในส่วนของกลุ่มสารคาเทชิน พบว่า พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 2 ชั้น มีสาร EGCG และ ECG สูงสุด การพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ การคัดเลือกสายต้นชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ พบว่าได้สายต้นชาอัสสัมที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 10 สายต้น คือ 0686, 0689, 0701, 0706, 0711, 0712, 0715, 0719, 0720 และ 0810 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพันธุ์ต่อไป การตัดแต่งทรงพุ่มชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ พบว่า การตัดแต่งแบบโค้งครึ่งวงกลม มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตดีที่สุด การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ พบว่าสายต้น 706 มีแนวโน้มที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย ดำเนินการในปี 2559-2564 ในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตต้นที่ดีที่สุด คือ พันธุ์ KK27, CR-7, 741 และ CR-5 ตามลำดับ ส่วนเรื่องผลผลิตพันธุ์ที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี ในระดับความสูง 1,400, 900 และ 750 ม. คือ พันธุ์ KW86 และ ในความสูง 400 ม. คือพันธุ์ MCL829 ส่วนแปลงของผลผลิตปีแรกในปี 2564 พบว่าแปลงเกษตรกร ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 และ 500 เมตรจากระดับน้ำทะเล พันธุ์ 660 และ CR-5 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตที่ดีที่สุด ตามลำดับ และพันธุ์ KW86 ปริมาณและคุณภาพที่ดี ในการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย พบว่า การทาบกิ่งโดยใช้ความเข้มข้น IBA 8,000 ppm และการเสียบกิ่งโดยการควั่นทิ้งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนนำมาทาบกิ่งในเวลาที่เหมาะสมแต่ละพื้นที่ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดสูงขึ้น การตัดแต่งกิ่งมะคาเดเมียแบบรูปทรงปิระมิดทำให้มีผลผลิตมากขึ้น การจัดการแมลงและสัตว์ศัตรู พบการระบาดของ 3 ระยะ คือ ระยะดอกตูม ดอกบาน และช่วงพัฒนาผล โดยส่วนมากพบการระบาดของเพลี้ยไฟ และพบแมลงปากดูด 2 ชนิด (ยังไม่จำแนกชนิด) ที่มักพบดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณก้านใบอ่อน และก้านช่อดอก พบได้ตลอดทั้งปี โดยสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดที่ดีที่สุด คือ สาร imidacloprid 70% WG อัตรา 3 กรัม/น้ำ 20 ลิตร สาร fipronil 5% SC อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สาร spinetoram 12% SC อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ สาร carbaryl 85% WP อัตรา 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ส่วนจัดการการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและศัตรูมะคาเดเมีย ที่พบจำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระรอก กลุ่มหนู และ กลุ่มอื่น จากการใช้กรงดักและปริมาณการกินเหยื่อล่อ ทำให้ความหนาแน่นประชากรของสัตว์ฟันแทะและความเสียหายของมะคาเดเมียลดลง

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโกโก้ เพื่อหาพันธุ์โกโก้ที่ให้ผลผลิตสูงและเหมาะสมสำหรับทำแปรรูปเป็นช็อกโกแลต และศึกษาระบบปลูกโกโก้ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ระหว่างปี 2560-2564 พบว่าโกโก้ที่ให้ผลผลิตมาก ได้แก่ พันธุ์ ICS40 ชุมพร 1 และ ICS6 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดแห้งเฉลี่ย 250, 232 และ 202 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้อย ได้แก่ ICS95 และ UF676 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดแห้งเฉลี่ย 86 และ 59 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญ เมล็ดโกโก้ทั้ง 5 พันธุ์เมื่อแปรรูปเป็นช็อกโกแลตมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ ควรเสนอพันธุ์ ICS40 และ ICS6 เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ต่อไป

ส่วนการศึกษาระบบปลูกและชนิดของต้นพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโกโก้ ใช้พันธุ์ชุมพร 1 ICS95 และ UF676 ปลูกเปรียบเทียบแบบพืชเดี่ยวและพืชร่วมกับมะพร้าว ผลการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าพันธุ์ชุมพร 1 ให้ผลผลิตสูงที่สุด และมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ทั้งการปลูกแบบพืชเดี่ยวและพืชร่วม ในขณะที่พันธุ์ ICS 95 และ UF 676 มีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับการปลูกแบบพืชร่วม เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตโกโก้ได้ 2 ปีเท่านั้น จำเป็นต้องเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติมจึงจะสามารถสรุปผลได้ชัดเจน

โครงการ การวิจัยและพัฒนาชาน้ำมัน ระยะที่ 2 เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ชาน้ำมันพันธุ์ดีที่มีการเจริญเติบโตดี ผลผลิตสูง และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตชาน้ำมัน ดำเนินการปี 2559 - 2564 พบว่าต้นชาน้ำมันสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี ที่ระดับความสูง 1,300 เมตร คัดเลือกต้นชาน้ำมันพันธุ์การค้า *Camellia oleifera* สายพันธุ์ฉางหลิน (changlin) ได้จำนวน 15 ต้น ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 656.35 กรัม/ต้น ปริมาณน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 44.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสายพันธุ์ต่างประเทศ พบว่าต้นชา C.

gaucowensis เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี คัดเลือกสายต้นที่มีศักยภาพได้จำนวน 5 สายต้น ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 83.51 กรัม/ต้น ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,900.2 กรัม/ต้น ปริมาณน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 48.95 เปอร์เซ็นต์ และการรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ชาน้ำมันพื้นเมือง ได้รวบรวมชา *Camellia confusa* จากจังหวัดเชียงใหม่และน่าน จำนวน 11 สายต้น พบปริมาณน้ำมัน 39-47 % นำมาขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเสียบยอด ปลูกรวบรวมในพื้นที่จำนวน 2 ไร่ รวม 150 ต้น เพื่อเป็นฐานพันธุ์กรรมในการพัฒนาพันธุ์ชาน้ำมันต่อไป ในเทคโนโลยีการผลิตได้การขยายพันธุ์ด้วยการเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นชาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่าขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง และขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีแนวโน้มการเจริญเติบโตและสามารถให้ผลผลิตที่ดีที่สุด การศึกษาการชักนำการออกดอกและติดผลชาน้ำมัน พบว่าการควั่นกิ่งหลักให้มีความยาวของรอยควั่น 1 นิ้ว และพ่นไฮโดรเจนไซยานาไมด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีจำนวนดอกและจำนวนผลผลิตรวมสูงสุด การศึกษาด้านการเก็บเกี่ยวชาน้ำมัน พบว่าอายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวชาน้ำมัน คือ 10 เดือนหลังดอกบาน บริเวณเปลือกไม่มีขน ก้นผลเริ่มแตก จะมีปริมาณน้ำมันในเมล็ด 29.28 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป การศึกษาสูตรและอัตราการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชาน้ำมัน และลดต้นทุนการผลิตให้เกษตรกรในพื้นที่ ได้คำแนะนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยชาน้ำมันควรใส่ในอัตราแนะนำ ดังนี้ ไนโตรเจน 20 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี หรือปุ๋ย 46-0-0 44 กก./ไร่ (100 g/ต้น/ครั้ง) 18-46-0 28 กก./ไร่ (70 g/ต้น/ครั้ง) 0-0-60 40 กก./ไร่ (105 g/ต้น/ครั้ง) แบ่งใส่ 4 ครั้งในเดือน มิ.ย. ก.ย. ธ.ค. และ มี.ค. การสำรวจแมลงในแปลงชาน้ำมัน พบแมลงศัตรูทั้งหมด 9 ชนิด คือ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycines* Glover เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner) หนอนบุ้ง *Euproctis* sp. (The hairy-Caterpillar Moths) แมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp. แมลงค่อมทอง *Hypomeces squamosus* Fabricius (Green weevil) มวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas และมวนยุงชา *Helopeltis* spp. โดยแมลงศัตรูพืชดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับต้นและผลผลิตของชาน้ำมันโดยตรง

Abstract

The project of research and development on tea were conducted during 2016-2021 that aim to select varieties and suitable technology for high yields, good quality, high antioxidants. Also studied on tea insect pest and processing on tea; green tea (longjing) and mature semi-fermented tea. The research conducted in 2016-2021. The results showed that Assam tea in Fang district was a trend in the rate of growth, yield and quality, caffeine content and catechin. Chinese tea selection was found that the best growth rate high and antioxidant content (catechin group). Native tea selection from Mae Fah Luang was a tendency for productivity and quality, caffeine content and catechin group. In selection trial of tea for green tea cultivars seed plants, it was No.77 selected plants, which there was a trend in the growth rate, productivity and quality including the caffeine content and catechins group. The study of catechin content in tea cultivars grown at different heights revealed that in winter, Fang 3 had the highest EGCG

content, and in the rainy season, Taiwanese 1 had the highest EGCG content, and the analysis of eight catechins in 2017 found that Oolong #12 tea collected in summer had the highest EGCG content, while Kanayamidori tea collected during the rainy season had the highest EGCG content. The EGCG content of catechins and Fang 4 tea was found that the tea leaves collected in September had the highest EGCG content.

Shoot tip of Chinese tea in tissue cultured showed relatively slow growth in MS + BA 0.1 mg/L and IBA 0.5 mg/L. The study on the rate of nitrogen fertilizer suitable for the growth of Chinese tea in the age of 1-4 years revealed that 25% N and at the age of 4 years, 75% N good nutrient content in tea shoots. And yield good quality and nutrient content in tea shoots, respectively. Insect pests infesting tea were *Aphis glycines* Glover, *Jacobiasca formosana* (Paoli), *Homona coffearia* (Nietner), *Scirtothrips dorsalis* Hood, *Oligonychus coffeae* (Nietner), *Liriomyza* sp, and *Poecilocoris latus* Dallas, *Helopeltis* spp.

In the processing of white tea, it was found that in Chinese tea No. 12 and Assam tea, drying to a moisture content of no more than 13% was accepted by tasting tests. A study on the processing method of roasted green tea (Longjing) found that in Chinese tea No. 12, instant roasting and 1 hour drying. In case of the processing method of mature fermented semi-fermented tea (Tia Guan Yin), found that in Chinese tea No. 12 drying 5 hours, in Assam tea 4 hours drying. It was found that the camouflage with 80 percent black double layer camouflage netting and 70 g. black polyester spun bond ground cover gave dark green matcha tea powder. which has good tasting quality. It was found that the two layers of camouflage netting contained the highest levels of EGCG and ECG. The 10 selection of Assam tea in the southern region were 0686, 0689, 0701, 0706, 0711, 0712, 0715, 0719, 0720 and 0810 for further cultivar comparison. The 0706 was the best growth. The pruning of Assam tea in the southern region was semicircular arch pruning.

Research on Breeding and Study on Macadamia Production Technology, in 2016-2021, the objective was to identify macadamia cultivars suitable for areas below 700 meters above sea level. The best plant growth tendency were KK27, CR-7, 741 and CR-5, respectively. Varieties with good quantity and quality at 1,400, 900 and 750 m. were the KW86 variety and at 400 m was the MCL829 variety and the farmer's macadamia plot. 700 and 500 m. above sea level, the 660 and CR-5 were the best growth and yield potential. And KW86 variety had good quality.

Study of Macadamia Production Technology, the propagated by approach grafting and cleft grafting, it was found that approach grafting using an IBA concentration of 8,000 ppm

and cleft grafting, by girdling for 8 weeks before cleft grafting at the appropriate time in each area. Causing a higher percentage of survival. Pyramid-shaped macadamia pruning increases productivity. The management of insects and pests revealed that the epidemic was in 3 stages, namely the bud stage, the flowering stage and the fruit development period. Most of them found infestations of thrips and found 2 types of sucking-mouthed insects (not yet identified) that are usually found sucking sap on the young leaf stalk and the fruit panicle, found all year. The most effective means of preventing and eliminating are imidacloprid 70% WG at the rate of 3 g / 20 l. of water, fipronil 5% SC at the rate of 20 ml / 20 l. of water, 12% of the spinetoram SC at the rate of 10 ml / 20 l. of water and carbaryl. 85% WP rate 60 g/20 l. of water. As for the prevention and control of macadamia rodent pests, 3 groups were found, namely Sciuridae, Muridae and Rhizomyidae from cage traps and bait intake. causing the population density of rodents and the damage of macadamia drops.

The research and development for cocoa production technology, the objectives were to high productivity and suitable for making chocolate, and also suitable cacao cultivation, monoculture vs intercropping system. This study was carried out during 2017-2021. The result found that ICS40, Chumphon 1 and ICS6 were high yield of average dry bean 250, 232 and 202 kg/rai/ year, respectively. While ICS95 and UF676 were average dry bean only 86 and 59 kg/rai/year, respectively, which was significantly different from the high yield varieties. Chocolate made from the 5 cacao varieties were acceptable flavor. The result suggests that ICS40 and ICS6 will be proposed as recommended varieties in the future.

In case study of cacao planting system, we use Chumphon 1, ICS95 and UF676 for comparing the monoculture and intercropping system with coconut. The preliminary result show that Chumphon 1 give the highest yield and growth performance in both system, monoculture and intercropping with coconuts, while ICS95 and UF676 tend to be suitable for intercropping system. Yield data should be further collected because two years harvesting data is insufficient for final assessment.

Research and development on Camellia Oil project, Phase 2, researched on breeding for good oil tea varieties with good growth, high yield and high oil percentage for increase the efficiency of oil tea production technology, in 2016 – 2021. Results found that oil tea can grow and produce good yields at altitude of 1,300 meters, commercial varieties of tea oil *Camellia oleifera* Changlin were selected 15 plants, which the highest yield and highest oil content were 656.35 g/plant and 44.94 percent. The 5 line of *Camellia gaucowensis* showed good growth and

yield, average dry weight, maximum yield, and maximum oil content were 83.51 g/plant, 1,900.2 g/plant, and 48.95 percent, respectively.

The collection and selection of native oil tea varieties was collected from *Camellia confusa* at Chiang Mai and Nan Provinces, 11 lines found the oil content 39-47%. They were propagated by grafting method and collected for 150 trees for serve as the genetic base for further development of tea oil varieties. A study of propagation by alternation of good cultivars on low-yielding oil tea trees found that propagated by grafting and budding had a good growing tendency and can produce the best yields. In the case studies of flowering and fruiting induction of oil tea showed that the main branches were stranded to 1 inch in length and sprayed with 0.5 percent hydrogen cyanamide resulted in the highest number of flowers and total yields. Study of oil tea harvest index was found that the optimum age for harvesting oil tea was 10 months after flowering, which characteristics; hairless bark and the bottom of the fruit begins to crack, oil content in the seeds was more 29.28 percent. The studies on the application rate of fertilizer to increase the yield and quality of tea oil was found that should be applied at recommended rates as follows: Nitrogen 20 kg, Phosphate 12 kg and Potassium 24 kg/rai/year or fertilizer 46-0-0 44 kg/rai (100 g/ Plant/time) 18-46-0 28 kg/rai (70 g/tree/time) 0-0-60 40 kg/rai (105 g/tree/time) divided 4 times in June. Sept. Dec. and Mar., respectively. Insect survey in oil tea plots found total of 9 insect pests: soybean aphid, green tea leafhopper, chilli thrips, leaf curl worm, Tea tortris caterpillar, hairy-Caterpillar Moths, Leaf miner, Green weevil, Camellia shield bug and tea mosquito bug. The pests did not directly affect to plant and yield of oil tea.

บทนำ (Introduction)

การพัฒนาพืชสวนอุตสาหกรรมสินค้าชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ ให้มีศักยภาพและขีดความสามารถทางการแข่งขัน เพื่อสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม กระจายรายได้สู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ สร้างการเจริญเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การวางรากฐานการพัฒนาการเกษตรที่จะนำไปสู่การพัฒนาและการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ สร้างความมั่นคงทางด้านอาหาร และการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้แก่เกษตรกร โดยให้ความสำคัญกับการยกระดับการผลิตให้เข้าสู่คุณภาพมาตรฐานความปลอดภัย เพื่อเสริมสร้างให้มีการพัฒนามีการเติบโตอย่างต่อเนื่องและเข้มแข็ง เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การเกษตรทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ

ชา (Tea) ทั่วไปแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชาอัสสัม (Assam type) เพื่อแปรรูปเป็นชาดำหรือชาฝรั่ง และกลุ่มชาจีน (Chinese Type) เพื่อแปรรูปเป็นชาจีนและชาเขียว มีพื้นที่ปลูกและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 129,767 ไร่ ผลผลิต 110,054 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 819.5 กก./ไร่ ปี 2561

มีการนำเข้าเพิ่มขึ้นมูลค่า 704.05 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา เนื่องจากความนิยมบริโภคชาจากกระแสนสุขภาพ แต่ในประเทศไทยยังขาดพันธุ์ดี ส่วนใหญ่นำพันธุ์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศมาปรับใช้ ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรต้องศึกษาเพื่อได้ข้อมูลพื้นฐานอย่างเร่งด่วน โดยปี 2564 ต้องดำเนินการวิจัยต่อเรื่องพันธุ์และเทคโนโลยี (ปุ๋ย การตัดแต่งกิ่ง) เพื่อพัฒนาให้เกษตรกรสามารถปลูกและมีผลิตภัณฑ์ทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาเข้าจากต่างประเทศ

ชาน้ำมัน (Tea-oil Camellia) ดำเนินงานตามพระราชดำริ ปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 3,650 ไร่ ปี 2560 ผลผลิต 147,675 กก. ผลผลิต/ไร่ 43.2 กก./ไร่ ผลผลิต/ตัน 0.28 กก./ตัน (อายุ 13 ปี) มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศจีน ในประเทศไทยยังขาดพันธุ์ดีและเทคโนโลยีในการผลิต ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรต้องวิจัยอย่างต่อเนื่องในปี 2564 เพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ดี ที่ปรับตัวเข้ากับแหล่งปลูกในไทย มีผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต (ขยายพันธุ์/ปุ๋ย/การตัดแต่งกิ่ง/แมลง) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ

มะคาเดเมีย (Macadamia) มีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น และตลาดทั้งในและต่างประเทศมีความต้องการสูงอย่างต่อเนื่อง ปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 50,000 ไร่ ผลผลิต 18-20 กก./ตัน (อายุ 10 ปี) มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศออสเตรเลีย ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรต้องวิจัยอย่างต่อเนื่องในปี 2564 เพื่อหาพันธุ์มะคาเดเมียที่เหมาะสมในสภาพปลูกแต่ละพื้นที่ ปัจจุบันสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลง เกิดภาวะโลกร้อน จึงต้องคัดเลือกพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของไทย เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ไม่ต้องการอากาศหนาวเย็นมากนัก สามารถขยายพื้นที่ปลูกได้มากขึ้น ลดปริมาณการนำเข้าและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมส่งออก เป็นพืชที่ไม่ผลัดใบ จึงเป็นพืชหนึ่งที่ใช้ในการพัฒนาในพื้นที่ปลูกที่ทดแทนในป่าเสื่อมโทรมได้ดี

โกโก้ (Cacao) ถิ่นกำเนิดที่ทวีปอเมริกาใต้ เม็กซิโกและหมู่เกาะเวสต์อินดีส ตลาดทั้งในและต่างประเทศมีความต้องการสูงเนื่องจากประเทศผู้ปลูกซึ่งอยู่ในแถบแอฟริกา ประสบปัญหาโรคฮีโบลา ทำให้ไม่มีแรงงาน จึงขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 5,464.4 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 4,091 ไร่ ผลผลิต 200 ตัน ไม่เพียงพอ ต้องนำเข้าในรูปของผลิตภัณฑ์โกโก้และช็อกโกแลตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรต้องวิจัยต่อเนื่องในปี 2564 เพื่อหาโกโก้สายพันธุ์ที่มีศักยภาพสำหรับผลิตช็อกโกแลตและใช้องค์ความรู้ด้านเขตกรรม สรีรวิทยาของพืชมาปรับใช้ในการเพิ่มผลผลิต

วัตถุประสงค์ของแผนงานย่อย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ ที่มีผลผลิตปานกลางถึงสูง คุณภาพดี
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชา ชาน้ำมัน และโกโก้ ในการเพิ่มผลผลิตทางการผลิต

การบูรณาการงานวิจัยและพัฒนาพืชชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่มีคุณภาพ เพื่อลดการนำเข้า สร้างรายได้ให้เกษตรกรเพิ่มขึ้น สนับสนุนเสริมสร้างให้เกษตรกรมีความเข้มแข็ง สามารถพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพมาตรฐานสินค้ามุ่งสู่มาตรฐานระดับสากล โดยมีความสอดคล้องกับความต้องการตลาด ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดล้วนมีศักยภาพในการผลิต แต่มีประเด็นปัญหาบางประการแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด

กรอบแนวคิดของแผนงานย่อย

แผนงานย่อย	วิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตฯ ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้		
กลยุทธ์	วิจัยและพัฒนาพันธุ์พืช	วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและระบบการผลิต	ถ่ายทอด ร ร ๘
แนวทาง	- รวบรวม จำแนก จัดทำฐานข้อมูลพันธุ์พืช เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ - ปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ จนได้พันธุ์ที่เป็นพันธุ์	-พัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง การขยายพันธุ์ การดูแลรักษา การอารักขาพืช (แมลง) การจัดการ(แสง ดิน น้ำ ธาตุอาหาร) -พัฒนาระบบการปลูกพืช	ถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร มูลนิธิฯ พัฒนา วิสาหกิจชุมชน หน่วยงานภาครัฐและเอกชน มหาวิทยาลัย และกลุ่มอุตสาหกรรม
ผลสัมฤทธิ์	ด้านวิชาการ 1. ได้พัฒนาพันธุ์พันธุ์ชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ ที่มีผลผลิตปานกลางถึงสูง คุณภาพดี 2. ได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตฯ ชาน้ำมัน และโกโก้ เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพยั่งยืน ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ 1. เกษตรกรได้รับผลตอบแทนจากการผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการปรับใช้เทคโนโลยีการผลิต 2. เพิ่มศักยภาพให้เป็นพืชแข่งขันกับประเทศคู่ค้าส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มากขึ้น 3. สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพจนกระทั่งลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ด้านสังคม		



ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาฯ

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา ประกอบด้วย 4 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์ชากลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมที่ให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดีที่ระดับความสูงต่างๆ กัน คัดเลือกและเปรียบเทียบกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมที่ให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 กรรมวิธี 7 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ชาอัสสัมจังหวัดน่าน กรรมวิธีที่ 2 ชาอัสสัมอำเภอฝาง และกรรมวิธีที่ 3 ชาอัสสัมจังหวัดตาก

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ชาพันธุ์พื้นเมืองที่มีสารแอนด็อกซิแดนซ์สูง (สารกลุ่มคาเทชิน) เปรียบเทียบกลุ่มพันธุ์ชาพื้นเมืองที่มีสารแอนด็อกซิแดนซ์สูง (สารกลุ่มคาเทชิน) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ชาพื้นเมืองสายต้นแม่ฟ้าหลวง กรรมวิธีที่ 2 ชาพื้นเมืองสายต้นโป่งน้อยยอดแดง กรรมวิธีที่ 3 ชาพื้นเมืองสายต้นแม่ฮ่องสอน และกรรมวิธีที่ 4 ชาพื้นเมืองสายต้นประเทศจีน

การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบพันธุ์ชาเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศจากต้นเพาะเมล็ดที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบชาเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศจากต้นเพาะเมล็ด วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 6 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 18 กรรมวิธีที่ 2 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 40 กรรมวิธีที่ 3 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 48 กรรมวิธีที่ 4 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 52 กรรมวิธีที่ 5 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 67 และกรรมวิธีที่ 6 ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 77

การทดลองที่ 4 การศึกษาปริมาณสารคาเทชินในสายพันธุ์ชา (*Camellia sinensis* L.) ที่ปลูกในระดับความสูงแตกต่างกัน โดยแบ่งเก็บ 2 ถู ได้แก่ ถูหนาว และ ถูฝน แล้วนำไปสกัดด้วยน้ำโดยใช้อัตราส่วน ใบชาแห้ง 1.25 กรัม : น้ำ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารคาเทชินด้วยเทคนิค HPLC และในปี 2560 คัดเลือกสายพันธุ์ชาที่มีปริมาณสารคาเทชินสูงที่สุด โดยเป็นสายพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน แบ่งเก็บใบชา 3 ถู ได้แก่ ถูหนาว ถูร้อน และ ถูฝน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเทชินอีกครั้ง

กิจกรรมที่ 2 เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย 5 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 ศึกษาการขยายพันธุ์ชาเงินด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ วางแผนการทดลองแบบ CBD 4 กรรมวิธี 10 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 อาหารสูตร MS กรรมวิธีที่ 2 อาหารสูตร MS + BA 0.1 มิลลิกรัม + IBA 0.5 มิลลิกรัม กรรมวิธีที่ 3 อาหารสูตร MS + BA 0.5 มิลลิกรัม + NAA 1 มิลลิกรัม + IBA 1 มิลลิกรัม และกรรมวิธีที่ 4 อาหารสูตร MS + BA 1.0 มิลลิกรัม + NAA 1 มิลลิกรัม + IBA 2 มิลลิกรัม บันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของชิ้นส่วนของชาที่ใช้ขยายพันธุ์แต่ละกรรมวิธี

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชาเงินในช่วงอายุ 1-4 ปี เพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของต้นชาเงิน เบอร์ 12 ที่ได้จากการเสียบยอดที่ปลูกในกระถางพลาสติก ขนาด 25 นิ้ว ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละกรรมวิธี ดังนี้ ปีที่ 1 10 ก./ต้น ปีที่ 2 20 ก./ต้น ปีที่ 3 30 ก./ต้น ปีที่ 4 ขึ้นไป 40 ก./ต้น โดยใส่ 3 ครั้ง ทุก 4 เดือน

การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตและคุณภาพของชาจีนในช่วงอายุ 4 ปี ขึ้นไป เพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของต้นชาจีน เบอร์ 12 อายุมากกว่า 4 ปี ที่ปลูกในแปลงปลูก โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละกรรมวิธี ในอัตรา 40 ก./ตัน ใส่ 3 ครั้ง ทุก 4 เดือน

การทดลองที่ 4 ศึกษาชนิด ลักษณะการเข้าทำลาย และการแพร่ระบาดของแมลงศัตรู ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ สํารวจแมลงศัตรูชา โดยติดตั้งกับดักกาวเหนียว และการสุ่มสํารวจแมลงศัตรูที่เข้าทำลาย บนยอดชา จำนวน 10 ยอด/ต้น 20 ต้น/แปลง บันทึกข้อมูลชนิด ปริมาณและการแพร่ระบาดของแมลงศัตรู ลักษณะการเข้าทำลาย และช่วงของต้นพืชที่ถูกทำลาย

การทดลองที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในชา วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ตรวจนับปริมาณเพลี้ยไฟบริเวณยอดชา จำนวน 10 ยอด/ต้น และบันทึกข้อมูลน้ำหนักผลผลิต และสารพิษตกค้าง

กิจกรรมที่ 3 วิจัยการแปรรูปและสร้างมาตรฐาน ประกอบด้วย 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการแปรรูปชาขาว วางแผนการทดลองแบบ RCBD 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคุณภาพด้วยการชิมเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชาขาวมาตรฐาน

การทดลองที่ 2 การศึกษาวิธีการแปรรูปชาเขียวคั่ว วางแผนการทดลอง แบบ RCBD 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ นวด อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นไม่เกิน 13% และกรรมวิธีที่ 5 ผึ่ง 4 ชั่วโมง นวด อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นไม่เกิน 13% บันทึกข้อมูลคุณภาพด้วยการชิมเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชาเขียวคั่วมาตรฐาน

การทดลองที่ 3 การศึกษาวิธีการแปรรูปชาเหี่ยวกวนอิม การวางแผนการทดลอง แบบ RCBD 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ นวด อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นไม่เกิน 13% บันทึกข้อมูลคุณภาพด้วยการชิมเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชาเหี่ยวกวนอิมมาตรฐาน

การทดลองที่ 4 การศึกษาอิทธิพลของการพรางแสงที่มีผลต่อการแปรรูปชาหมั้จะ วางแผนการทดลอง แบบ RCBD มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ จะเปิดที่พรางแสงเพื่อให้ต้นชาได้สังเคราะห์แสงตามปกติ และเริ่มทำการทดลองใหม่ในทุกกรรมวิธีพร้อมกันในฤดูถัดไป บันทึกข้อมูลโดยการวัดปริมาณแสงได้ตายายพรางแสง เปรียบเทียบสียอดชา ความยาวของยอดชา น้ำหนักสดก่อนอบ น้ำหนักแห้งหลังอบ สียอดชาก่อนอบ สียอดชาหลังอบ สีผงชาหลังการบด ปริมาณสารสำคัญในผงชา วัดอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน วัดการเจริญเติบโตความยาวของยอดชา วัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในการแปรรูป และนำตัวอย่างไปให้กับผู้ผลิตที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับชาหมั้จะ ทดสอบการชิม เพื่อประเมินคุณภาพการชิมของชาหมั้จะ

กิจกรรมที่ 4 การพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกพันธุ์ชากลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ ติดตามการเจริญเติบโตของชาอัสสัมที่ผ่านการคัดเลือก สำหรับการเปรียบเทียบพันธุ์ต่อไป บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต

การทดลองที่ 2 การตัดแต่งทรงพุ่มชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ตัดแต่งทรงพุ่มตามกรรมวิธี ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช ให้น้ำ พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยคอก

และปุ๋ยเคมีสูตรผสม 80-24-26 อัตรา 80 กก./ไร่ บันทึกข้อมูลผลผลิต น้ำหนักต่อต้น ลักษณะใบและการแตกยอด เช่น จำนวนช่อดอก/ปี และเวลาในการเก็บยอดชา 1 กิโลกรัมในแต่ละกรรมวิธี

การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น การเก็บเกี่ยว เก็บใบชาจากยอดชาที่ประกอบด้วย 1 ยอด กับ 2 ใบอ่อนด้วยมือ บันทึกข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต เช่น ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม ลักษณะใบและการแตกยอด เช่น จำนวนช่อดอก/ปี สีใบ และจำนวนยอดต่อต้นต่อปี และผลผลิต น้ำหนักต่อต้น

โครงการที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์

การทดลองที่ 1.1 การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในแหล่งต่าง ๆ

- วิธีการ แผนการทดลอง : RCB 8 กรรมวิธี (พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น 4 สถานที่ ตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ดังนี้ 1,300, 900, 700 และ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล

- การบันทึกข้อมูล : การเจริญเติบโต การออกดอก การให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต สภาพแวดล้อมความสัมพันธ์ของพันธุ์ปลูกต่อสภาพแวดล้อมคุณภาพจากการประเมินคะแนนเนื้อในทางประสาทสัมผัส

การทดลองที่ 1.2 การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในภาคอีสานตอนล่างและภาคเหนือตอนล่าง

- วิธีการ แผนการทดลอง : RCB คือ 9 กรรมวิธี(พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น

- การบันทึกข้อมูล : การเจริญเติบโต การออกดอก การให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต สภาพแวดล้อมความสัมพันธ์ของพันธุ์ปลูกต่อสภาพแวดล้อมคุณภาพจากการประเมินคะแนนเนื้อในทางประสาทสัมผัส

การทดลองที่ 1.3 การอนุรักษ์และศึกษาเชื้อพันธุ์กรรมมะคาเดเมีย

- วิธีการ แผนการทดลอง : ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ รวบรวมพันธุ์มะคาเดเมียจากแหล่งต่างๆ จากต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย จากต้นเพาะเมล็ดของพันธุ์ และจากงานวิจัยทดสอบพันธุ์

- การบันทึกข้อมูล : ลักษณะประจำพันธุ์ การเจริญเติบโต การออกดอกและติดผล การตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม การทนทานต่อโรคและแมลง ข้อมูลทางปฐพีวิทยาและอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้เป็นต้นพันธุ์ในงานโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย

- วิธีการ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ พื้นที่ที่ระดับความสูง 350 และ 1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ใน 3 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน ประกอบด้วย 5 กรรมวิธีๆ ละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 IBA ความเข้มข้น 2,000 ppm กรรมวิธีที่ 3 IBA ความเข้มข้น 4,000 ppm กรรมวิธีที่ 4 IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm และกรรมวิธีที่ 5 IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาการเลียบกิ่งมะคาเดเมีย

- วิธีการ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ พื้นที่ที่ระดับความสูง 350 และ 1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ใน 3 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ควั่นกิ่ง (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ควั่นกิ่งทิ้งไว้ 4 สัปดาห์ กรรมวิธีที่ 3 ควั่นกิ่งทิ้งไว้ 6 สัปดาห์ และ กรรมวิธีที่ 4 ควั่นกิ่งทิ้งไว้ 8 สัปดาห์

- การบันทึกข้อมูล 1) เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งเลียบ (เปอร์เซ็นต์: %) และ 2) ความสูงของกิ่งเลียบ (เซนติเมตร: ซม.)

การทดลองที่ 2.3 การศึกษาระบบการตัดแต่งกิ่งมะคาเดเมีย

- วิธีการ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น โดยมีกรรมวิธีดังนี้
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control) กรรมวิธีที่ 2 ตัดแบบทรงพุ่มสูง (6 เมตร) กรรมวิธีที่ 3 ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ย (4 เมตร) กรรมวิธีที่ 4 ตัดแบบทรงพุ่มสูงร่วมกับตัดข้าง กรรมวิธีที่ 5 ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ยร่วมกับตัดข้าง และ กรรมวิธีที่ 6 ตัดแบบรูปทรงปิรามิด

- การบันทึกข้อมูล : ข้อมูลการเจริญเติบโตการออกดอก การติดผล ปริมาณผลผลิตคุณภาพผลผลิต และข้อมูลการทำลายของโรคแมลงและวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้าไปในบริเวณใต้ทรงพุ่มมะคาเดเมียทั้ง 4 ทิศ

การทดลองที่ 2.4 ชนิดและฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูมะคาเดเมีย

- วิธีการ ศึกษาจากแหล่งปลูกมะคาเดเมีย โดยการสุ่มสำรวจแมลงที่เข้าทำลายบนส่วนต่างๆ ของพืช ทำการสำรวจยอด ดอก และผล จำนวน 20 ต้น/แปลง ทุกเดือน บันทึกข้อมูลระยะพืช จำนวนและลักษณะแมลง ส่วนของพืชที่ถูกทำลาย ลักษณะการทำลาย และเก็บตัวอย่างของแมลงที่พบนามาจำแนกชนิดต่อไป

การทดลองที่ 2.5 การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและหนอนเจาะผลในมะคาเดเมีย

1. ทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลในมะคาเดเมีย และ 2. ทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในมะคาเดเมีย

- วิธีการ วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ดังนี้

1. พ่นสาร thiamethoxam 25% WG	อัตรา 2 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
2. พ่นสาร fipronil 5% SC	อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
3. พ่นสาร lambdacyhalothrin 2.5% EC	อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
4. พ่นสาร spinetoram 12% SC	อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
5. พ่นสาร emamectin benzoate 1.92% W/V EC	อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
6. พ่นสาร carbaryl 85% WP	อัตรา 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
7. ไม่พ่นสารป้องกันกำจัด	

การบันทึกข้อมูล : จำนวนผลที่ถูกทำลาย จำนวนและชนิดศัตรูธรรมชาติ (ถ้ามี) และ ผลกระทบต่อพืช

การทดลองที่ 2.6 ทดสอบเทคโนโลยีการจัดการการป้องกันกำจัดสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมียโดยวิธีผสมผสาน

- วิธีการ งานวิจัยนี้มี 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ปี 2561-2562) และการทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (ปี 2562)

- การบันทึกข้อมูล 1. จำนวนครั้งของสัตว์ฟันแทะที่เกินระดับตัดสินใจ 2. ชนิดและจำนวนสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย ในการป้องกันกำจัด 3. เปอร์เซนต์ความเสียหายของผลผลิตมะคาเดเมีย ที่เกิดจากสัตว์ฟันแทะ 4. ผลผลิตที่ได้จากแปลงทั้งสองแปลง 5. ราคาต้นทุนในการป้องกันกำจัด ได้แก่ กรงดัก สารเคมี และเหยื่อล่อ คำนวณต้นทุนที่ใช้ในการป้องกันสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย เปรียบเทียบระหว่างวิธี IPC ในแปลงทดลอง และ วิธีของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลแปลงปลูกมะคาเดเมียในแปลงควบคุม และ 6. ระยะพัฒนาการของมะคาเดเมียทั้ง 2 แปลงกับชนิด จำนวนของสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย และเปอร์เซนต์ความเสียหายของมะคาเดเมียที่เกิดขึ้น โดยนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์

โครงการที่ 3 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตโกโก้

กิจกรรมที่ 1. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์โกโก้

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์โกโก้สำหรับทำช็อกโกแลต

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ พันธุ์โกโก้เป็นกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 โกโก้ชุมพรลูกผสม 1 (พันธุ์เปรียบเทียบ) กรรมวิธีที่ 2 ICS 6

กรรมวิธีที่ 3 ICS 40 กรรมวิธีที่ 4 ICS 95 กรรมวิธีที่ 5 UF676

การบันทึกข้อมูล

1) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต 2) บันทึกผลผลิต และ 3) บันทึกข้อมูลการทำ Cut test: สังเกตสีของเมล็ด ดูเมล็ดตอก เมล็ดตรา

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตโกโก้

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระบบปลูกและชนิดของต้นพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโกโก้

แผนการทดลอง แบ่งต้นโกโก้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ปลูกแบบพืชเดี่ยวกลางแจ้ง และ 2) ปลูกร่วมกับมะพร้าว

แต่ละกลุ่มวางแผนการทดลองแบบ RCB 5 กรรมวิธี 10 ซ้ำ โดยให้ชนิดของต้นพันธุ์โกโก้ที่จะนำมาปลูกเป็นกรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธี ได้แก่

4. ต้นโกโก้ที่เพาะจากเมล็ด Pa7 x Na32
5. ต้นโกโก้ที่ได้จากการติดตามพันธุ์ชุมพร 1
6. ต้นโกโก้ที่เพาะจากเมล็ด Pa7 x Na32 เมื่อต้นมีอายุ 1 ปี โดยนำพันธุ์ ICS 95 หรือ UF676 มาเสียบเพิ่ม ทำให้ต้นพันธุ์มี 2 พันธุ์ในต้นเดียวกัน
7. ต้นโกโก้พันธุ์ ICS 95
8. ต้นโกโก้พันธุ์ UF 676

กำหนดให้โกโก้ 6 ต้น เป็น 1 experimental unit

จากนั้นนำข้อมูลของโกโก้ทั้ง 2 กลุ่มที่ผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติ มาเปรียบเทียบผลผลิตแต่ละกรรมวิธีด้วย T-test การบันทึกข้อมูล

5. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต
6. บันทึกช่วงดอกบาน ผลติด ผลเหี่ยว ผลสุก ผลที่เสียหายจากโรค แมลง
7. บันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน

บันทึกผลผลิต: ผลผลิตต่อไร่ จำนวนผลต่อต้น ขนาดผล – น้ำหนักผลสด จำนวนและน้ำหนักเมล็ดสดต่อผล สีของเนื้อเมล็ดสด จำนวนเมล็ดแห้ง/ นน. 100 กรัม จำนวนผลสด/นน. เมล็ดแห้ง 1 กก. และเปอร์เซ็นต์ไขมันโกโก้

โครงการที่ 4 วิจัยและพัฒนาขาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ขาน้ำมัน ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบพันธุ์ขาน้ำมันพันธุ์การค้าจากต้นเพาะเมล็ดของประเทศจีน ระยะที่ 2 ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย และขุนวาง) จ.เชียงใหม่ ในปี 2559-2564 วางแผนการทดลองแบบ RCBD 9 กรรมวิธี 10 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ขาน้ำมันสำหรับผลิตน้ำมันจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย และสายพันธุ์จากต่างประเทศ ระยะที่ 2 ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย และขุนวาง) ในปี 2559-2564 ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ โดยปลูกขาน้ำมันจำนวน 8 ชนิด บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นขาน้ำมัน ทางด้านขนาดทรงพุ่ม ขนาดลำต้น วิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันตามสูตร $\text{เปอร์เซ็นต์น้ำมัน} = \left[\frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \right] \times 100$

การทดลองที่ 3 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ขาน้ำมันพื้นเมือง ระยะที่ 2 เพื่อรวบรวมขาน้ำมันพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทยเพื่อเป็นฐานพันธุ์กรรมในการพัฒนาพันธุ์ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างชาเพื่อใช้ขยายพันธุ์และตรวจสอบลักษณะทางพฤกษศาสตร์ โดยเก็บตัวอย่างในสถานที่ต่าง ๆ การเจริญเติบโตของขาน้ำมันในพื้นที่รวบรวมพันธุ์

กิจกรรมที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตขาน้ำมัน ประกอบด้วย 6 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การศึกษาการขยายพันธุ์ขาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นขาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย) วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 กรรมวิธี 5 บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จในการเปลี่ยนยอด ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตาบกิ่งพันธุ์ดี ความแข็งแรง อัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ของกิ่งพันธุ์ดี ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของต้นตอและกิ่งพันธุ์ และความสามารถในการพัฒนาของต้นพันธุ์จนออกดอกติดผลได้

การทดลองที่ 2 การศึกษาการชักนำการออกดอกและติดผลขาน้ำมัน วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ บันทึกอัตราการเจริญเติบโต (ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น) ช่วงเวลาการออกดอก เปอร์เซ็นต์การออกดอก เปอร์เซ็นต์การติดผล การพัฒนาของผล ขนาดผล และเปอร์เซ็นต์ผลที่พัฒนาจนเก็บเกี่ยวได้

การทดลองที่ 3 การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวขาน้ำมัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ หาค่าความชื้นของเมล็ดขาน้ำมันได้ตามสูตร เปอร์เซ็นต์ความชื้น = $[(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ}] \times 100$ ชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้ง แล้วนำตัวอย่างเมล็ดแห้งที่มีน้ำหนักอย่างน้อย 100 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน

การทดลองที่ 4 การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตขาน้ำมัน ระยะที่ 2 วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดูแลรักษาปล่อยให้มีการออกดอก ติดผลตามธรรมชาติ เก็บเกี่ยวผลผลิตและปริมาณน้ำมันในผล ส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

การทดลองที่ 5 การศึกษาการตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มขาน้ำมัน ระยะที่ 2 วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ วิธีปฏิบัติการตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่ม ดังนี้ 1. ตัดแบบทรงแจกัน 2. ตัดแบบดัดแปลงวิธี umbrella 3. ตัดแต่งแบบลำต้นคู่ 4. ไม่ตัดแต่ง บันทึกข้อมูลอัตราการ

การทดลองที่ 6 ศึกษาชนิด ลักษณะการเข้าทำลาย และการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูขาน้ำมัน ไม่มีการวางแผนการทดลองตามหลักสถิติ 1) สำรวจ รวบรวมตัวอย่างแมลงศัตรูขาน้ำมันจากแหล่งปลูกโดยใช้สวิงโอบ/เคาะหรือเขย่ากิ่ง ต้น หรือดอกของพืช หรือตัดใบ/กิ่ง/ยอดของพืชที่มีแมลงศัตรูพืชเกาะอาศัยด้วยกรรไกรตัดกิ่ง 2) สำรวจการแพร่กระจายของแมลงศัตรูขาน้ำมัน โดยการสุ่มตัวอย่างต้นขาน้ำมัน

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาชา

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา ประกอบด้วย 4 การทดลอง ได้แก่

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมที่ให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดีที่ระดับความสูงต่างๆ กัน ชาอัสสัมอำเภอฝาง มีศักยภาพทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพดี อีกทั้งยังมีคาเฟอีนต่ำ และมีความสำคัญในกลุ่มคาเทชินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถพัฒนาและต่อยอดเป็นชาพันธุ์ดีได้ ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการชิม และประเมินความพึงพอใจ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ชาพันธุ์พื้นเมืองที่มีสารแอนดริอ็อกซิแดนซ์สูง (สารกลุ่มคาเทชิน) ชาพื้นเมืองสายต้นแม่ฟ้าหลวง มีศักยภาพทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพดี อีกทั้งยังมีสารสำคัญในกลุ่มคาเทชินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถพัฒนาและต่อยอดเป็นชาพันธุ์ดีได้ ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการชิม และประเมินความพึงพอใจ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเปรียบเทียบพันธุ์ชาเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศจากต้นเพาะเมล็ดที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 77 และ ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 18 มีศักยภาพทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพดี อีกทั้งยังมีสารสำคัญในกลุ่มคาเทชินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถพัฒนาและต่อยอดเป็นชาพันธุ์ดีได้ ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการชิม และประเมินความพึงพอใจ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การศึกษาปริมาณสารคาเทชินในสายพันธุ์ชา (*Camellia sinensis* L.) ที่ปลูกในระดับความสูงแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์สารคาเทชิน 8 ชนิด คือ EGCG, EGC, ECG, EC, GC, C, GCG และ CG ในปี 2560 ในชา 3 สายพันธุ์ ที่คัดเลือกแล้วว่ามีสาร EGCG สูง มีการแตกยอดดี และปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุหลง#12 ฝาง#4 และ Kanayamidori จำนวน 25 ตัวอย่าง ที่ปลูกรวบรวมไว้ในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย และแม่จอนหลวง) ในเดือน ธันวาคม 2559 – กันยายน 2560 พบว่า ชาสายพันธุ์อุหลง#12 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ที่เก็บในฤดูร้อนมีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด คือ 57.99 mg/g dry weight ส่วนชาสายพันธุ์ Kanayamidori ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) ที่เก็บในฤดูฝนมีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด คือ 73.46 mg/g dry weight สำหรับค่าวิเคราะห์ปริมาณสารคาเทชินชนิด EGCG ในชาสายพันธุ์ฝาง 4 ที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ พบว่า ยอดชาที่เก็บในเดือน กันยายน มีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด คือ 93.90 mg/g dry weight ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับยอดชาที่เก็บในเดือน พฤษภาคม คือ 92.66 mg/g dry weight

กิจกรรมที่ 2 เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย 5 การทดลอง ได้แก่

การศึกษากการขยายพันธุ์ชาจีนด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อชาจีนในอาหารเพาะเลี้ยงทุกกรรมวิธีค่อนข้างช้า ในกรรมวิธีที่ 2 อาหาร MS เพิ่ม BA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IBA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนข้อสูงสุดเท่ากับ 4 ข้อ ความสูงมากที่สุดเท่ากับ 5.3 เซนติเมตร แต่เนื่องจากเนื้อเยื่อชาจีนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างๆ ไม่เกิดราก จึงทำให้ไม่สามารถนำมาปลูกเพื่อทดสอบในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติได้ เนื่องจากการทดลองมีระยะเวลาจำกัด อีกทั้งมีช่วงเวลาพักตัวของต้นชาจีนในธรรมชาติ ต้นชาไม่แตกยอดใหม่ในช่วงฤดูหนาว และมีการเจริญเติบโตช้าในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรต่างๆ หากมีการทดลองเกี่ยวกับชาจีนในอนาคต ควรมีเวลาในการทดลองมากกว่า 2 ปี เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มากขึ้น

การศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชาจีนในช่วงอายุ 1-4 ปี การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละอัตรา ส่งผลให้ต้นชาจีน เบอร์ 12 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ทั้งในเรื่องความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง จำนวนใบ และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น อาจเนื่องจากพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ป่า ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในกลุ่มอินทรีย์วัตถุ โดยสังเกตได้จากผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ทำให้การเพิ่ม หรือ ลดปุ๋ยไนโตรเจน ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตมากนัก โดย Tea Research Foundation of Keny (2012) ได้ระบุความต้องการธาตุอาหารของต้นชาหลังย้ายปลูกถึงก่อนให้ผลผลิตไว้ว่า มีสัดส่วนของ N : P : K เท่ากับ 5: 1 : 1 ทั้งนี้ควรต้องมีการศึกษาอัตราปุ๋ย NPK ให้ครบทั้ง 3 ตัว เพื่อให้การใส่ปุ๋ยตรงตามความต้องการของต้นชามากที่สุด และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตและคุณภาพของชาจีนในช่วงอายุ 4 ปีขึ้นไป การเพิ่มขึ้น 75% N P=7 K=7 ปริมาณ 40 กรัมต่อต้น แบ่งใส่ 3 ครั้ง ทุก 4 เดือน ร่วมกับใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี ส่งผลให้ต้นชาจีน เบอร์ 12 มีปริมาณผลผลิต และ คุณภาพดีที่สุด ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อไร่เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกชา ทั้งนี้ควรต้องมีการศึกษาอัตราปุ๋ย NPK ให้ครบทั้ง 3 ตัว เพื่อให้การใส่ปุ๋ยตรงตามความต้องการของต้นชามากที่สุด และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การศึกษาชนิด ลักษณะการเข้าทำลาย และการแพร่ระบาดของแมลงศัตรู จากการสำรวจ และจำแนกชนิดแมลงศัตรูที่เข้าทำลายแปลงชา ทั้งชาจีน และชาอัสสัม ในจังหวัดเชียงใหม่ และ เชียงราย พบแมลงศัตรูจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycines* Glover, เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood, เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli), มวนยุงชา *Helopeltis* spp. และไรแดง *Oligonychus coffeae* (Nietner) เข้าทำลายดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน พบมากในช่วงที่ต้นชาแตกยอดอ่อน และพบ มวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas, หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner) และแมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp. เข้าทำลายใบอ่อน และใบเพสลาด โดยพบมากในช่วงที่ชาเริ่มให้ผลผลิต การปลูกชา ส่วนใหญ่ปลูกบนพื้นที่สูง เป็นแหล่งต้นน้ำ สภาพแวดล้อมต่างๆ ยังมีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้การระบาดของแมลงศัตรูพืชถูกควบคุมด้วยตัวห้ำและตัวเบียน จึงพบการระบาดเพียงเล็กน้อย และไม่สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตของชามากนัก อีกทั้งพืชชาเป็นพืชที่ไ้ยอดในการแปรรูป จึงทำให้ต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากในการเลือกวิธีการในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และปราศจากสารเคมีตกค้าง

การทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในชา จากการประเมินการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟในชา พบการเข้าทำลายเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่เพียงพอต่อการดำเนินการทดลอง จึงไม่สามารถดำเนินการทดลองตามกรรมวิธีดังกล่าวได้ ดังนั้น จึงขอสิ้นสุดการทดลองดังกล่าวในปีงบประมาณ 2562 นี้ และควรเลือกแปลงชาที่มีเข้าทำลายของเพลี้ยไฟในปริมาณที่เพียงพอต่อการทดลอง เพื่อให้สามารถดำเนินการทดลองตามแผนได้

กิจกรรมที่ 3 วิจัยการแปรรูปและสร้างมาตรฐาน ประกอบด้วย 4 การทดลอง ได้แก่

การศึกษาวิธีการแปรรูปชาขาว การทดลองย่อยที่ 1 ในการศึกษาการแปรรูปชาขาว (ชาจีน เบอร์ 12) โดยวิธีการต่าง ๆ 6 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงภายนอก สีภายนอก รูปทรงภายใน สีภายใน กลิ่นน้ำชา สีน้ำชา รสชาติน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า ลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ ภายใน และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา กลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับกรรมวิธีที่ 1 ผึ่งจนแห้ง ให้เหลือความชื้นไม่เกิน 13% มีคะแนนรวมสูงสุด 87.20 และ 90.00 คะแนน การทดลองย่อยที่ 2 ในการศึกษาการแปรรูปชาขาว (ชาอัสสัม) โดยวิธีการต่าง ๆ 6 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงภายนอก สีภายนอก รูปทรงภายใน สีภายใน กลิ่นน้ำชา สีน้ำชา รสชาติน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า ลักษณะ สี รสชาติ ภายใน และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลิ่นน้ำชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา กลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่งจนแห้ง ให้เหลือความชื้นไม่เกิน 13% มีคะแนนรวมสูงสุด 82.30 และ 71.00 คะแนน

ผลจากการทดลองครั้งนี้จึงพอจะกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์การแปรรูปชาขาว (ชาจีน เบอร์ 12) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา กลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่งจนแห้ง ให้เหลือความชื้นไม่เกิน 13% มีคะแนนรวมสูงสุด 87.20 และ 90.00 คะแนน และการแปรรูปชาขาว (ชาอัสสัม) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา กลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่งจนแห้ง ให้เหลือ

ความชื้นไม่เกิน 13% มีคะแนนรวมสูงสุด 82.30 และ 71.00 คะแนน แต่จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้วยการชิมยังคงพบว่า สีของผลิตภัณฑ์ยังไม่ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งน่าจะเกิดจากวิธีการเก็บที่ยังไม่เหมาะสม และมีการดูแลรักษาไม่ถูกต้อง ดังนั้นการพัฒนาให้ได้วัตถุดิบที่เหมาะสมในการแปรรูปชาขาวจาก ยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ต้องมีการศึกษาวิธีการเก็บผลผลิต และวิธีการดูแลรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาขาวจาก ยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ที่ได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการร้านค้าและบริษัท และสามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไปและช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อร่างกายช่วยให้สุขภาพดีขึ้น ช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดการเกิดการแข็งตัวของหลอดเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็ง

การศึกษาวิธีการแปรรูปชาเขียวคั่ว ประกอบด้วย **การทดลองย่อยที่ 1** ในการศึกษาการแปรรูปชาเขียวคั่ว (ชาจีน เบอร์ 12) โดยวิธีการต่าง ๆ 5 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงภายนอก สีภายนอก รูปทรงกากชา สีน้ำชา รสชาติน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลิ่นน้ำชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า สี รสชาติ และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะ กลิ่น และกากชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 คั่วทันที และกรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 1 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 79.50 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับ กรรมวิธีที่ 5 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 65.00 คะแนน และ**การทดลองย่อยที่ 2** ในการศึกษาการแปรรูปชาเขียวคั่ว (ชาอัสสัม) โดยวิธีการต่าง ๆ 5 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงภายนอก สีภายนอก รูปทรงกากชา สีน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลิ่นน้ำชา และรสชาติน้ำชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า คะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ และกากชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 คั่วทันที มีคะแนนรวมสูงสุด 81.25 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 1 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 73.50 คะแนน

ผลจากการทดลองครั้งนี้จึงพอจะกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์การแปรรูปชาเขียวคั่ว (ชาจีน เบอร์ 12) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 คั่วทันที และกรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 1 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 79.50 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัท ยอมรับ กรรมวิธีที่ 5 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 65.00 คะแนน และการแปรรูปชาเขียวคั่ว (ชาอัสสัม) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 คั่วทันที มีคะแนนรวมสูงสุด 81.25 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 1 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 73.50 คะแนน แต่จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยการชิมยังคงพบว่า รูปทรงภายนอก สี และรสติของผลิตภัณฑ์ยังไม่ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งน่าจะเกิดจากการทดลองในครั้งนี้ใช้เครื่องมือแปรรูปที่แตกต่างจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อการส่งออก และการใช้ยอดชาที่อาจไม่เหมาะสม และมีการดูแลรักษาไม่ถูกต้อง ดังนั้นการพัฒนาให้ได้วัตถุดิบที่เหมาะสมในการแปรรูปชาเขียวคั่ว จากยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ต้องมีการใช้ยอดชาที่เหมาะสม และวิธีการ

ดูแลรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวคั่ว จากยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ที่ได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการร้านค้าและบริษัท และสามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การศึกษาวิธีการแปรรูปชาเหิยะกวนอิม ประกอบด้วย **การทดลองย่อยที่ 1** ในการศึกษาการแปรรูปชาเหิยะกวนอิม (ชาจีน เบอร์ 12) โดยวิธีการต่าง ๆ 5 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงภายนอก รูปทรงกากชา สีกากชา สีน้ำชา รสชาติน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสีภายนอก และกลิ่นน้ำชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า ลักษณะ รสชาติ และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสี กลิ่น และกากชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 5 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 77.25 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 56.50 คะแนน และ**การทดลองย่อยที่ 2** ในการศึกษาการแปรรูปชาเหิยะกวนอิม (ชาอัสสัม) โดยวิธีการต่าง ๆ 5 กรรมวิธี ซึ่งผลจากการทดลอง จากกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชา พบว่า รูปทรงกากชา กลิ่นน้ำชา รสชาติน้ำชา และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนรูปทรงภายนอก สีภายนอก สีกากชา และสีน้ำชา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากกลุ่มร้านค้าและบริษัท พบว่า กลิ่น รสชาติ และกากชา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะ สี และคะแนนรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 78.00 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 3 ผึ่ง 6 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ 4 ผึ่ง 7 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 66.00 คะแนน ผลจากการทดลองครั้งนี้จึงพอจะกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์การแปรรูปชาเหิยะกวนอิม (ชาจีน เบอร์ 12) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 2 ผึ่ง 5 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 77.25 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 56.50 คะแนน และการศึกษาการแปรรูปชาเหิยะกวนอิม (ชาอัสสัม) พบว่า การทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มผู้นิยมนิยมดื่มชายอมรับ กรรมวิธีที่ 1 ผึ่ง 4 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 78.00 คะแนน ส่วนการทดสอบคุณภาพการชิมของกลุ่มร้านค้าและบริษัทยอมรับ กรรมวิธีที่ 3 ผึ่ง 6 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ 4 ผึ่ง 7 ชั่วโมง มีคะแนนรวมสูงสุด 66.00 คะแนน แต่จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยการชิมยังคงพบว่า รูปทรงภายนอก สี และรสชาติของผลิตภัณฑ์ยังไม่ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งน่าจะเกิดจากการทดลองในครั้งนี้ใช้เครื่องมือแปรรูปที่แตกต่างจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อการส่งออก และการใช้ยอดชาที่อาจไม่เหมาะสม และมีการดูแลรักษาไม่ถูกต้อง ดังนั้นการพัฒนาให้ได้วัตถุดิบที่เหมาะสมในการแปรรูปชาเหิยะกวนอิม จากยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ต้องมีการใช้ยอดที่เหมาะสม และวิธีการดูแลรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาเหิยะกวนอิม จากยอดชาจีน และยอดชาอัสสัม ที่ได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการร้านค้าและบริษัท และสามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การศึกษาอิทธิพลของการพรางแสงที่มีผลต่อการแปรรูปชามัทฉะ การพรางแสงมีผลต่อคุณภาพชามัทฉะ เนื่องจากปริมาณแสงอาทิตย์ที่ยอดชาได้รับภายใต้วัสดุพรางแสงมีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณสารอาหาร ปริมาณสารสำคัญในผงชา และคุณภาพการชิม การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสองชั้นและพรางแสงด้วยผ้าคลุมดิน ให้ผงชาที่มีสีเขียวเข้ม มีคุณภาพการชิมที่ดีใกล้เคียงกัน ซึ่งตาข่ายพรางแสงมีความทนทานมากกว่าและ

ราคาต่ำกว่าผ้าคลุมดิน โดยการแปรรูปในฤดูหนาวและฤดูฝนมีความเหมาะสมมากกว่าการแปรรูปในฤดูร้อน เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศและปริมาณน้ำซึ่งอาจจะขาดแคลนในบางพื้นที่ โดยหลังจากขั้นตอนการแปรรูปด้วยการบดละเอียดควรมีการแยกขนาดด้วยเครื่องตะแกรงร่อน เพื่อให้ได้คุณภาพเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการพรางแสงเพื่อแปรรูปขามัทชะ ควรมีการเว้นระยะเวลาหรือเปลี่ยนแปลงปลูกลูกที่ใช้ในการแปรรูปเพื่อให้ต้นชาได้รับแสงแดดเพื่อสังเคราะห์แสงและสะสมอาหารเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีสม่ำเสมอ

กิจกรรมที่ 4 การพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การคัดเลือกพันธุ์ชากลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ผลการคัดเลือกสายต้นชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้จากต้นชาอัสสัมที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่มีอายุ 3 ปี สามารถคัดเลือกสายต้นชาที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงได้จำนวน 10 สายพันธุ์ คือ 0686, 0689, 0701, 0706, 0711, 0712, 0715, 0719, 0720 และ 0810 อย่างไรก็ตามการคัดเลือกในครั้งนี้ทำในชาอายุ 3 ปี ซึ่งเริ่มให้ผลผลิตที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป ดังนั้นจึงยังคงมีการเก็บบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมในปีถัดไปควบคู่กับการขยายพันธุ์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพันธุ์

การตัดแต่งทรงพุ่มชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ วิธีการตัดแต่งทรงพุ่มชาที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ภาคใต้ซึ่งเป็นการปลูกในระบบพีชรว่มหรือพีชแซม และเป็นการผลิตในเชิงครัวเรือน คือการตัดแต่งแบบโค้งครึ่งวงกลม ที่มีระดับความสูงจากพื้นดินประมาณ 150 และขนาดทรงพุ่ม 164.30 เซนติเมตร

การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ จากการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัม 8 กรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่ 4 สายต้น 0706 มีแนวโน้มในเรื่องการเจริญเติบโตดีที่สุด และดีกว่ากรรมวิธีเปรียบเทียบ คือ มีความสูงขนาดทรงพุ่ม และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และ 38.85 33.54 และ 0.38 เซนติเมตร ตามลำดับ

โครงการที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ มีทั้งหมด 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่(1)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในแหล่งต่างๆ ตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400, 900, 750 และ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า 1) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 ม. พันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตต้นมะคาเดเมีย คือพันธุ์ CR-7 KK27 และ KW86 ในปี 2563 พันธุ์ KW86 มี น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล ขนาดผลทั้งเปลือก และน้ำหนัก เนื้อในดีที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตมะคาเดเมีย ในปี2564 พบว่า พันธุ์ CR-5 และ CR-7 %เนื้อใน และ %เกรด 1 เนื้อใน (%recovery) ดีที่สุด และจากการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิม พบว่า พันธุ์ 741 ได้คะแนน ความหวาน ความมัน และความชอบจากผู้ประเมินมากที่สุด 2)ความสูงจากระดับน้ำทะเล 900 ม. พันธุ์ 741 และ 660 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตได้ดี และจากการวิเคราะห์ผลผลิตพบว่า พันธุ์ KW86 มีน้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล ขนาดผลทั้งเปลือก น้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด น้ำหนักกะลา และน้ำหนักเนื้อในดีที่สุด และพันธุ์ 741 ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้น ในปี 2563 และ 2564 มากที่สุด จากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิต พบว่า พันธุ์ CR-5 และ CR-7 มี%เนื้อใน และ %เกรด 1 เนื้อในดีที่สุด จากการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิมผลผลิต พบว่า พันธุ์ 741 ได้คะแนน สี ความหวาน และความมัน จากผู้ประเมินมากที่สุด และ พันธุ์ 660 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ประเมินมากที่สุด 3) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 750 ม. พันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ พันธุ์ CR-5 และ CR-7 จากการ

วิเคราะห์ผลผลิต พบว่า พันธุ์ KW86 มีน้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล ขนาดผลทั้งเปลือก น้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด น้ำหนักกะลา และน้ำหนักเนื้อในดีที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตในปี 2564 พันธุ์ KW86 มี%เนื้อใน และ %เกรด 1 เนื้อใน (%recovery) มากที่สุด 4) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 400 ม. พันธุ์ KK27 เป็นพันธุ์ที่มี แนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด สามารถเก็บผลผลิตมะคาเดเมียในปี 2564 เป็นปีแรก โดย พันธุ์ MCL829 น้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น และ น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด พันธุ์ KW86 มี น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล น้ำหนัก เมล็ดกะลาต่อเมล็ด น้ำหนักกะลา และน้ำหนักเนื้อในดีที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิต พบว่า พันธุ์ 741 มี %เนื้อในมากที่สุดที่ 37.52% และพันธุ์ CR-7 มี %เกรด 1 เนื้อใน (%recovery) ดีที่สุด และจากการ ประเมินความรู้สึกจากผู้ชิมผลผลิตมะคาเดเมีย พบว่า พันธุ์ 741 และ 660 ได้คะแนนการประเมินมากที่สุดที่ การ ทดลองที่(2)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในภาคอีสานตอนล่างและภาคเหนือตอนล่าง แปลงมะคาเดเมีย จ. นครราชสีมา อ.ปากช่อง ความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 ม. ประสบปัญหาฝนแล้งติดต่อกันนาน ทำให้ต้นชะงัก การเติบโต ต้องปลูกซ่อมทำให้การเจริญเติบโตและการเก็บข้อมูลล่าช้า โดยพันธุ์ 660 มีแนวโน้มการเจริญเติบโต ดีที่สุด เริ่มมีติดดอกและให้ผลผลิตในปี 2564 ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ CR-5 CR-7 660 และ พันธุ์ 660 มี น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด ลักษณะผลผลิตมะคาเดเมียทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ CR-5 มีน้ำหนัก และขนาดผลทั้งเปลือก น้ำหนักและขนาดของกะลา และน้ำหนักเนื้อมากที่สุด ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิต พบว่า พันธุ์ 741 ให้%เนื้อใน %เนื้อในเกรด 1 (%ลอยน้ำ) และ%เกรด 1 เนื้อใน (%recovery) มากที่สุด และ แปลงมะคาเดเมีย จ.ตาก อ.แม่สอด ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 ม.พบว่า พันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตได้ ได้แก่ พันธุ์ CR-5 741 FNG21 และ660 เริ่มให้ผลผลิตในปี 2564 เป็นปีแรกเช่นเดียวกันกับมะคาเดเมีย จ. นครราชสีมา ให้ผลผลิตทั้งหมด 8 พันธุ์ ยกเว้น พันธุ์ FNG21 เริ่มออกดอกเริ่มตั้งแต่เดือน กันยายน-ธันวาคม และ เก็บผลผลิตในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายนโดยพันธุ์ KW86 ให้ น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด พันธุ์ A4 มี น้ำหนักผลทั้งเปลือก ขนาดผลทั้งเปลือก น้ำหนักเมล็ดทั้งกะลา ขนาดเมล็ดทั้งกะลา และน้ำหนักเนื้อในมากที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพ และการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิม พบว่า พันธุ์ A4 มี %เนื้อใน %เกรด 1 เนื้อใน (%recovery)มากที่สุด และจากการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิมมากที่สุด และการทดลองที่(3)การอนุรักษ์และ ศึกษาเชื้อพันธุ์กรรมมะคาเดเมีย 1) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) มีการรวบรวมลักษณะมะคาเด เมีย 42 สายพันธุ์ สามารถนำมาวิเคราะห์คุณภาพได้ 15 พันธุ์ พันธุ์ ซึ่งพบว่า พันธุ์ที่มี%เนื้อในมากที่สุด คือ พันธุ์ A4 พันธุ์ 788 มี %เนื้อในเกรด 1 (%ลอยน้ำ)มากที่สุด และ%เกรด 1 เนื้อใน (%recovery)มากที่สุด คือ พันธุ์ KK6 จากการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิมผลผลิตมะคาเดเมีย พบว่า พันธุ์ 788 ได้คะแนน สี ความมัน และ ความชอบ จากผู้ประเมินมากที่สุด และ พันธุ์ KK7 ได้รับคะแนนรสชาติจากผู้ประเมินมากที่สุด และพันธุ์ 508 ได้ คะแนนความหวานมากที่สุดที่ 2) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย มะคาเดเมียทั้งหมด 15 พันธุ์ ได้แก่ 294 508 741 788 791 792 849 A4 A16 CR1 DD KK6 KK7 KK8 และ WW3 โดย พันธุ์ WW3 โดยพบว่า พันธุ์ WW3 มี น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล น้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด และน้ำหนักเนื้อในมากที่สุด และ พันธุ์ WW3 มี ขนาดผล ทั้งเปลือก และขนาดเมล็ดทั้งกะลา มากที่สุด ส่วนพันธุ์ 508 มี น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล น้ำหนักเมล็ดกะลาต่อ เมล็ด และน้ำหนักเนื้อในน้อยที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตมะคาเดเมีย พบว่า พันธุ์ KK7 มี%เนื้อใน มากที่สุดที่ %เกรด 1 เนื้อใน (%recovery)มากที่สุดคือ พันธุ์ 849 และจากการประเมินความรู้สึกจากผู้ชิมผลผลิต

มะคาเดเมีย ทั้งหมด 15 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ A16 ได้คะแนน สี รสชาติและความชอบ จากผู้ประเมินมากที่สุด พันธุ์ 849 ได้รับคะแนนความหวานจากผู้ประเมินมากที่สุด พันธุ์ KK7 ได้คะแนนความมันมากที่สุด 3) ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) มะคาเดเมียทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ Daddow, A4, 924(A16), 294, 788, 791, 792, 849, WW3, CHR1, KK6, KK7, 480(KK8), 508 และ 741 โดยพบว่า พบว่า ผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด คือพันธุ์ WW3 และพันธุ์ WW3 น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผล น้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด และน้ำหนักเนื้อใน และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตจากจำนวนเมล็ดตัวอย่าง 100 เมล็ด พบว่า พันธุ์ WW3 มีน้ำหนักเมล็ดก่อนอบ %เนื้อใน และ%เกรด 1 เนื้อใน (%recovery) มาก 4) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) เก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 10 พันธุ์ ได้แก่ 246 333 344 508 660 741 800 H2 HY และ OC พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุด คือ พันธุ์ 246 ลักษณะของดอกทั้ง 10 สายพันธุ์ สีดอกทั้งหมด 3 สี ได้แก่ ขาวออกเขียว ชมพู และเขียวอ่อนออกน้ำตาล เรื่องผลผลิตมะคาเดเมีย พบว่า พันธุ์ 660 มีน้ำหนักต่อผล พันธุ์ 246 มีน้ำหนักเนื้อในต่อผลมากที่สุด และ พันธุ์ HY น้ำหนักผลผลิตรวมมากที่สุด เท่ากับ 711.00 กรัม

การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย มีทั้งหมด 6 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ (1) การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหิยะ พบว่า การควั่นกิ่งพันธุ์ทิ้งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนตัดนำมาเสียบเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์การรอดตาย และการเจริญเติบโตด้านความสูงกิ่งหลังการเสียบกิ่ง 60 วันสูงที่สุด โดยเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม 85.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่งหลังการเสียบ 60 วันสูงสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม 47.4 ซม. และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า การควั่นกิ่งพันธุ์ทิ้งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนตัดนำมาเสียบเหมาะสมที่สุดเช่นเดียวกับแปลงทดลองแม่เหิยะ โดยเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน และการเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่งหลังการเสียบ 60 วันสูงสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม น้อยที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคม การทดลองที่ (2) การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหิยะ พบว่า การควั่นกิ่งพันธุ์ทิ้งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนตัดนำมาเสียบเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์การรอดตาย และการเจริญเติบโตด้านความสูงกิ่งหลังการเสียบกิ่ง 60 วันสูงที่สุด โดยเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม 85.0 % ส่วนการเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่งหลังการเสียบ 60 วันสูงสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม 47.4 ซม. และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า การควั่นกิ่งพันธุ์ทิ้งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนตัดนำมาเสียบเหมาะสมที่สุดเช่นเดียวกับแปลงทดลองแม่เหิยะ โดยเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน การเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่งหลังการเสียบ 60 วันสูงสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม การทดลองที่ (3) การศึกษาระบบการตัดแต่งกิ่งมะคาเดเมีย พบว่าปี 2562 กรรมวิธีที่ 6 ตัดแบบรูปทรงปิรามิด มีน้ำหนักผลผลิตมะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 17.98 กก. แต่แม้ว่าปี 2563 กรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control) มีน้ำหนักผลผลิตมะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด แต่ก็ต่างจากกรรมวิธีที่ 6 ตัดแบบรูปทรงปิรามิดที่มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยรองลงมาเพียง 0.25 กก.เท่านั้น ซึ่งปี 2563 พบว่ากรรมวิธีที่ 6 มีน้ำหนักกะลามะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 10.60 กก. ต่างจาก กรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control) มีน้ำหนักกะลาเฉลี่ยรองลงมา 1.11 กก. และมีเพียงปี 2561 เท่านั้นที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control) มีน้ำหนักกะลามะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 8.91 กก. การทดลองที่ (4) ชนิดและฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูมะคาเดเมีย ดำเนินการในแหล่งปลูก จ.เชียงใหม่

เชียงราย ตาก เพชรบูรณ์ เลย และ นครราชสีมา พบการเข้าทำลาย 3 ระยะ 1)ระยะดอกตูม พบพบเพลี้ยอ่อน 1 ชนิด คือ เพลี้ยอ่อนดำส้ม 2)ระยะดอกบาน พบเพลี้ยไฟ 4 ชนิด คือ เพลี้ยไฟหลากหลาย เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยไฟมะละกอ และ ไฟดอกถั่ว 3)ระยะพัฒนาผล พบเพลี้ยไฟสูงสุดในช่วงเริ่มติดผล และพบเพลี้ยแป้ง มด(Smith) เพลี้ยหอยเกร็ด หนอนเจาะผลเงาะ เพียงเล็กน้อย และยังพบแมลงปากดูด 2 ชนิด (ยังไม่จำแนกชนิด) มักพบดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณก้านใบอ่อน และก้านช่อผล พบได้ตลอดทั้งปี การทดลองที่(5)การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและหนอนเจาะผลในมะคาเดเมีย ดำเนินการในแปลงของเกษตรกร ต.แสนคม และต.ปลาบ่า อ.ภูเรือ จ.เลย พบว่า สารทุกกรรมวิธีทดลองมีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยไฟได้ดี โดยมีจำนวนเพลี้ยไฟน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร โดยสารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ สาร imidacloprid 70% WG อัตรา 3 กรัม/น้ำ 20 ลิตร fipronil 5% SC อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ spinetoram 12% SC อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และการพ่นสารทุกชนิดไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมะคาเดเมีย โดยควรพ่นสารเมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ และ พ่นซ้ำหากสำรวจพบเพลี้ยไฟจำนวนมากขึ้น และการทดลองที่(6)ทดสอบเทคโนโลยีการจัดการการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและศัตรูมะคาเดเมียโดยวิธีผสมผสาน จำนวน 2 สถานที่ ได้แก่ 1)สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง พบว่า จากการใช้กรงดักพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 37.5% และ 14.29% ตามลำดับ ขณะที่แปลงเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 42.8% ขณะเดียวกันจากปริมาณการกินเหยื่อล่อ พบว่าประชากรศัตรูพืชและหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 73.33% และ 11% ตามลำดับ ส่วนในแปลงเปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 114.3% ส่วนความเสียหายของมะคาเดเมีย มีค่าลดลงทั้ง 3 แปลง เท่ากับ 62.06%, 64.06% และ 15.09% ตามลำดับ โดยที่แปลงทดลอง IPC1 และ IPC2 มีสัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน ในปี 2561 และ 2562 อยู่ที่ 21.28, 21.291 และ 142.86, 143.41 บาทต่อไร่ ตามลำดับ และ2)ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ พบว่า ความหนาแน่นประชากรของศัตรูพืช จากการใช้กรงดักและปริมาณการกินเหยื่อล่อพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงในทั้ง 3 แปลงทดลอง (IPC1, IPC2 และแปลงเปรียบเทียบ) เท่ากับ 90%, 65%, 12% และ 87%, 68%, 29% ตามลำดับ ส่วนความเสียหายของมะคาเดเมียทั้ง 3 แปลงทดลอง มีค่าลดลงเท่ากับ 81.38%, 6.51% และ 45.31% ตามลำดับ โดยที่แปลงทดลอง IPC1 และ IPC2 มีสัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน อยู่ที่ 127.28 และ 132.5 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

โครงการที่ 3 การวิจัยและพัฒนาการผลิตโกโก้

การทดสอบพันธุ์โกโก้สำหรับทำช็อกโกแลต โกโก้ที่ให้ผลผลิตสูง ได้แก่ พันธุ์ ICS40 พันธุ์ชุมพร 1 และ ICS6 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดแห้งเฉลี่ย 250, 232 และ 202 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ สามารถนำไปแปรรูปเป็นช็อกโกแลตได้และมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ จะนำเสนอพันธุ์ ICS40 และ ICS6 เป็นโกโก้พันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ต่อไป

การศึกษาระบบปลูกและชนิดของต้นพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโกโก้ ด้านการเจริญเติบโต การปลูกโกโก้แบบพืชเดี่ยว พบว่า โกโก้พันธุ์ชุมพร 1 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ UIF676 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านความสูงและความกว้างรอบโคน ทั้งนี้เมื่อโกโก้อายุมากขึ้น จะมีความสูงและทรงพุ่มหนาที่มากขึ้นเช่นกัน จำเป็นต้องทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ทรงพุ่มโปร่ง ลดความชื้นในทรงพุ่มซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเกิดโรคและแมลง ด้านผลผลิต ในปี

2562 พันธุ์ชุมพร 1 ให้ผลผลิตก่อนพันธุ์อื่น ๆ แต่ให้ผลผลิตเพียงบางต้น ต้นส่วนใหญ่ยังไม่ให้ผลผลิตจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติได้ และในปี 2563 การติดผลยังไม่มีควมสม่ำเสมอ พบการทำลายผลผลิตจากแมลงเจาะผลโกโก้ ปี 2564 การปลูกโกโก้แบบพืชเดี่ยว พันธุ์ชุมพร 1 ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ ICS95 และ UF676 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการปลูกโกโก้แบบพืชร่วม พบว่าพันธุ์ชุมพร 1 เพาะเมล็ดกับชุมพร 1 เปลี่ยนยอด ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อนำผลผลิตโกโก้ทั้งสองระบบปลูกมาเปรียบเทียบกัน พบว่า พันธุ์ชุมพร 1 เพาะเมล็ด ชุมพร 1 ที่ติดตาเพิ่มพันธุ์ ICS95 หรือ UF676 และพันธุ์ UF676 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันระหว่างการปลูกแบบพืชเดี่ยวและพืชร่วม ($p > 0.05$) ส่วนพันธุ์ชุมพร 1 เปลี่ยนยอด ที่ปลูกแบบพืชเดี่ยวให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อปลูกแบบพืชร่วมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพันธุ์ ICS95 ที่ปลูกแบบพืชร่วมให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อปลูกแบบพืชเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับ Koko et al. (2013) ที่ทำการกับข้อมูลโกโก้อายุ 5 ปีที่ปลูกแบบพืชเดี่ยวเปรียบเทียบกับโกโก้ที่ปลูกแบบพืชร่วมที่ไอวอรีโคสต์ พบว่าโกโก้ที่ปลูกแบบพืชเดี่ยวให้ผลผลิต 64 ผล/ต้น/ปี ในขณะที่โกโก้ที่ปลูกร่วมกับส้มและอะโวคาโดให้ผลผลิต 30 ผล และ 28 ผล/ต้น/ปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแสงที่โกโก้ได้รับส่งผลต่อความแข็งแรงของต้นและปริมาณผลผลิตอย่างมาก

ทั้งนี้การเก็บข้อมูลในเรื่องของผลผลิตและพัฒนาการของโกโก้ควรมีการเก็บผลผลิตอย่างน้อย 8 ปีต่อเนื่องกัน เนื่องจากโกโก้จะเริ่มคงที่และในแต่ละปีที่สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เช่น ภาวะแห้งแล้ง สภาพอากาศรุนแรงโกโก้จะแสดงลักษณะทางฟีโนไทป์ออกมาได้ชัดเจน ซึ่งทำให้ผู้ประเมินสามารถประเมินได้แม่นยำมากขึ้น

โครงการที่ 4 วิจัยและพัฒนาขาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ขาน้ำมัน ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การเปรียบเทียบพันธุ์ขาน้ำมันพันธุ์การค้าจากต้นเพาะเมล็ดของประเทศจีน ระยะที่ 2 ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร (ขุนวาง) มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตดี ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 13.65 24.82 และ 22.17 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในพื้นที่ดังกล่าวมีการออกดอกและติดผลตลอดและต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี สามารถคัดเลือกต้นที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิต จำนวน 15 ต้น โดยมีสายต้นคัดรหัส 4-18-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 5 ปี สูงสุดเท่ากับ 656.35 กรัม/ต้น สายต้นคัดรหัส 166-12-15 มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย สูงสุดเท่ากับ 44.94 เปอร์เซ็นต์ โดยจากผลการทดลองพบว่าต้นขาน้ำมันจะให้ผลผลิตสูงขึ้นตามอายุต้น และมีปริมาณน้ำมันสูงตามเกณฑ์การคัดเลือก โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่โล่ง ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน อุณหภูมิเฉลี่ย 10.8 – 31.5 ความชื้นในอากาศ 82.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำฝน 154.7 มม.ต่อปี

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์สำหรับผลิตน้ำมันจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทยและสายพันธุ์จากต่างประเทศ ระยะที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์สำหรับผลิตน้ำมันจากแหล่งต่างๆของประเทศไทยและสายพันธุ์จากต่างประเทศ มีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 26.93 36.05 และ 25.23 ตามลำดับ โดยชาชนิด *Camellia gaucowensis* และ *C. vietnamensis* มีการเจริญเติบโตดีที่สุดในทั้งสองพื้นที่ และสามารถคัดเลือกชา *C. gaucowensis* ต้นที่

เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิต จำนวน 5 สายต้น ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร (ขุนวาง) โดยมีสายต้นรหัส GC-19-16 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,900.2 กรัม/ต้น และสายต้นรหัส GC-19-26 มีปริมาณน้ำมันโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 48.95 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองพบว่าต้นขาน้ำมันจะให้ผลผลิตสูงขึ้นตามอายุต้น และมีปริมาณน้ำมันสูงตามเกณฑ์การคัดเลือก โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่โล่ง ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน อุณหภูมิเฉลี่ย 10.8 – 31.5 ความชื้นในอากาศ 82.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำฝน 154.7 มม.ต่อปี

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ขาน้ำมันพื้นเมือง ระยะที่ 2 ในปี 2559-2564 รวบรวมพันธุ์ขาน้ำมันพื้นเมือง จำนวน 11 สายต้น พบปริมาณน้ำมัน 39-47 % นำมาขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเสียบยอด ปลูกรวบรวมในพื้นที่ ศวพ.น่าน จำนวน 2 ไร่ รวม 150 ต้น เนื่องจากความแตกต่างกันในสภาพพื้นที่ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกรวบรวม ทำให้ขาน้ำมันบางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ หรือบางชนิดเจริญเติบโตช้า ดังนั้นการเลือกพื้นที่สำหรับรวบรวมพันธุ์ จึงมีความสำคัญ ควรเลือกพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดของพืช นั้น เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตและมีพัฒนาการด้านผลผลิต จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับฐานพันธุ์กรรมพืช เพื่อนำไปพัฒนาพันธุ์พืชต่อไป

กิจกรรมที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตขาน้ำมัน ประกอบด้วย 6 การทดลอง ได้แก่

การศึกษาการขยายพันธุ์ขาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นขาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ จากการทดลองการศึกษาการขยายพันธุ์ขาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นขาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ โดยทำการขยายพันธุ์ทั้งหมด 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด กรรมวิธีที่ 2 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง กรรมวิธีที่ 3 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ T budding และ กรรมวิธีที่ 4 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ Ship budding พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ T budding และ กรรมวิธีที่ 4 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ Ship budding ไม่ประสบความสำเร็จในการขยายพันธุ์ขาน้ำมัน และตั้งแต่ ปี 2562-2564 พบว่า ในปี 2562 การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มของต้นขาน้ำมัน ในกรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนในเรื่องน้ำหนักผลผลิต กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด ให้ผลผลิตรวมมากที่สุดที่ 962.10 กรัม ในปี 2563 และ 2564 พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นกรรมวิธีที่ 2 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ด้านขนาดทรงพุ่มของต้นขาน้ำมันกรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และเรื่องน้ำหนักผลผลิต ในปี กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด ให้ผลผลิตรวมและผลผลิตเมล็ดมากที่สุด ที่ และ 1,681.50 กรัม และ จำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองของต้นขาน้ำมัน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีจำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองมากที่สุด ที่ 8 และ 16 กิ่งตามลำดับ

การศึกษาการชักนำการออกดอกและติดผลขาน้ำมัน การชักนำการออกดอกและติดผลขาน้ำมัน พบว่าการควั่นกิ่งหลักให้มีความยาวของรอยควั่น 1 นิ้ว และพ่นไฮโดรเจนไซยานาไมด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีจำนวนดอกและจำนวนผลผลิตรวมสูงสุด แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า จำนวนการออกดอกและติดผล ไม่มีความแตกต่างกัน สรุปได้ว่าการควั่นกิ่งร่วมกับการใช้สารเคมีไม่มีผลต่อการชักนำการออกดอกและติดผลของขาน้ำมัน

การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวขาน้ำมัน อายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลขาน้ำมัน คือ อายุ 10 เดือนหลังดอกบาน สามารถสังเกตได้จากผิวที่เปลือกผลขาน้ำมันจะเงาและไม่มีขน บางผลเริ่มมีรอยปริแตก ผล มีสีน้ำตาลแดงอมเขียวอ่อน (RHS2015 144A Strong Yellow Green และ 175A Moderate Reddish Brown) มีขนาดผลเฉลี่ย 28.55 - 34.62 มิลลิเมตร ผลสดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมจะมีจำนวน 46-57 ผล เมล็ดขาน้ำมันมีสีน้ำตาลเข้ม (RHS2015 N200A Dark Greyish Yellowish Brown) เนื้อในเมล็ดมีสีเหลืองอมเขียวอ่อน (RHS2015 2C Light Yellow Green) และเมื่อนำเมล็ดขาน้ำมันที่ได้จากผลขาน้ำมันอายุ 10 เดือน ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน พบว่ามีปริมาณน้ำมัน 29.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถนำไปผลิตน้ำมันได้

การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตขาน้ำมัน ระยะที่ 2 ช่วงระยะก่อนการให้ผลผลิตเต็มที่เมื่ออายุ 4-6 ปีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้น ขาน้ำมันในด้านความสูงต้นและขนาดโคนต้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี ต้นขาน้ำมันมีความสูงเมื่ออายุ 6 ปี 293.3 ซม. ขนาดต้น 9.28 ซม. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี ผลผลิตขาน้ำมันสูงที่สุด 1,669.9 กก./ไร่ น้ำหนักเมล็ดรวม 424.5 กก./ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ยต่อผล 49.7 กรัม ขนาดผลกว้าง x ยาว 4.66 x 4.08 ซม. น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยต่อผล 28.4 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ด 31.65 เมื่อต้นขาน้ำมันอายุ 8 ปี คำแนะนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยขาน้ำมันควรใส่ในอัตราแนะนำ ดังนี้ ไนโตรเจน 20 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี หรือสูตร 46-0-0 44 กก./ไร่ (100 g/ต้น/ครั้ง) สูตร 18-46-0 28 กก./ไร่ (70 g/ต้น/ครั้ง) 0-0-60 40 กก./ไร่ (105 g/ต้น/ครั้ง) แบ่งใส่ 4 ครั้งในเดือน มิ.ย. ก.ย. ธ.ค. และ มี.ค.

การศึกษาการตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มขาน้ำมัน ระยะที่ 2 การศึกษาการตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มขาน้ำมัน เป็นการศึกษาการตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มขาน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการตัดแต่งบังคับทรงพุ่มขาน้ำมันที่เหมาะสม และพัฒนาขาน้ำมันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิต การติดดอกและผลผลิตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยคัดต้นขาน้ำมันพันธุ์ *C. vietnamensis* อายุ 4 ปี เริ่มทำการตัดแต่งต้นขาน้ำมันในปี 2559 ตามกรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ตัดแบบทรงแจกัน (open center) ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 2 ตัดแบบดัดแปลงวิธี umbrella (Indian single stem pruning) ที่ระดับความสูง 75 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 3 ตัดแต่งแบบลำต้นคู่ ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ กรรมวิธีที่ 4 ไม่ตัดแต่ง พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ตัดแต่งแบบลำต้นคู่ ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น และความกว้างทรงพุ่มดีที่สุด และในส่วนเรื่องของออกดอกและสามารถพัฒนาเป็นผลได้ดีที่สุดคือ และ กรรมวิธีที่ 1 ตัดแบบทรงแจกัน (open center) ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร ที่มีจำนวนดอก จำนวนผล และจำนวนเมล็ดมากที่สุด ที่ 418 ดอก 313 ผล และ 1,893 เมล็ด ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 1 ตัดแบบทรงแจกันให้ น้ำหนักรวมผลสด น้ำหนักรวมเปลือก และน้ำหนักรวมเมล็ดสดมากที่สุดที่ 49,888 7,923 และ 3,065 กรัม ตามลำดับ

การศึกษาชนิด ลักษณะการเข้าทำลาย และการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูขาน้ำมัน จากการสำรวจและจำแนกชนิดแมลงศัตรูที่เข้าทำลายแปลงขาน้ำมัน ในจังหวัดเชียงใหม่ พบแมลงศัตรูจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycyines* Glover, เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood, เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) และ มวนยุงชา *Helopeltis* spp. เข้าทำลายดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบ

อ่อน พบมากในช่วงที่ต้นขาน้ำมันแตกยอดอ่อน และพบมวลหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas, หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner), หนอนบู่ *Euproctis* sp. (The hairy-Caterpillar Moths), แมลงวันหนอนซอนใบ *Liriomyza* sp., และ แมลงค่อมทอง *Hypomeces squamosus* Fabricius (Green weevil) เข้าทำลายใบอ่อน และใบเพสลาด โดยพบมากในช่วงที่ชาเริ่มให้ผลผลิต การปลูกขาน้ำมัน ส่วนใหญ่ปลูกบนพื้นที่สูง เป็นแหล่งต้นน้ำ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ยังมีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้การระบาดของแมลงศัตรูพืชถูกควบคุมด้วยตัวห้ำและตัวเบียน จึงพบการระบาดเพียงเล็กน้อย และไม่สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตของขาน้ำมันมากนัก

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาชา มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาชาพันธุ์ดี รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตชา และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาคุณภาพ และสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ชา เพื่อเป็นพืชทางเลือก และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรอย่างยั่งยืน ประกอบด้วย 4 กิจกรรม 16 การทดลอง ได้แก่

ด้านวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา ได้พันธุ์ชาที่มีแนวโน้มเป็นชาพันธุ์ดี ได้แก่ ชาอัสสัมอำเภอฝาง ชาพื้นเมืองสายต้นประเทศจีน และ ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 77 ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการชิม และประเมินความพึงพอใจ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ด้านเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต การปลูกชาส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ป่า หรือตามไหล่เขา ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในกลุ่มอินทรีย์วัตถุ เกษตรกรผู้ปลูกชาส่วนใหญ่ มักไม่ได้มีการให้ปุ๋ยกับต้นชา ทำให้ในการให้ปุ๋ยชาอาจต้องพิจารณาถึงความต้องการธาตุอาหารของต้นชาที่แท้จริง (ratio N:P:K) จึงจะทำให้การให้ปุ๋ยชาในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพมากที่สุด และในการปลูกชามักเจอแมลงศัตรูที่เข้าทำลายผลผลิตของชา ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycines* Glover มักเข้าทำลายดูดกินน้ำเลี้ยงบนยอดและใบอ่อน เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบอ่อน หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner) เข้าทำความเสียหายต่อยอดและใบ พบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน โดยพบสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ฝนทิ้งช่วง ไรแดง *Oligonychus coffeae* (Nietner) ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบ โดยพบสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง แมลงวันหนอนซอนใบ *Liriomyza* sp. เข้าทำความเสียหายต่อใบและยอด โดยพบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต และ มวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบ โดยพบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต และยังพบร่องรอยการเข้าทำลายของมวนยุงชา *Helopeltis* spp. ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน โดยพบสูงสุดในช่วงแตกยอด และพบได้ทั้งปี แต่การเข้าทำลายของแมลงศัตรูดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตชามาก

ด้านวิจัยการแปรรูปและสร้างมาตรฐาน ได้วิธีการแปรรูปชาขาว ชาเขียวคั่ว ชาเหี่ยวกวนดิม และชาหมักตะกุนคุณภาพ สามารถถ่ายทอด และขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย เพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกร สร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ชา สร้างมูลค่าเพิ่ม รวมทั้งสร้างรายได้ และสร้างงานให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

ด้านการพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ได้แนวโน้มนำชาอัสสัมที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคใต้ สำหรับปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำต่อไป และได้วิธีการตัดแต่งต้นชาที่เหมาะสม ได้แก่ การตัดแต่งแบบโค้งครึ่งวงกลม

โครงการวิจัยที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

เริ่มดำเนินการในปี 2559-2564 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ **กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์** เพื่อทราบข้อมูลของพันธุ์มะคาเดเมียที่เหมาะสมกับพื้นที่ต่ำกว่า 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และได้แปลงอนุรักษ์พันธุ์กรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งมีทั้งหมด 3 การทดลอง ได้แก่ (1)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในแหล่งต่างๆ วางแผนแบบ RCB 8 กรรมวิธี (พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ได้แก่ MCL-829, CR -7, CR-5, KK-27, 660, 741, KW86 และFNG21 ตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400, 900, 750 และ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า พันธุ์ที่มีแนวโน้มนำการเจริญเติบโตต้นที่ดีที่สุด คือ พันธุ์ KK27, CR-7, 741 และ CR-5 ตามลำดับ ส่วนเรื่องผลผลิต ในระดับความสูง 400 ม. พันธุ์ MCL829 ให้จำนวนผลผลิตมากที่สุด ในระดับความสูง 750 900 และ1,400 ม. พบว่า พันธุ์ KW86 มีจำนวนผลผลิต น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผลและน้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด และการวิเคราะห์ผลผลิตพันธุ์ดีที่สุด (2)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในภาคอีสานตอนล่างและภาคเหนือตอนล่าง วางแผนแบบ RCB คือ 9 กรรมวิธี(พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น 9 กรรมวิธี ได้แก่ พันธุ์ 660, 741, A4 , 849, KW86, KK27, CR5, CR7 และ FNG21 ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ แปลงมะคาเดเมีย จ.นครราชสีมา อ.ปากช่อง ความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตร พบว่า พันธุ์ 660 มีแนวโน้มนำการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนผลผลิตให้ผลผลิตปีแรกในปี 2564 ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ CR-5, CR-7, 660 และ 741 ซึ่งพันธุ์ 660 มีน้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด และ แปลงมะคาเดเมีย จ.ตาก อ.แม่สอด ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร พบว่า พันธุ์ CR-5 มีแนวโน้มนำการเจริญเติบโตดีที่สุด ให้ผลผลิตทั้งหมด 8 พันธุ์ ยกเว้น พันธุ์ FNG21 โดยพันธุ์ KW86 ให้ น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด และ(3)การอนุรักษ์และศึกษาเชื้อพันธุ์กรรมมะคาเดเมีย รวบรวมพันธุ์มะคาเดเมียจากแหล่งต่างๆ จากต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย จากต้นเพาะเมล็ดของพันธุ์ OC D4 และ H2 และจากงานวิจัยทดสอบพันธุ์ โดยทดลองใน 4 สถานที่ คือ 1)ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) มีการรวบรวมลักษณะมะคาเดเมีย 42 สายพันธุ์ สามารถนำมาวิเคราะห์คุณภาพได้ 15 พันธุ์ 2) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย มะคาเดเมียทั้งหมด 15 พันธุ์ ได้แก่ 294 508 741 788 791 792 849 A4 A16 CR1 DD KK6 KK7 KK8 และ WW3 โดย พันธุ์ WW3 3) ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) มะคาเดเมียทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ Daddow, A4, 924(A16), 294, 788, 791, 792, 849,. WW3, CHR1, KK6, KK7, 480(KK8), 508 และ 741 4) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวิ) เก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 10 พันธุ์ ได้แก่ 246 333 344 508 660 741 800 H2 HY และOC **กิจกรรมที่ 2 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย** เพื่อได้เทคโนโลยีการขยายพันธุ์ การตัดแต่งกิ่ง และการจัดการแมลงและสัตว์ศัตรูมะคาเดเมียที่เหมาะสม มีทั้งหมด 6 การทดลอง ได้แก่ (1)การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย วางแผนการทดลองแบบ RCBD 8 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น มี 5 กรรมวิธี คือ 1) น้ำเปล่า (control) และ IBA ความเข้มข้น 2,000 4,000 6,000 และ8,000 ppm 3 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และพฤศจิกายน ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหียะ และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า แปลงทดลองแม่เหียะ ช่วงเดือนพฤษภาคม ควรใช้

IBA 8,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายหลังการตัดชำ 30 วันสูงสุด 83.8% การทาบกิ่ง 3 ช่วงเวลามีน้ำหนักรากสูงสุด คือ 15.7 7.38 และ 8.93 กรัม ตามลำดับ ส่วนที่แปลงทดลองขุนวาง พบว่า ให้ผลการทดลองทำนองเดียวกับแปลงแม่เหิยะ คือการใช้ IBA 8,000 ppm ในการทาบกิ่ง 3 ช่วงเวลา คือ พฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายหลังการตัดชำ 30 วันสูงสุด คือ 86.3 80.6 และ 85.0% และมีน้ำหนักสูงสุด 8.63 6.78 และ 9.60 กรัม (2) การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย 3 ช่วงเวลา คือ เดือน พฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน RCBD ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ต้น มี 4 กรรมวิธี คือ 1 ไม่ควั่นกิ่ง (control) และ ควั่นกิ่ง 4 6 และ 8 สัปดาห์ ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหิยะ และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า แปลงทดลองแม่เหิยะ การเสียบกิ่งเดือนกรกฎาคม พบว่า ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งสูงสุดคือ 85 % สำหรับแปลงทดลองขุนวาง ช่วงเวลาคือ พฤศจิกายน ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 75% ตามลำดับ (3) การศึกษาระบบการตัดแต่งกิ่งมะคาเดเมีย วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น 6 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control), ตัดแบบทรงพุ่มสูง (6 เมตร), ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ย (4 เมตร), ตัดแบบทรงพุ่มสูงร่วมกับตัดข้าง, ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ยร่วมกับตัดข้าง และตัดแบบรูปทรงปิรามิด พบว่าปี 2562 กรรมวิธีที่ 6 ตัดแบบรูปทรงปิรามิด มีน้ำหนักผลผลิตมะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 17.98 กก. ข้อมูลหนักกะลามะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้น (กก.) กรรมวิธีที่ 6 มีน้ำหนักกะลามะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 10.60 กก. (4) ชนิดและฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูมะคาเดเมีย ดำเนินการในแหล่งปลูก จ.เชียงใหม่ เชียงราย ตาก เพชรบูรณ์ เลย และ นครราชสีมา พบว่า ในระยะดอกตูม พบเพลี้ยอ่อนดำส้ม ในช่วงดอกบาน พบเพลี้ยไฟ 4 ชนิด คือ เพลี้ยไฟหลากหลายสี เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยไฟมะละกอ และ เพลี้ยไฟดอกแก้ว ในช่วงพัฒนาผลพบเพลี้ยไฟสูงสุด และพบแมลงปากดูด 2 ชนิด (ยังไม่จำแนกชนิด) มักพบดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณก้านใบอ่อน และก้านช่อผล พบได้ตลอดทั้งปี (5) การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและหนอนเจาะผลในมะคาเดเมีย ดำเนินการในแปลงของเกษตรกร ต.แสนคม และ ต.ปลาปาก อ.ภูเรือ จ.เลย โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ จำนวน 7 กรรมวิธี คือ ฟ่นสาร imidacloprid 70% WG, fipronil 5% SC, emamectin benzoate 1.92% EC, spinetoram 12% SC, chlorfenapyr 10% SC และ carbaryl 85% WP ในอัตรา 3 กรัม 20 มิลลิลิตร 20 มิลลิลิตร 10 มิลลิลิตร 30 มิลลิลิตร และ 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ พบว่า โดยสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดดีที่สุด คือ สาร imidacloprid 70% WG อัตรา 3 กรัม/น้ำ 20 ลิตร สาร fipronil 5% SC อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สาร spinetoram 12% SC อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ สาร carbaryl 85% WP อัตรา 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ (6) ทดสอบเทคโนโลยีการจัดการการป้องกันกำจัดสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย โดยวิธีผสมผสาน จำนวน 2 สถานที่ ได้แก่ การทดลองที่ 1 ณ สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง พบว่า พบชนิดของ สัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระรอก กลุ่มหนู และ กลุ่มอื่น ความหนาแน่นประชากรของสัตว์ฟันแทะ จากการใช้กรงดักและปริมาณการกินเหยื่อล่อ หลังการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 37.5%, 14.29% และ 73.33%, 11% ตามลำดับ และ การทดลองที่ 2 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ พบชนิดของสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระรอก และกลุ่มหนู ความหนาแน่นประชากรของสัตว์ฟันแทะ จากการใช้กรงดักกับปริมาณการกินเหยื่อล่อ และความเสียหายของมะคาเด

เมื่อย หลังการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงในทั้ง 3 แปลงทดลอง เท่ากับ 90%, 65%, 12%; 87%, 68%, 29% และ 81.38%, 6.51%, 45.31% ตามลำดับ

โครงการวิจัยที่ 3 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโกโก้

โกโก้ ได้พันธุ์โกโก้ที่เหมาะสมสำหรับทำช็อกโกแลตและให้ผลผลิตสูง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ICS40 และ ICS6 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดแห้งเฉลี่ย 250 และ 202 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งจะมีการนำเสนอพันธุ์เพื่อพิจารณาขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเพื่อเผยแพร่พันธุ์ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ต่อไป ส่วนการศึกษาระบบปลูกและชนิดของต้นพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโกโก้ ในเบื้องต้นพันธุ์ชุมพร 1 สามารถปลูกได้ทั้งแบบพืชเดี่ยวและพืชร่วม ส่วนพันธุ์ ICS 95 และ UF 676 มีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับการปลูกแบบพืชร่วม ทั้งนี้ต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติมจึงจะสามารถสรุปผลได้ชัดเจน

โครงการวิจัยที่ 4 วิจัยและพัฒนาขาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

การเปรียบเทียบพันธุ์ขาน้ำมันพันธุ์การค้าจากต้นเพาะเมล็ดของประเทศจีน ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร (ขุนวาง) มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตดี ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 13.65 24.82 และ 22.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีการออกดอกและติดผลตลอดและต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี สามารถคัดเลือกต้นที่เจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิต จำนวน 15 ต้น โดยมีสายต้นคัดรหัส 4-18-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 5 ปีสูงสุดเท่ากับ 656.35 กรัม/ต้น สายต้นคัดรหัส 166-12-15 มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย สูงสุดเท่ากับ 44.94 เปอร์เซ็นต์

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์สำหรับผลิตน้ำมันจากแหล่งต่างๆของประเทศไทยและสายพันธุ์จากต่างประเทศ มีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 26.93 36.05 และ 25.23 ตามลำดับ โดยชาชนิด *Camellia gaucowensis* และ *C. vietnamensis* มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และสามารถคัดเลือกชา *C. gaucowensis* ต้นที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิต จำนวน 5 สายต้น โดยมีสายต้นรหัส GC-19-16 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,900.2 กรัม/ต้น และสายต้นรหัส GC-19-26 มีปริมาณน้ำมันโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 48.95 เปอร์เซ็นต์

การรวบรวมพันธุ์ขาน้ำมันพื้นเมือง จำนวน 11 สายต้น พบปริมาณน้ำมัน 39-47 % นำมาขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเสียบยอด ปลูกรวบรวมในพื้นที่ ศวพ.น่าน จำนวน 2 ไร่ รวม 150 ต้น เนื่องจากความแตกต่างกันในสภาพพื้นที่ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกรวบรวม ทำให้ขาน้ำมันบางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ หรือบางชนิดเจริญเติบโตช้า

การศึกษการขยายพันธุ์ขาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นขาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มของต้นขาน้ำมัน ในการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีน้ำหนักผลผลิตรวมมากที่สุดที่ 962.10 กรัม ในปี 2563 และ 2564 พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นของการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ ด้านขนาดทรงพุ่มของต้นขาน้ำมันการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ จำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองของต้นขาน้ำมัน พบว่า การขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีจำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองมากที่สุด ที่ 8 และ 16 กิ่ง ตามลำดับ

การชักนำการออกดอกและติดผลชาน้ำมัน พบว่า การควั่นกิ่งหลักให้มีความยาวของรอยควั่น 1 นิ้ว และพ่นไฮโดรเจนไซยานาไมด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีจำนวนดอกและจำนวนผลผลิตรวมสูงสุด แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า จำนวนการออกดอกและติดผล ไม่มีความแตกต่างกัน สรุปได้ว่าการควั่นกิ่งร่วมกับการใช้สารเคมีไม่มีผลต่อการชักนำการออกดอกและติดผลของชาน้ำมัน

อายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลชาน้ำมัน คือ อายุ 10 เดือนหลังดอกบาน สามารถสังเกตได้จากผิวที่เปลือกผลชาน้ำมันจะเงาและไม่มีขน บางผลเริ่มมีรอยปริแตกที่ก้นผล ผลมีสีน้ำตาลแดงอมเขียวอ่อน มีขนาดผลเฉลี่ย 28.55 - 34.62 มิลลิเมตร ผลสดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมจะมีจำนวน 46-57 ผล เมล็ดชาน้ำมันมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อในเมล็ดมีสีเหลืองอมเขียวอ่อน และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน พบว่ามีปริมาณน้ำมัน 29.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถนำไปผลิตน้ำมันได้

ช่วงระยะก่อนการให้ผลผลิตเต็มที่เมื่ออายุ 4-6 ปีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้น ชา น้ำมันในด้านความสูงต้นและขนาดโคนต้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี ต้นชาน้ำมันมีความสูงเมื่ออายุ 6 ปี 293.3 ซม. ขนาดต้น 9.28 ซม. ผลผลิตชาน้ำมันสูงที่สุด 1,669.9 กก./ไร่ น้ำหนักเมล็ดรวม 424.5 กก./ไร่ เมื่อต้นชาน้ำมันอายุ 8 ปี คำแนะนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยชาน้ำมัน ควรใส่ในอัตราแนะนำ ดังนี้ ไนโตรเจน 20 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี หรือปุ๋ย 46-0-0 44 กก./ไร่ (100 g/ต้น/ครั้ง) 18-46-0 28 กก./ไร่ (70 g/ต้น/ครั้ง) 0-0-60 40 กก./ไร่ (105 g/ต้น/ครั้ง) แบ่งใส่ 4 ครั้งในเดือน มิ.ย. ก.ย. ธ.ค. และ มี.ค.

การตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มชาน้ำมัน พบว่า การตัดแต่งแบบลำต้นคู่ ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น และความกว้างทรงพุ่มดีที่สุด และในส่วนเรื่องของการออกดอกและสามารถพัฒนาเป็นผลได้ดีที่สุด คือ และ การตัดแบบทรงแจกัน (open center) ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และการตัดแบบทรงแจกันให้น้ำหนักรวมผลสด น้ำหนักรวมเปลือก และน้ำหนักรวมเมล็ดสดมากที่สุด

การสำรวจ และจำแนกชนิดแมลงศัตรูที่เข้าทำลายแปลงชาน้ำมัน ในจังหวัดเชียงใหม่ พบแมลงศัตรูจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycines* Glover, เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood, เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) และ มวนยุงชา *Helopeltis* spp. เข้าทำลายตุ่อดินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน พบมากในช่วงที่ต้นชาน้ำมันแตกยอดอ่อน และพบมวนหลังเต่าชา *Poecillocoris latus* Dallas, หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner), หนอนบู่ *Euproctis* sp. (The hairy-Caterpillar Moths), แมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp., และ แมลงค่อมทอง *Hypomeces squamosus* Fabricius (Green weevil) เข้าทำลายใบอ่อน และใบเพศลาด โดยพบมากในช่วงที่ชาเริ่มให้ผลผลิต

แผนงานวิจัยย่อยที่ 3

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอกับความต้องการ Research and Development of Coconut Varieties and Technology for Increasing Yield to Meet Coconut Demand

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

วิไลวรรณ ทวิชศรี ทิพย์ยา ไกรทอง ปริญดา หรุณหิม

Wilaiwan Twishsri Tippaya Kriatong Parinda Hrunheem

คำสำคัญ: มะพร้าว, คัดเลือกพันธุ์, ประเมินพันธุ์, น้ำตาลมะพร้าว, มะพร้าวกะทิ น้ำหอม, มะพร้าวกะทิ, ความหลากหลาย, การเพาะเลี้ยงคัพภะ, ศักยภาพการผลิต, ภาคใต้ตอนล่าง, มะพร้าวลูกผสม, การเพิ่มศักยภาพ, การผลิต, ไฮโดรลิกเอ็มบริโอ, ชิ้นส่วนช่อดอกอ่อน, มะพร้าวน้ำหอม, ผสมตัวเอง, มะพร้าว, ปุ๋ย, เพิ่มผลผลิต, การระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว, พืชแซม, รายได้, น้ำมะพร้าว, สูตรเครื่องสำอาง, โลชั่น, เจลล้างหน้า, สบู่เหลว, ยาสระผม, สารแทนนิน, เปลือกมะพร้าว, แมลงศัตรูธรรมชาติ, บำบัดน้ำทิ้ง, ระบบให้น้ำ, การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ, สารปรับปรุงดิน, หินบะซอลต์ชนิดฝุ่น, การติดผล, ผลแตก, ออกซิน NAA

Keywords: coconut, selection, evaluation, coconut sugar, aromatic makapuno coconut, makapuno coconut, diversity, embryo culture, production potential, lower south, hybrid coconut, increasing the potential, production, zygotic embryo, immature inflorescence, aromatic coconut, self-pollination, coconut, fertilizers, increasing yield, outbreak, coconut pests, intercrop, income, makapuno, liquid endosperm, cosmetic formula, lotion, facial gel, bath gel, shampoo, tannins, coconut husk, parasitoids, wastewater treatment, irrigation system, fertigation, soil amendment, basalt dust, fruit set, cracked shell, NAA (Naphthyl Acetic Acid)

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอกับความต้องการ ประกอบด้วย 5 โครงการ ได้แก่ โครงการการวิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว โครงการการวิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวน้ำหอม โครงการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว และโครงการวิจัยศึกษาทดสอบการให้น้ำและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ได้คุณภาพส่งออก ผลการศึกษา สรุปได้ดังนี้

การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรม การรวบรวมและคัดเลือกมะพร้าว 17 สายพันธุ์ 744 สายต้น พบว่า 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สายบัว ตีนนก หัวลิง และกันจุก และ ท่งเคล็ด มีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตเร็ว มีความทนทานต่อการเกิดโรคและการเข้าทำลายของแมลง และสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ผลผลิตเฉลี่ยยังต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดเนื่องจากเป็นระยะเริ่มให้ผลผลิต จึงต้องเก็บข้อมูลผลผลิต

จนถึงอายุต้นครบ 8 ปี เพื่อคัดเลือกเป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ในการสร้างพันธุ์มะพร้าวลูกผสมในอนาคต การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวลูกผสมโดยปลูกทดสอบรุ่นลูก (progeny test) เปรียบเทียบพันธุ์ 6 คู่ผสม ได้แก่ เวสต์แอฟริกันต้นสูง x ไทยต้นสูง มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x ไทยต้นสูง มลายูสีแดงต้นเตี้ย x ไทยกะโหลก มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x ไทยกะโหลก มลายูสีแดงต้นเตี้ย x เรนเนลล์ต้นสูง และ มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x เรนเนลล์ต้นสูง ในปี 2564 ลูกผสมดังกล่าวมีอายุการเจริญเติบโตเพียง 2 ปี ซึ่งยังไม่ให้ผลผลิต ยังต้องเก็บข้อมูลเพื่อคัดเลือกพันธุ์ต่อไป การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวเพื่อผลิตน้ำตาล พบว่า พันธุ์สวีลูกผสม 1 มีขนาดและความยาวจั่นเฉลี่ยมากที่สุด (84.6 เซนติเมตร) การปาดจั่นเก็บน้ำตาลสดเป็นเวลา 14 เดือน ได้น้ำตาลสดเฉลี่ย 105.83 ลิตรต่อต้น ผลผลิตสูงสุด คือ 443.13 ลิตร/ต้น และผลผลิตรายวันสูงสุด 635.73 มล./ต้น/วัน เมื่อคำนวณรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลสดในราคารีตรละ 10 บาท พบว่า หลังจากปลูกมะพร้าวมา 5 ปี การปลูก พันธุ์สวีลูกผสม 1 จำนวน 20 ต้น มีรายได้เท่ากับ 20,621.20 บาท การคัดเลือกมะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอมที่ปลูกในพื้นที่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร และ ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง พบต้นที่เกิดมะพร้าวกะทิ จำนวน 164 ต้น และ 90 ต้น ผลตรวจ DNA หายีนความเป็นกะทิและยีนความหอมสามารถคัดเลือกต้นพ่อพันธุ์กะทิน้ำหอมที่สมบูรณ์มียีนบ่งบอกความเป็นลูกผสมมะพร้าวกะทิและมียีนหอมแท้ (C/C) จากแปลงที่ จ.ชุมพร และ จ.ตรัง ได้จำนวน 28 ต้น และ 25 ต้น ซึ่งได้คัดเลือกเป็นต้นพ่อพันธุ์และใช้ในการวิจัยต่อไป จำนวน 7 และ 16 ต้น ตามลำดับ การปลูกมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงคัพมะพร้าวกะทิลูกผสม 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เวสต์แอฟริกันต้นสูงกะทิ (F1 WAK) พุงเค็ดกะทิ (F1 TKK) มลายูสีแดงต้นเตี้ยกะทิ (F1 RDK) มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกะทิ (F1 YDK) และพันธุ์น้ำหอมกะทิ (F1 NHK) พบว่า ทุกพันธุ์มีอัตราการรอดของต้นกล้าในสภาพปลอดเชื้อมากกว่า ร้อยละ 80 เมื่ออายุต้นครบ 8 ปีหลังย้ายปลูก กะทิพันธุ์แท้สายพันธุ์ WAK มีผลผลิตสูงที่สุดจำนวน 2,475 ผล/ไร่/ปี การปลูกเปรียบเทียบมะพร้าวกะทิน้ำหอมพันธุ์แท้ (NHK 100%) ที่ได้รับการเพาะเลี้ยงคัพมะพร้าวกะทิน้ำหอมลูกผสม (F1 NHK) ที่สวนผลิตพันธุ์มะพร้าวลูกผสมคันธุลี พบว่า อัตราการรอดของต้นกล้าในโรงเรือนสูงที่สุด 87.5 % และการเจริญเติบโตต้นกล้าดี เมื่อใช้วัสดุปลูกเป็นทรายหยาบ : ขุยมะพร้าว (1:1) + ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรท 5 กรัม/กก. เมื่อมะพร้าวอายุ 8 ปี พบว่า ผลผลิตเฉลี่ย 7 ผล/ทะลาย ผลมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยของผล ผลปอกเปลือก เนื้อ และน้ำมะพร้าวกะทิ 2,226 1,275 678 และ 314 กรัม ตามลำดับ การคัดเลือกมะพร้าวลูกผสมกะทิที่เหมาะสมในการปลูกเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปลูกทดสอบรุ่นลูก (progeny test) พบว่า กลุ่มประชากรลูกผสมกะทิ TKK สามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ มีอัตราการรอดตาย 59 ต้น (82 % ของจำนวนต้นที่ปลูก) อายุการออกจั่นแรกที 60 เดือน มีต้นออกจั่น 14 ต้น จั่นแรกบานครบ 50% เมื่ออายุ 78 เดือน การประเมินศักยภาพการปลูกมะพร้าวกะทิขยายพื้นที่ปลูกมะพร้าวกะทิน้ำหอมในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้ปลูกทดสอบที่ ศวพ.ตรัง ศวพ.ปัตตานี และ ศวพ.รือเสาะ แห่งละ 5 ไร่ (125 ต้น) พบว่า มะพร้าวกะทิน้ำหอมปลูกที่ ศวส.ตรังมีการเจริญเติบโตและมีปริมาณผลผลิตมากกว่า ที่ ศวพ.ปัตตานี และศวพ.รือเสาะ จ.นราธิวาส การเพิ่มศักยภาพในการจัดการการผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะพร้าวพันธุ์ไทยต้นสูง และนำไปทดสอบผสมพันธุ์กับต้นแม่พันธุ์มะพร้าว มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย พบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่า 35 %) เมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ความงอกและความมี

ชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวลดลง การผสมเกสรในช่วงเวลา 9.00 – 11.00 น. มีเปอร์เซ็นต์การผสมติด และเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด การขยายพันธุ์ การศึกษาการเกิดไซโกติกเอ็มบริโอ (Zygotic embryogenesis) ของมะพร้าวจากชิ้นส่วนเอ็มบริโอ (Immature embryos) พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัส และกระตุ้นให้เกิดยอดได้ในปริมาณมาก (Multiple Shoot) จึงทำให้ไม่สามารถนำแคลลัสชักนำให้เกิดไซโกติกเอ็มบริโอได้ ส่วนการศึกษาการเกิดโซมาติกเอ็มบริโอ (somatic embryogenesis) ของมะพร้าวจากชิ้นส่วนช่อดอกอ่อน (Immature inflorescence) พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ในทุกกรรมวิธีชิ้นส่วนของช่อดอกอ่อนไม่สามารถพัฒนาไปเป็นแคลลัสได้

การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวน้ำหอม โดยปลูกมะพร้าวน้ำหอมพันธุ์คัดเลือกของกรมวิชาการเกษตร เปรียบเทียบกับมะพร้าวน้ำหอมพันธุ์การค้าของเกษตรกร ผลการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ผสมพันธุ์โดยวิธีผสมตัวเองใช้ถุงผสมพันธุ์คลุมดอกตัวเมียและการผสมโดยใช้ละอองเกสรจากมะพร้าวน้ำหอมในกลุ่มประชากรเดียวกัน เก็บเกี่ยวผลพันธุ์เมื่อมะพร้าวน้ำหอมมีอายุ 11 เดือน จำนวน 4,531 ผล นำมาเพาะเพื่อผลิตเป็นต้นกล้า คัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ตรงตามพันธุ์จำนวน 2,492 ต้น นำไปปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรังจำนวน 30 ไร่ (ปลูกพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร 15 ไร่และพันธุ์การค้าของเกษตรกร 15 ไร่) และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนมจำนวน 20 ไร่ (ปลูกพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร 10 ไร่ และพันธุ์การค้าของเกษตรกร 10 ไร่) จากการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของมะพร้าวน้ำหอมประกอบด้วย ความสูง รอบโคน ความยาวก้านทาง ความยาวทางใบ จำนวนใบบนต้น จำนวนใบย่อย และความยาวใบย่อย ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์การค้าทุกช่วงอายุคือ 24, 27, 33, 36 และ 40 เดือน เช่นเดียวกันกับแปลงปลูกที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม แม้มีการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตเฉพาะอายุ 12 เดือนแต่ผลการทดลองเป็นไปทำนองเดียวกันกับแปลงปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง

โครงการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม ประกอบด้วย 3 การทดลองด้วยกันคือ การทดลองที่ 1 เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ การทดลองที่ 2 การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว การทดลองที่ 3 การปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้ โดยการทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete Block in RCB 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธีดำเนินการในพื้นที่แปลงเกษตรกรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และชุมพร การทดลองที่ 2 การจัดการสวนมะพร้าวโดยใช้เทคโนโลยีและคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เปรียบเทียบกับการจัดการสวนมะพร้าวโดยวิธีเกษตรกรดำเนินการในแปลงเกษตรกรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และการทดลองที่ 3 วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete Block in RCB จำนวน 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดำเนินการในพื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ผลการทดลองพบว่า **ในด้านการจัดการปุ๋ยมะพร้าว** การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตมากที่สุด 1,571 ผล/ไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 1,422 ผล/ไร่ ส่วนวิธีการของเกษตรกรให้ผลผลิตน้อยที่สุด 1,279 ผล/ไร่ ด้านคุณภาพผลผลิต น้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปีของวิธีเกษตรกรน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร้อยละ 10 และน้อยกว่าผลผลิตของการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมฯ ร้อยละ 21 แม้ว่าต้นทุนและผลตอบแทน การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีต้นทุนการ

ผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และการทำสวนของเกษตรกร ทั้งนี้ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เฉลี่ย 5 ปี ไม่แตกต่างกัน (เฉลี่ย 5 ปี เท่ากับ 10,861 และ 10,454 บาท/ไร่/ปี) ส่วนวิธีเกษตรกร ได้ผลตอบแทนเฉลี่ย 5 ปี เท่ากับ 9,233 บาท/ไร่/ปี โดยทุกกรรมวิธีมีอัตราส่วนของรายได้ต่อการลงทุน (Benefit and Cost ratio : BCR) มากกว่า 1 ในด้านการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว ทดสอบเทคโนโลยีในพื้นที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าผลผลิตมะพร้าว การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมฯ ให้ผลผลิตมากกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี ของวิธีเกษตรกรน้อยกว่าวิธีใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรม ร้อยละ 13) ส่วนการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว พบการเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าวอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง และไม่พบการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าว และผลตอบแทนสุทธิ เฉลี่ย 5 ปี ของวิธีแรก เท่ากับ 6,220 บาท/ไร่/ปี ส่วนวิธีเกษตรกร เท่ากับ 7,521 บาท/ไร่/ปี ทั้งนี้ในปีที่ 5 ผลตอบแทนสุทธิของกรรมวิธีแรกมากกว่าวิธีเกษตรกร (14,584 และ 13,917 บาท/ไร่/ปี) สำหรับการทดสอบปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้ พบว่า การปลูกข่าเหลือง + มะพร้าว ให้ผลผลิตและผลตอบแทนคิดเป็นรายได้สุทธิมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชแซมชนิดอื่น อัตราส่วนของรายได้ต่อการลงทุน (Benefit and Cost ratio : BCR) พบว่า พืชแซมที่ปลูกทุกชนิดมีผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุน (BCR > 1)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบมะพร้าว โดยเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวกะทิ ที่แปลงผลิตพันธุ์มะพร้าวลูกผสมพันธุ์สี นำตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าวกะทิ มาวิเคราะห์ปริมาณความหวาน ไขมัน และความเป็นกรด-ด่าง พบว่า น้ำมะพร้าวที่มีลักษณะขุ่นหนืดไม่เหมาะสมจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากมีน้ำตาลและความหวานมากกว่าน้ำมะพร้าวปกติ เอื้อให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า การศึกษาการใช้ น้ำมะพร้าวไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง โดยใช้มะพร้าวพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอม ไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง 4 ชนิด โดยศึกษาสูตรพื้นฐาน แล้วพัฒนาเป็นตำรับเครื่องสำอาง โดยได้ทำการทดลอง 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ (ทางด้านสมบัติทางกายภาพ เช่น ผล pH และความหนืดของน้ำมะพร้าว) 2) พัฒนาสูตรตำรับพื้นฐาน 3) คัดเลือกตำรับที่ดี และประเมินสูตรตำรับ 4) ศึกษาอายุการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยทดสอบความสามารถของสารกันบูดในตำรับที่มีการคัดเลือกแล้ว ผลการศึกษาเรื่อง challenge test ณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่า ทุกตำรับที่มีการพัฒนาแล้ว ผ่านเกณฑ์เรื่องของการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้ ตามมาตรฐาน USP41 chapter51; Antimicrobial Effectiveness testing และผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด คาดว่ามีอายุการใช้งาน 2 ปี และได้ทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สัดส่วนของน้ำมะพร้าวจากมะพร้าวกะทิที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของสูตรต้นตำรับ สูตรแชมพู สูตรสบู่เหลว สูตรโลชั่น และสูตรเจล ล้างหน้า คือ ร้อยละ 20 โดย มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพที่ดี และทดสอบเชื้อที่ปลอดภัย โดยมีความคงตัวที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้จากการทดสอบความพึงพอใจ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้จากการแปรรูปมะพร้าว โดยทำการสกัดตัวอย่างเปลือกมะพร้าวอ่อนที่แบ่งเป็นเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน ในการสกัดใช้อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอลในอัตรา 1 : 6 โดยปริมาตร ทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75, และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง และวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินทั้งหมดพบว่า การสกัดสารแทนนินจะมีปริมาณสารแทนนินเฉลี่ย

ในเปลือกส่วนนอกของมะพร้าวอ่อน มีค่าอยู่ในช่วง 84.9 ถึง 209.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อน มีค่าอยู่ในช่วง 40.9 ถึง 104.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 สามารถสกัดปริมาณสารสกัดแทนนิน จำนวน 207.6 กรัมต่อกิโลกรัมในเปลือกส่วนนอก และ 104.0 กรัมต่อกิโลกรัมในเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อน

การนำสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวไปศึกษาการใช้ประโยชน์ 2 ทาง 1) นำมาศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ หนอนหัวดำมะพร้าว และแมลงดำหนามมะพร้าว เปรียบเทียบกับสารสกัดแทนนินจากมันสำปะหลัง พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบของสารสกัดแทนนินต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ แตนเบียนโกนิโอซัส และแตนเบียนอะซีโคเดส โดยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบนี้มีปริมาณสารออกฤทธิ์เท่ากับ 248.89 กรัม/1 กิโลกรัมเปลือกมะพร้าว ในตัวทำลายแอลกอฮอล์ 95% นำมาทดสอบโดยวิธีการ spraying กับหนอนหัวดำมะพร้าว และแมลงดำหนามมะพร้าว และวิธีการ dry film กับแตนเบียนโกนิโอซัส และแตนเบียนอะซีโคเดส ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแมลงทั้ง 4 ชนิด ทุกวันจนกว่าแมลงจะตาย พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อแตนเบียนทั้ง 2 ชนิดนี้ ดังนั้นถ้าต้องการใช้สารสกัดแทนนินควบคุมแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 2 ชนิดนี้ ควรต้องปรับเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ให้สูงขึ้น ทั้งนี้ผลงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ผลการควบคุมแมลงศัตรูมะพร้าว แต่ได้ทราบเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยการพัฒนาสารสกัดพืช โดยเฉพาะสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวต่อไปในอนาคต และ 2) ศึกษาประสิทธิภาพของสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกมะพร้าวอ่อนในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้ง จากโรงงานแปรรูปมะพร้าวและน้ำทิ้งชุมชน ผลการทดสอบการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมะพร้าว พบว่า สารสกัดแทนนินมีผลต่อการบำบัดคุณภาพน้ำซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ระยะเวลาบำบัดที่ 4 ชั่วโมง และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาบำบัดที่ 6 ชั่วโมงสีของน้ำใสขึ้น และมีกลิ่นที่ลดลง น้ำทิ้งมีการตกตะกอน มีค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนบำบัดอย่างมีนัยสำคัญ ($\text{pH} = 6.6 - 6.92$) มีสภาพความเป็นกลางมากขึ้น มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุด อัตราส่วนระหว่างสารสกัดแทนนินต่อน้ำทิ้ง ในอัตราส่วน 1 : 100 คือ มีความขุ่นของน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 215 NTU ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความขุ่น 273 NTU อย่างมีนัยสำคัญ ค่า DO สูงสุด เท่ากับ 3.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนบำบัดที่มีค่าเท่ากับ 1.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า BOD ต่ำที่สุดเท่ากับ 1,247 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนบำบัดที่มีค่าเท่ากับ 2,150 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD หลังจากบำบัดเท่ากับ ร้อยละการบำบัด 40 สำหรับผลการทดสอบบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชน ที่ระยะเวลาบำบัด 6 ชั่วโมง พบว่า ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสารสกัดแทนนินต่อน้ำทิ้ง ในอัตราส่วน 1 : 100 คือ มีความขุ่นของน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 75 NTU ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความขุ่นเท่ากับ 92 NTU ค่า DO สูงสุด เท่ากับ 6.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนบำบัดที่มีค่าเท่ากับ 2.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า BOD ต่ำที่สุดเท่ากับ 57.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนบำบัดที่มีค่าเท่ากับ 104 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD หลังจากบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 41

โครงการศึกษาทดสอบการให้น้ำและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ได้คุณภาพส่งออกดำเนินงานในระหว่างเดือนตุลาคม 2562-กันยายน 2564 สาระจากการวิจัย สรุปพอสังเขป ดังนี้ **กิจกรรมที่ 1** ศึกษาการจัดการสวนมะพร้าวน้ำหอมด้วยระบบน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะพร้าวน้ำหอม ประกอบด้วย 2

การทดลอง ได้แก่ 1) การศึกษาผลของการให้น้ำต่อปริมาณการติดผลของมะพร้าว น้ำหอมที่เริ่มให้ผลผลิต ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร โดยเปรียบเทียบการให้น้ำ 4 กรรมวิธี พบว่า น้ำหนักผลมะพร้าว ที่อัตราการให้น้ำ 60 และ 90 ลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.33 และ 1.34 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าที่ไม่ให้น้ำและให้ในอัตราการให้น้ำ 30 ลิตร ปริมาณน้ำมะพร้าว ที่อัตราให้น้ำ 60 และ 90 ลิตร มีปริมาณใกล้เคียงกันที่ 274.94 และ 273.83 กรัม ตามลำดับ ส่วนการไม่ให้น้ำ และให้ในอัตราการให้น้ำ 30 ลิตร ผลมะพร้าวอ่อนมีปริมาณน้ำมะพร้าว 256.84 และ 269.28 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเนื้อมะพร้าวที่อัตราให้น้ำ 60 และ 90 ลิตร มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน คือ 171.45 และ 171.05 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น การให้น้ำวันละ 60 ลิตรต่อต้น ในช่วงแล้งก็เพียงพอที่จะผลิต มะพร้าวคุณภาพดี และ 2) การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและลดต้นทุน การผลิตมะพร้าว น้ำหอมเพื่อส่งออก ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี โดยเปรียบเทียบวิธีการให้ ปุ๋ยแก่มะพร้าว น้ำหอม 4 กรรมวิธี พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินทางระบบน้ำ (T3) ให้จำนวนผลผลิตสูงสุด 227 ผล/ต้น/ปี หรือ 8,418 ผล/ไร่/ปี ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 15,265.91 บาท/ไร่/ปี มีผลตอบแทนมากที่สุด 52,079.32 บาท/ไร่/ปี คุณภาพของผลผลิต ขนาดของผลของมะพร้าว น้ำหนักของน้ำมะพร้าว และ TSS ของทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักของผลมะพร้าว T3 และ T4 ไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนัก 1.39 กก./ผล และ 1.32 กก./ผล ตามลำดับ

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มการติดผลอย่างต่อเนื่องและแก้ปัญหาผล แตกของมะพร้าว น้ำหอม ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ 1) การศึกษาผลของ NAA ที่มีต่อการเพิ่ม ประสิทธิภาพการติดผลในมะพร้าว น้ำหอม ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม โดยศึกษาการใช้ สาร NAA ในช่วงการเจริญเติบโตทาง reproductive ร่วมกับการจัดการระบบน้ำ พบว่า กรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสาร NAA ร่วมกับระบบน้ำมีปริมาณการแตกจั่นหรือการบานของจั่นเฉลี่ย จำนวนดอกตัวเมียเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การ ติดผลมากที่สุด คือ 21.6 จั่นต่อต้นต่อปี 379.4 ดอกต่อต้นต่อปี และ 60.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่มีการพ่นสาร NAA ร่วมกับระบบน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.7 จั่นต่อต้นต่อปี 327 ดอกต่อต้นต่อปี และ 58.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ดังนั้น การให้น้ำจึงมี ผลต่อการออกจั่นและการเพิ่มจำนวนดอกตัวเมียและโอกาสในการผสมติด ส่วนการฉีดพ่น NAA ยังไม่เห็นผลที่ แตกต่างในต้นมะพร้าวที่เริ่มให้ผลผลิต (5-6 ปี) ควรศึกษาในต้นมะพร้าวที่อายุมากกว่า 8 ปี ซึ่งให้ผลผลิตคงที่แล้ว และ 2) การศึกษาทดสอบการใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นร่วมกับการให้น้ำต่อการลดปริมาณผลแตกของมะพร้าว น้ำหอม ดำเนินการที่แปลงมะพร้าว น้ำหอมของเกษตรกรที่ปลูกในระบบร่องสวน อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัด สมุทรสาคร โดยศึกษาทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีและสารปรับปรุงดิน 5 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ย 16-16-16 และใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่น 3 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี มีผลผลิตรวมและจำนวนผลดี (ผลที่ไม่แตกและไม่ถูกคัดทิ้ง) เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 196 และ 149 ผล ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ย 16-16-16 และหินบะซอลต์ชนิดฝุ่น 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี คือ 188 และ 146 ผล ตามลำดับ แต่ทั้งสองกรรมวิธียังมีผลแตก โดยพบผลแตกในเดือน ตุลาคม-กุมภาพันธ์ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในใบมะพร้าว พบว่า การใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นทุกกรรมวิธี มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าการไม่ใส่ ดังนั้น การใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นจึงช่วยเพิ่มแคลเซียมแต่ยัง ไม่เห็นผลในการแก้ปัญหาผลแตก ซึ่งอาจต้องทดลองซ้ำในพื้นที่อื่นหรือติดตามผลไปอีกระยะหนึ่ง

Abstracts

The research and development of coconut varieties and technology for increasing yield to meet coconut demand consist of 5 projects, namely Research on improvement of coconut varieties, Research on breeding of aromatic coconut, Research on farm practicing technology for higher coconut productivity and income, Coconut product research and development and Application trial of water and nutrients for increasing of qualified nam hom nuts for export. The result were summarize as follows:

Breeding on coconut variety for industrial used. Selection and evaluation of 17 coconut cultivars, 744 tree cultivars show that 5 outstanding cultivars, namely Sai Bua, Tuen Dok, Hua Ling, Kon Chuk and Thung Khled has consistently good growth, fast productivity, it was resistant to disease and insect infestation and can adapt well to the environment. The yield was still below the specified threshold due to the beginning of the yield period. Therefore, the yield data must be collected until the coconut tree reaches 8 years of age in order to select it as a breeder for the future generation of hybrid coconuts. Comparison of 6 coconut hybrid variety by progeny test consist of West African Tall x Thai Tall, Malayan Yellow Dwarf x Thai Tall, Malayan Red Dwarf x Thai Kalok, Malayan Yellow Dwarf x Thai Kalok, Malayan Red Dwarf x Rennell Tall and Malayan Yellow Dwarf x Rennell Tall. The result in year 2021 indicated that the coconut hybrid were only 2 year of maturity, which is not productive period and need to collect data for further selection. For study on comparison of coconut varieties for coconut sugar production. Result indicated that the Sawi hybrid no.1 coconut was highest size and length of inflorescence (84.6 cm.) and sap yield for 14 months with average of 105.63 liters per tree, a maximum yield of 443.16 liters per tree and daily yield of 635.73 ml per tree per day. When calculating the income from selling fresh coconut sugar at a price of 10 baht per liters, found that after 5 years of coconut planting, 20 Sawi hybrid no. 1 coconut had an income equal to 20,621.20 baht. Selection of aromatic makapuno coconut in the area of King Mongkut's institute of technology ladkrabang Chumphon campus and the area of Trang Horticultural center. A total of 164 and 90 makapuno were found. DNA test results for makapuno genes and aromatic genes were able to select the aromatic makapuno coconut cultivars with genes indicating makapuno coconut hybrid and having aromatic genes (C/C) from the area of Chumphon and Trang province, 28 and 25 trees were obtained, 7 and 16 were selected as cultivars and use in further research, respectively. Comparison diversity of makapuno coconut varieties F1 NHK by comparing 5 potential hybrid makapuno coconut varieties, namely F1 WAK, F1 TTK, F1 RDK, F1 YDK and F1 NHK. It was found that all cultivars had a survival rate of

seedling in sterile conditions more than 80% at the age of 8 years after transplanting. The WAK has the highest yield of 2,475 fruits per rai per year. Comparative of aromatic makapuno coconut (NHK 100%) by embryo culture found that the survival rate of seedling in the greenhouse was 87.5% and the seedling growth was well develop when adding calcium fertilizer at the rate of 5g per kg planting material. At 8 year of age, it was found that average yield was 7 fruits per bunch. The average fruit weigh of the whole mature coconut, dehusked mature coconut, coconut meat and coconut water were 2,226 1,275 678 and 314 g, respectively. For the selection by progeny test of makapuno coconut hybrid varieties for optimal plantation in the upper northeastern region. The result indicated that the TKK makapuno hybrids population was able to adapt to arid environment. The survival rate was 59 trees (82%). Age of the first inflorescence at 60 months and the first inflorescence has 50% full bloom at the age of 78 months. Assessment of the production potential of aromatic makapuno coconut in the lower southern region in Trang, Pattani and Narathiwat provinces, each of 5 rai (125 trees). Result indicated that the aromatic makapuno coconut in Trang had higher growth and yield than those in Pattani and Narathiwat provinces. Increasing the management potential of hybrid coconut production. The effect of temperature on the viability and germination of pollen from Thai Tall variety was studied. The result indicated that at 40°C, the percentage of viability and germination of pollen was lower than the standard (less than 35%). At the higher temperature and longer storage time, the germination and viability of coconut pollen were reduced. Pollination during 9.00 AM-11.00 AM has a percentage of fertilization and the highest percentage of fruiting.

Propagation study on makapuno coconut zygotic embryogenesis induction by coconut explant from immature embryo. The study found that the difference plant bioregulator dose in Eeuwens media can't induce coconut callus develop to zygotic embryogenesis stage also stimulated multiple shoot, that shown dose of plant bioregulator not essential factor for makapuno coconut zygotic embryogenesis. Study on somatic embryogenesis induction by immature inflorescence as makapuno coconut found that the difference plant bioregulator dose in Eeuwens media can't induce coconut explant by immature inflorescence induce to callus development, that shown immature inflorescence can't use for coconut explant.

Research on breeding of aromatic coconut. The selection of planting aromatic coconuts at the Department of Agriculture compare with farmer's commercial aromatic coconuts. Experimental results, Chumphon Horticultural Research Center. Selecting parent breeds with outstanding characteristics according to the breeding and breeding process, self-fertilization

using a mating bag to cover the female flowers and pollinating from the aromatic coconut in the same population. 4,531 cultivars were harvested when the aromatic coconuts were 11 months old and were bred to produce seedlings. 2,492 seedlings were selected that were complete according to the cultivar and were planted at the Trang Horticultural Research Center of 30 rai (cultivated by the Department of Agriculture 15 rai and the commercial variety of farmers 15 rai) and the Nakhon Phanom Agricultural Research and Development Center of 20 rai (Planting varieties of the Department of Agriculture 10 rai and commercial varieties of farmers 10 rai. The growth data of the aromatic coconut consisted of height, root circumference, stem length, petiole of length, rachis of length, number of leaves on the plant, number of leaflets and leaf length at the Trang Horticultural Research Center from 2019 to March 2021). The result have found that the aromatic coconut varieties of the Department of Agriculture and commercial varieties of farmers have good growth when compared between the two species, it was found that Department of Agriculture cultivars had better growth prospects than commercial cultivars at all ages of 24, 27, 33, 36 and 40 months. The same result in the fields planted at the Nakhon Phanom Agricultural Research and Development Center. Although only 12 months of growth data were recorded, the experimental results were similar to those planted at the Trang Horticultural Research Center.

Research on farm practicing technology for higher coconut productivity and income consisted of 3 experiments: Experiment 1, Coconut Fertilizer Management Technology for Coconut Milk Industry, Experiment 2, Increasing coconut yield in the area with pest infestation. 3 Growing intercrop in senile palm to Increase Income. The experiment 1, the randomized complete block in RCB 3 treatments was planned with 4 replications, carried out in the farmer plots of Prachuap Khiri Khan and Chumphon provinces. The second experiment was coconut plantation management using technology and recommendations of the Department of Agriculture compare with Coconut plantation management by farmers treatment in Prachuap Khiri Khan Province and the third experiment was planned by randomized complete block in RCB with 6 treatments, 4 replications, conducted in the Chumphon Horticultural Research Center area. The results showed that in Experiment 1, productivity, treatment1, Fertilizer application according to the recommendations of the Department of Agriculture, most productive 1,571 nuts/rai, followed by fertilization according to soil analysis at 1,422 nuts/rai, while the farmer's method yielded the least yield at 1,279 nuts/rai. The fruit components such as weight of the whole fruit peel weight Peel weight, water weight, fresh meat weight, shell weight were not significant same goes for dry weight and oil percentage. Except for Mrs.

Lamyong Kerdthong and Mr. Prawet Rungrasamee farmer plot, Method 1 gave the highest percentage of oil when compared to other methods. As for the dry weight of the farmer's plot, Mr. Prawet Rungrasamee, treatment 1 also had the highest dry weight. Costs and Returns of production cost was the most followed by the treatment 2, and the third treatment with the lowest cost and return of treatment, the most rewarding. The BCR value > 1 for all treatments. Experiment 2, Coconut yield, fertilizing according to the recommendations of the Department of Agriculture more productive as compared to farmer's practices. The coconut pests cause damage of coconut (Coconut hispine Beetle : *Brontispa longissima*) was low to moderate and did not find the coconut black head worm (*Opisina arenosella* Walker). Average cost of recommended practice in 5 years was 6,220 baht/rai/year, while farmer's practice was 7,521 baht/rai/year. Only in year 5 that the net return of recommended had more than farmer's practice at 14,584 and 13,917 baht/rai/year respectively. The trial 3 cultivation of yellow galangal + coconut showed the highest yield and yield as net income when compared to other crops. Benefit Cost ratio (BCR) found that all crops had a return on investment (BCR > 1).

Study on properties of liquid endosperm since it was focus to utilize as a part of cosmetic product. The harvested Maphrao Kathi nuts from Khanthulee coconut plantation was opened and taken out the liquid and solid endosperm. The sweetness of liquid endosperm was determined by using Hand reflexometer. The liquid endosperm were examined and grouped into 3 groups; normal, turbid and jelly endosperm. The result showed that jelly endosperm of Maphrao Kathi may not suit for cosmetic products due to sugar content and sweetness of itself.

Study on cosmetic formula with many trial of set up ratio of cosmetic product that added liquid endosperm of Maphrao Kathi from hybrid variety. at 5, 10,15 and 20 % in formula of 4 products such as lotion, bath gel, shampoo and facial gel. There were 4 steps of experiment; 1) study on basic formula 2) develop formula of 4 products (shampoo, bath gel, lotion and facial gel) to compare physical and such as pH and viscosity in each formula 3) select the best formula which gave the cosmetic products in good physical appearance, optimum viscosity, pH before and after storage for long term study for one year. 4) the product's formula was continued study on the optimum of liquid endosperm to be in formula. The result showed that the maximum of 20%w/w in the formula was accepted. . For the shelf-life in term of microbial contamination of each product was determined by Challenge test (antimicrobial activities for a preservative with Standard of USP41 chapter51; Antimicrobial Effectiveness testing) at faculty of Pharmacy, Mahidol University. The result of the challenge test showed that all cosmetic formula had a shelf life of 2 years. The product samples were taken

to Horticulture Research Institute for sensory evaluation. The results of the sensory test were shown to be satisfied.

Extraction of tannins in the coconut husk in which this is an alternative way to utilize the young coconut husk as a by-product from the young coconut cutting process for export. The tannin extraction was studied, coconut samples was included green husk (exocarp) and white soft husk (mesocarp) of young coconut nut (approximately 7 months). The extraction was carried out for 24 hours at room temperature by using 10, 25, 50, 75, 95 % (v/v) ethanol as an extraction solvent. Ratio of the material to ethanol was 1 : 6 g/ml. The results showed that the extraction yields of tannin from green husk of young coconut husk achieved was 84.9 – 209.0 mg/kg and white soft husk of young coconut husk achieved was 40.9 – 104.0 mg/kg. The highest concentration of tannins compounds was found in the extraction by using 75% (v/v) ethanol, it showed 207.6 mg/kg in green husk of young coconut husk and 104.0 mg/kg in white soft husk of young coconut husk.

The extraction of tannin from coconut husk was studied the efficacy to inhibit the growth of 2 coconut insect pests, which are black headed caterpillar; *Opisina arenosella* and coconut leaf beetle; *Brontispa longissima* in comparison with the tannin extracts from cassava. The effects of tannin extracts were also studied on the natural enemies of coconut insect pests; *Goniosus nephantidis* and *Asecodes hispinarum*. The tannin extraction from coconut husk used in this experiment contained the active ingredient content of 248.89 g/1 kg. of coconut husk in 95% ethyl alcohol solvent. The treatments were tested by spraying method on *O. arenosell* and *B. longissima* and dry film method on *G. nephantidis* and *A. hispinarum*. The results of growth of all 4 insect species were checked every day until the insects die or being adult. The results showed that tannin extracts had no effects on *O. arenosella* and *B. longissima* growing and developing into adults as normal and these extracts also had no effect on *G. nephantidis* and *A. hispinarum*. Therefore. Using tannin extract for controlling 2 insect pests of coconut may be necessary to increase the amount of active ingredients. However, this research had not been received the results for controlling coconut insect pests but had been known as a preliminary data for further development of research on plant extract development especially the tannin extract from coconut for the future.

Study on the efficiency of a tannin extracts from coconut husk for wastewater treatment is an alternative way to utilize and value added for the young coconut husk as a by-product from the young coconut cutting process. The experiments of efficiency of wastewater treatment were observed in 2 sources of wastewater which collected from coconut processing factory and

household. The results of efficiency of tannin extracts in wastewater from coconut processing factory showed that the tannin extracts is able to treat pH and turbidity of water at 4 hours after treatment which significantly different from without application of tannin extracts. Further, the results showed at 6 hours after treatment which the application of tannin extracts is causing substance in wastewater to be deposited then the wastewater is getting clearly. The application of tannin extracts to wastewater at the ratio of 1:100 had the high efficiency to be able treat wastewater. This treatment shows (1) the lowest of the turbidity of 215 NTU significantly compare with the control treatment (273 NTU) (2) the highest of DO of 3.30 mg./l. while the control treatment was 3.30 mg./l (3) the lowest of BOD of 1,245 mg./l. while the control treatment was 2,150 mg./l. and the efficiency of BOD at after treatment were 40 percent. Furthermore, the results of efficiency of tannin extracts at 6 hours after treatment in wastewater from household showed that pH has no significant difference. The application of tannin extracts to wastewater at the ratio of 1:100 had the high efficiency to be able treat wastewater. This treatment shows (1) the lowest of the turbidity of 75 NTU compare with the control treatment (92 NTU) (2) the highest of DO of 6.05 mg./l. while the control treatment was 2.80 mg./l (3) the lowest of BOD of 57.2 mg./l. while the control treatment was 104 mg./l. and the efficiency of BOD at after treatment were 41 percent.

The project entitled “Application Trial of Water and Nutrients for Increasing of Qualified Nam Hom Nuts for Export” during October 2019-2021. The result can be summarized as follows: The Activity no. 1: Study on Nam Hom farm management with irrigation system for increasing production efficiency consist of 2 experiments. The experiment 1) was setup at Chumphon Horticultural Research Centre to study on effect of irrigation to fruit set of Nam Hom coconut at first stage bearing tree (age of coconut tree 6-8 years) by comparison effect of water application of 4 treatments. The result indicate that the fruit weight of irrigating 60 litres/tree/day and irrigating 90 litres/tree/day were 1.33 and 1.34 kg, respectively and coconut water content of irrigating 60 litres/tree/day and irrigating 90 litres/tree/day were 274.94 and 273.83 grams which is heavier than those weight/content of no irrigation system and irrigating 30 litres/tree/day. The meat weight was also similar trend in which irrigating 60 litres/tree/day and irrigating 90 litres/tree/day gave meat weight at 171.45 and 171.05 grams, respectively. Therefore, irrigating 60 litres/tree/day in dry season is suitable way for good quality young nut. The experiment 2) was set up at Ratchaburi Agricultural Research and Development Center to study on fertilizer application method for increasing efficiency of fertilizer usage and minimize cost of Nam Hom production for export consist of 4 treatments. This study found that applied fertilizer base on

the result of soil nutrient analysis via irrigation system (T3) gave highest yield at 227 nut/tree/year or 8,418 nut/rai/year, which lowest cost at 15,265.91 baht/rai/year and income was 52,079.32 baht/rai/year. Although there was no significantly different for nut quality, fruit size and water weight and sweetness. The fruit weight of T3 and T4 were significantly different from T1 and T2 with weight of 1.39 and 132 kg./fruit, respectively.

The activity no.2: Study on appropriate nutrient management for increasing fruit set and solving cracked shell of Basalt of Young Tender Nam Hom Coconut consisted of 2 research experiments. The experiment 1) study on effect of spraying NAA to increasing efficiency of fruit set of Nam Hom variety in period of reproductive growth in combination with application of water management. The experiment plot was at Nakhon Prathom Agricultural Research and Development Center. The result found that no spraying of NAA + irrigation system applied 200 litres/week during dry season gave average of number of blooming of inflorescence, number of female flower and highest percentage of fruit set at 21.6 inflorescence/tree/year, 379.4 female flowers /tree/year and 60.5 % of fruit set, respectively. While no spraying of 30 ppm NAA + irrigation gave average of number of blooming of inflorescence, number of female flower and highest percentage of fruit set at 18.7 inflorescence/tree/year, 327 female flowers /tree/year and 58.9% of fruit set, respectively. This result showed significantly different from control application. Therefore, application water has effected on emerging and blooming of inflorescence, increasing number of female flower and opportunity of fertilization success. While spraying NAA has not seen effect in coconut at age of 5-6 years, thus it should be studied in older Nam Hom tree at age of 8 years or more which the tree has stable fruiting. The experiment 2) studied on management of chemical fertilizers and soil amendments in the aromatic coconut plantation in Ban Phaeo District Samut Sakhon Province by application of Basalt dust and Chemical fertilizer to recover cracked shell of young tender Nam Hom coconut with 5 treatment. The result showed that apply 16-16-16 and 3 kg. of basalt dust per plant per year had highest average yield and number of good quality nut at 196 and 149 fruits, respectively, followed by apply 16-16-16 and 1 kg. of basalt dust per plant per year with highest average yield and number of good quality nut at 188 and 146 fruits, respectively. The cracked coconut shell was found in October to February of the year. Whereas leaf analysis was found that basalt dust application of all treatments had slightly higher content of calcium and magnesium in leaves than those treatment without basalt dust. Therefore, applied basalt dust for Nam Home tree could increase calcium on content in the tree but no result shown effect of

solving cracking shell. Repeating this experiment in other farm area or continue monitoring in this experiment plot is recommended.

บทนำ (Introduction)

มะพร้าว (*Cocos nucifera*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การเพิ่มผลผลิตมะพร้าว เป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์มะพร้าว ต้องดำเนินการทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว แผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอกับความต้องการ ได้ศึกษาด้านพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิต ทั้งมะพร้าวแกง (มะพร้าวที่ผลิตเพื่อขายผลแก่ มะพร้าวผลิตน้ำตาล) มะพร้าวกะทิ (Makapuno) และมะพร้าวอ่อน (มะพร้าวน้ำหอม) มีระยะเวลาดำเนินงานในช่วงปี พ.ศ. 2559-2564

ในด้านการสนับสนุนการใช้พันธุ์ดีนั้น ในส่วนของมะพร้าวแกง และ มะพร้าวกะทิ (Makapuno) ได้ปลูกเปรียบเทียบมะพร้าวกะทิที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอ ปลูกพันธุ์ลูกผสมมะพร้าวกะทิ (ที่ได้จากการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ที่สิ้นสุดปี 2558) ในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง (ปัตตานี นราธิวาส และตรัง) และได้ศึกษาด้านการขยายพันธุ์แบบรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากชิ้นส่วนของมะพร้าวเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตต้นพันธุ์และสร้างสายพันธุ์แท้ในมะพร้าวกะทิลูกผสม รวมถึงศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเกสรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผสมติด เพื่อนำไปใช้ในการผลิตต้นพันธุ์เพื่อส่งเสริมการปลูกมะพร้าวพันธุ์ดีเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไป อีกทั้งยังได้เปรียบเทียบพันธุ์เพื่อใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวอีกด้วย และการสนับสนุนการผลิตมะพร้าวน้ำหอมให้มีปริมาณและคุณภาพเพื่อการส่งออกเพิ่มขึ้น และความต้องการพันธุ์ดี ปลูกในพื้นที่นอกพื้นที่หลักในภาคกลาง ได้ดำเนินงานวิจัยต่อจากงานที่ผ่านมา ซึ่งได้คัดเลือกมะพร้าวน้ำหอมที่มีความหอมและความหวานในระดับ 7-8 องศาบริกซ์ และได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยและน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มปริมาณผลผลิตไว้บ้างแล้ว แต่การคัดเลือกพันธุ์ยังมีความแปรปรวนในเรื่องความหวานและความหอม ในแผนงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการต่อเนื่องในด้านการคัดเลือกพันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลมาคัดเลือกต้นที่ได้คัดเลือกไว้อีกครั้ง และผลิตต้นกล้าจากต้นที่คัดไว้ไปปลูกทดสอบศักยภาพใน 2 พื้นที่ (จ.ตรัง และ จ.นครพนม) เพื่อคัดเลือกเป็นต้นแม่พันธุ์ผลิตต้นพันธุ์ดีเป็นแหล่งกระจายพันธุ์ดีเพิ่มพื้นที่ปลูกในอนาคตโดยคาดว่าพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ติดกับแม่น้ำโขง และภาคใต้ตอนล่างจะเป็นแหล่งผลิตมะพร้าวน้ำหอม เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและการจำหน่ายไปตลาดต่างประเทศ

ในด้านการเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตมะพร้าวแกง เนื่องจากมะพร้าวส่วนใหญ่ปลูกในเขตพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางถึงเหมาะสมเล็กน้อย มีพื้นที่รวมกันมากถึงร้อยละ 56 ของพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั่วประเทศ (เขตที่มีความเหมาะสมมาก (Z-1) มีเนื้อที่ 565,874 ไร่ เขตที่มีความเหมาะสมปานกลาง (Z-2) มีเนื้อที่ 332,074 ไร่ เขตที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (Z-3) มีเนื้อที่ 400,840 ไร่) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) จำเป็นต้องพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งจากผลการวิจัย ปี 2554-2556 ที่ผ่านมา พบว่า การนำเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมาใช้ในการจัดการสวนมะพร้าวทำให้มะพร้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น และในพื้นที่ที่มีการเข้าทำลายแมลงศัตรูมะพร้าว หากมีการจัดการที่ดีให้มะพร้าวสามารถเพิ่มพื้นที่ใบ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของต้นมะพร้าว ซึ่งจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (สมชาย, 2555) ดังนั้นโครงการเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม จึงได้นำเทคโนโลยี

ของกรมวิชาการเกษตรในการจัดการสวนไปศึกษาทดสอบในพื้นที่ที่ยังพบการทำลายของแมลงศัตรู เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรเพิ่มผลผลิตมะพร้าวและได้ศึกษาข้อมูลการปลูกพืชร่วมหรือพืชแซมเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มรายได้และเพิ่มการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ว่างให้เต็มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสวนมะพร้าวอายุมาก และยังเป็น การสนับสนุนให้รักษาพื้นที่ปลูกมะพร้าวให้คงอยู่ เป็นการป้องกันไม่ให้ผลผลิตมะพร้าวลดลงไปมากกว่าเดิม และชาวสวนมะพร้าวสามารถดำรงชีพได้โดยการปลูกมะพร้าวเป็นอาชีพหลักอย่างยั่งยืนต่อไป

และด้านเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวน้ำหอม การจัดการสวนโดยการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ คาดว่า จะช่วยให้มะพร้าวน้ำหอมมีผลผลิตออกอย่างต่อเนื่อง ด้วยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืช พืชควรได้รับน้ำในระดับที่เหมาะสม ในสภาวะแล้งน้ำจะมีผลต่อการสร้างอาหารบำรุงต้น ส่งผลให้การผสมเกสรไม่ สมบูรณ์ การขาดน้ำในช่วงฤดูร้อน มะพร้าวจะออกดอกติดผลน้อยกว่าฤดูอื่น ขนาดและปริมาณผลผลิตลดลง พบ ผลผลิตมะพร้าวในช่วงแล้งมีผลสืบ และ/หรือ มีผลผลิตในทะลายแต่ผลแก่ที่เก็บเกี่ยวเพื่อนำไปเป็นผลพันธุ์นั้นไม่ สมบูรณ์ เมื่อลองผ่าดู เนื้อไม้เต็มกะลา หรือ บางผลไม่มีคัพพะ (embryo) หากทำให้ต้นมะพร้าวได้รับน้ำสม่ำเสมอ และมีความชื้นเพียงพอทำให้ติดผลสม่ำเสมอ ในรอบ 1 ปี สามารถเก็บผลผลิตขายได้ 15-18 ครั้ง ผลผลิตเฉลี่ย ประมาณ 200 ผลต่อต้น (วรรณภา, 2559) จึงได้ศึกษาเรื่องการให้น้ำและการจัดการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำ เพื่อ ช่วยลดปัญหานี้ และการเพิ่มผลผลิตของมะพร้าวน้ำหอม ได้ทดลองใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตประเภทออกซิน ได้แก่ สาร Naphthyl Acetic Acid (NAA) ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ เพื่อช่วยให้มะพร้าวมีการผสมเกสรและติด จั่นมากขึ้น และทดลองใช้หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นเพื่อแก้ปัญหาผลแตก โดยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาการใช้หินภูเขา ไฟ หรือ หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นซึ่งเป็นสารปรับปรุงดินในการแก้ปัญหาผลแตก การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อให้มี ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมตลอดปี หากอัตราส่วนผลผลิตที่ได้คุณภาพส่งออกมีมากกว่าที่ตกเกรด เกษตรกรจะมี รายได้มาก และยังช่วยให้เกษตรกรผลิตมะพร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถวางแผนการผลิต ลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต แก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้

นอกจากนี้ในแผนวิจัยฯ ยังได้วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็น การศึกษาการเพิ่มมูลค่าเพิ่มหรือใช้ประโยชน์จากน้ำมะพร้าวของมะพร้าวกะทิ โดยมุ่งพัฒนาเครื่องสำอางที่มี ส่วนผสมของน้ำมะพร้าว เพื่อรองรับผลผลิตที่จะออกมาในอนาคต หลังจากที่เกษตรกรปลูกพันธุ์มะพร้าวกะทิ ลูกผสมของกรมฯ ที่ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อปี 2554 และ ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้จาก การแปรรูปมะพร้าวผลอ่อน โดยเฉพาะเปลือกมะพร้าวที่เหลือจากการแปรรูปตัดแต่ง โดยศึกษาการสกัดสารแทน- นินที่อยู่ในเปลือกมะพร้าว และได้ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ โดยได้นำแทนนินที่สกัดได้ ไปทดสอบ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้ง และนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูมะพร้าว

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ในระหว่างการดำเนินงานวิจัย มีการนำองค์ความรู้จากการวิจัยไป จัดทำหนังสือ 2 เล่ม และคู่มือการอบรมการผลิตเครื่องสำอางจากน้ำมะพร้าว เผยแพร่บนเว็บไซต์ของสถาบันวิจัย พืชสวน และเอกสารองค์ความรู้เรื่อง “เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวน้ำหอม” พร้อมทั้งได้เผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ของ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน และการเผยแพร่ผลงานวิจัยนำเสนอในโอกาสต่าง ๆ ซึ่งนับว่าเป็น ประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิชาการ ผู้ประกอบการ ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

แผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอับความต้องการ ประกอบด้วย 5 โครงการ มีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

โครงการ	แผนการทดลอง	หน่วยการทดลอง
โครงการปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว		
กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว		
รวบรวมและคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรม	ทดสอบ/คัดเลือกพันธุ์ และผลิตพันธุ์ลูกผสม	
เปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวลูกผสม	RCBD	6 กรรมวิธี
การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวสวีลูกผสม 1 เพื่อผลิตน้ำตาลมะพร้าว	RCBD	4 กรรมวิธี
การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอม	คัดเลือกประชากรมะพร้าวที่มีลักษณะดี	ประชากรมะพร้าวที่ปลูกใน 2 พื้นที่
การเปรียบเทียบความหลากหลายในพันธุ์มะพร้าวกะทิ	ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ	มะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ 5 สายพันธุ์
การศึกษาเปรียบเทียบมะพร้าวกะทิน้ำหอมโดยการเพาะเลี้ยงคัพพะ	RCBD	8 กรรมวิธี
การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิให้เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	RCBD	5 กรรมวิธี
ประเมินศักยภาพการผลิตมะพร้าวกะทิน้ำหอมในเขตภาคใต้ตอนล่าง	ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ	ประชากรมะพร้าวที่ปลูกเปรียบเทียบในพื้นที่ 3 จังหวัด
การเพิ่มศักยภาพในการจัดการการผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม	4×5 factorial in CRD	2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิ และด้านระยะเวลา
กิจกรรมที่ 2 การขยายพันธุ์		
การศึกษาการเกิดไซโกติกเอ็มบริโอ (Zygotic embryogenesis) ของมะพร้าวกะทิจากชิ้นส่วนเอ็มบริโอ (Immature embryos)	CRD	7 กรรมวิธี
การศึกษาการเกิดโซมาติกเอ็มบริโอ (somatic embryogenesis) ของมะพร้าวกะทิจากชิ้นส่วนช่อดอก	CRD	7 กรรมวิธี

โครงการ	แผนการทดลอง	หน่วยการทดลอง
อ่อน (Immature inflorescence)		
โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวน้ำหอม		
การทดสอบศักยภาพการผลิตมะพร้าวน้ำหอมในแหล่งปลูกต่าง ๆ	การคัดเลือกพันธุ์ และขยายพันธุ์ มะพร้าวน้ำหอม และทดสอบพันธุ์ในพื้นที่ 2 แหล่งปลูก	
โครงการเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม		
เทคโนโลยีการให้ปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ	RCBD	3 กรรมวิธี
การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว	ไม่มีการวาง แผนการทดลอง ทางสถิติ	การจัดการสวนมะพร้าวโดย วิธีเกษตรกรเปรียบเทียบกับ การจัดการสวนมะพร้าวโดย ใช้เทคโนโลยีและคำแนะนำ ของกรมวิชาการเกษตร
การปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้	RCBD	6 กรรมวิธี
โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว		
กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบมะพร้าว		
การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องสำอางจากของเหลวในมะพร้าวกะทิ	ไม่มีการวาง แผนการทดลอง ทางสถิติ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมจากมะพร้าวกะทิ		4 ผลิตภัณฑ์
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้จากการแปรรูปมะพร้าว		
ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน	ไม่มีการวาง แผนการทดลอง ทางสถิติ	5 กรรมวิธี
ศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูมะพร้าว และผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติ	CRD	6 กรรมวิธี
การศึกษาประสิทธิภาพของสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกมะพร้าวในการบำบัดคุณภาพ	CRD	5 กรรมวิธี

โครงการ	แผนการทดลอง	หน่วยการทดลอง
น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมะพร้าว		
โครงการศึกษาทดสอบการให้น้ำและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ได้คุณภาพส่งออก		
กิจกรรมที่ 1 ศึกษาการจัดการสวนมะพร้าวน้ำหอมด้วยระบบน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะพร้าวน้ำหอม		
ศึกษาผลของการให้น้ำต่อปริมาณการติดผลของมะพร้าวน้ำหอมที่เริ่มให้ผลผลิต	RCBD	4 กรรมวิธี
ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตมะพร้าวน้ำหอมเพื่อส่งออก	RCBD	4 กรรมวิธี
กิจกรรมที่ 2 ศึกษาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มการติดผลอย่างต่อเนื่องและแก้ปัญหาผลแตกของมะพร้าวน้ำหอม		
การศึกษาคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวน้ำหอมที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลในมะพร้าวน้ำหอม	RCBD	4 กรรมวิธี
การศึกษาคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตของมะพร้าวน้ำหอม	RCBD	5 กรรมวิธี

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 1 วิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว

กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว

การทดลองที่ 1 รวบรวมและคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรม

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์มะพร้าว มีเป้าหมายเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์สำหรับใช้เป็นสายต้นพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น คือ ผลผลิตสูงไม่ต่ำกว่า 70-95 ผล/ต้น/ปี อายุการให้ผลผลิตเร็วไม่เกิน 4 ปี ขนาดผลไม่ต่ำกว่า 1,300-1,600 กรัม/ผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งไม่น้อยกว่า 250-350 กรัม/ผล และน้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งไม่ต่ำกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ สรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

1. การสำรวจ และรวบรวมพันธุ์มะพร้าว พบว่า ได้สายพันธุ์มะพร้าวทั้งหมด 17 สายพันธุ์ 744 สายต้น ได้แก่ พันธุ์สายบัว ตีนตก หัวลิง ก้นจุก เท้งบ้อง เปลือกหวาน ทนนาน ซอสมุทสงคราม ปากจกพระทอง ไทยพะงัน ไทยกะโหลก หุ่นเคล็ด ไทยท่าศาลา มะพร้าว คาเมอรูนสีแดงต้นเตี้ย นิวกินีสีน้าตาลต้นเตี้ย และค่อม

2. การคัดเลือก และประเมินพันธุ์เบื้องต้นจากข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบของผล การตอบสนองปฏิกิริยาต่อโรคและแมลงที่สำคัญ และการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมจากการปลูกทดสอบ พบว่า มีสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นจำนวน 5 สายพันธุ์ ที่มีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตเร็ว มีความทนทานต่อการเกิดโรคและการเข้าทำลายของแมลง และสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ประกอบด้วย 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 อายุ 48 เดือน ได้แก่ สายพันธุ์สายบัว ตีนตก หัวลิง และก้นจุก และชุดที่ 2 อายุ 42 เดือน ได้แก่ สายพันธุ์หูก

เคล็ด พบว่า ระยะการเจริญเติบโตด้านลำต้น และทางใบ (vegetative stages) มีความสมบูรณ์ และแข็งแรง ส่วนระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stages) พบว่า จำนวนจั่นบานเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด โดยมีอายุการออกจั่นเฉลี่ย 29, 29, 30, 28 และ 26 เดือน ผลผลิตเฉลี่ย 49, 41, 39, 43 และ 61 ผล/ต้น/ปี และ/หรือ 1,072, 892, 854, 953 และ 1,334 ผล/ไร่/ปี น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 125, 111, 199, 194 และ 119 กรัม/ผล ขนาดของผลมะพร้าวมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 869, 944, 1,338, 1,225 และ 832 กรัม/ผล น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 47, 49, 42, 53 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิต และองค์ประกอบของผลเกือบทุกสายพันธุ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากเป็นช่วงแรกของการให้ผลผลิตของต้นมะพร้าว แต่จากการคำนวณสัดส่วนเกณฑ์มาตรฐานในการคัดเลือกพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 0.4 ทุกสายพันธุ์ บ่งบอกถึงลักษณะที่ดีสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าวเพื่อนำไปพัฒนาพันธุ์

ส่วนการเกิดโรค พบว่า เกิดโรคใบจุดในระยะต้นกล้าประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของต้นกล้าทั้งหมด แต่นับว่าไม่ร้ายแรงเมื่อนำต้นกล้าไปปลูกทดสอบในแปลง โรคใบจุดไม่แสดงอาการ และไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และพบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ แมลงดำหนามมะพร้าว และด้วงแรดมะพร้าว จากการประเมินระดับการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าว พบระยะเริ่มการเข้าทำลายเมื่ออายุ 18 เดือน โดยจำนวนทางใบที่ถูกทำลายของแมลงทั้ง 2 ชนิด น้อยกว่า 6 ทางใบ จัดอยู่ในระดับความรุนแรงน้อย (อัมพร และคณะ, 2560) แต่ไม่พบการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าว และด้วงงวงมะพร้าว ในช่วงฤดูแล้งในแต่ละปีพบว่า มะพร้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่พบลักษณะอาการของทางใบลุกลาม หรือทางใบหักพับเนื่องจากการขาดน้ำอย่างรุนแรง จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ดังกล่าวค่อนข้างมีความทนทานกับต่อสภาวะอากาศที่แล้งจัด

3. สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มมีลักษณะดีที่เริ่มให้ผลผลิตเร็ว แต่จำนวนจั่นบานไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด ได้แก่ สายพันธุ์เที่ยงบ้อง เปลือกหวาน ทนทาน ขอสมุทรสงคราม และไทยพะงัน โดยมีจำนวนจั่นบาน 24, 12, 10, 5 และ 1 ต้น คิดเป็น 48, 24, 20, 10 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเฉลี่ย 44, 25, 21, 12 และ 24 ผล/ต้น/ปี และ/หรือ 959, 541, 467, 262 และ 528 ผล/ไร่/ปี น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 111, 200, 208, 179 และ 168 กรัม/ผล ขนาดของผลมะพร้าวมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 728, 1,181, 1,300, 1,072 และ 995 กรัม/ผล น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 46, 48, 49, 50 และ 46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวลูกผสม

การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวลูกผสม มีเป้าหมายเพื่อคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงไม่ต่ำกว่า 110 ผล/ต้น/ปี อายุการให้ผลผลิตเร็วไม่เกิน 3 ปี 6 เดือน ต้นเตี้ย ขนาดผลไม่ต่ำกว่า 1,500 กรัม/ผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งไม่น้อยกว่า 330 กรัม/ผล และน้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งไม่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ โดยการปลูกทดสอบรุ่นลูก (progeny test) คัดเลือก (selection และประเมินพันธุ์ (evaluation) พบว่า ได้พันธุ์ที่มีแนวโน้มลักษณะดีเด่น จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x เรนเนลล์ต้นสูง มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x ไทยกะโหลก มลายูสีแดงต้นเตี้ย x ไทยกะโหลก และมลายูสีแดงต้นเตี้ย x เรนเนลล์ต้นสูง ซึ่งพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวมีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการเกิดโรค แต่พบการเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าว และด้วงแรดมะพร้าวในปริมาณน้อยกว่า 6 ทางใบ จัดอยู่ในระดับความรุนแรงน้อย และสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีในช่วงแล้งของฤดูกาล

อย่างไรก็ตามผลการดำเนินการเป็นการประเมินพันธุ์เบื้องต้น เพื่อเป็นการขยายผลงานวิจัยให้เกษตรกรและผู้ประกอบการได้นำไปใช้ประโยชน์ในวงกว้างด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม หรือผลสำเร็จระยะยาวที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง จึงได้เสนอขอดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวอุตสาหกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ปีงบประมาณ 2565 เพื่อดำเนินการต่อเนื่องจากระยะแรก (2559-2564) โดยการคัดเลือก ประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว และข้อมูลส่วนอื่นในการพิจารณาผล อาทิเช่น ผลผลิต การบานของจั่น องค์ประกอบของผล น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้ง และข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญ คาดว่าสามารถได้พันธุ์มะพร้าวลูกผสมที่เป็นพันธุ์ทางเลือกที่มีศักยภาพในด้านปริมาณ และคุณภาพตามแผนการดำเนินงาน เพื่อเป็นการสนับสนุนกระจายพันธุ์มะพร้าวเหล่านี้ไปในแหล่งปลูกเดิมและแหล่งปลูกใหม่ที่มีศักยภาพที่มีคุณภาพ และปริมาณทันต่อความต้องการ

การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวสวีลูกผสม 1 เพื่อผลิตน้ำตาลมะพร้าว

จากการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของมะพร้าว 4 พันธุ์ ในการให้ผลผลิตน้ำตาลสด พบว่า ในปีแรกที่ให้ผลผลิต มะพร้าวทั้ง 4 พันธุ์ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงการเจริญเติบโตเท่านั้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเจริญเติบโตของมะพร้าวจากปีที่ 2 ถึงปีที่ 4 ทั้งความสูง และ ความกว้างของทรงพุ่มมากกว่า 3 เท่า มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 ออกจั่นเร็วและมีจำนวนจั่นที่สมบูรณ์ในปีแรกมากกว่าพันธุ์อื่น ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตของทั้ง 4 พันธุ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 มี ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 11.05 ลิตรต่อจั่น และผลผลิตของ 14 เดือน เฉลี่ย 105.83 ลิตรต่อต้น โดยต้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 443.13 ลิตร และผลผลิตที่เก็บได้รายวันสูงสุด 635.73 มล./ต้น/วัน และพันธุ์ค่อมมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 8.45 ลิตรต่อจั่น ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นในระยะเวลา 14 เดือน เฉลี่ย 99.41 ลิตรต่อต้น โดยต้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 255.99 ลิตร และผลผลิตที่เก็บได้รายวันสูงสุด 510.75 มล./ต้น/วัน หากคำนวณรายได้จากการปลูกมะพร้าว 20 ต้น ในระยะเวลา 5 ปี จากการจำหน่ายน้ำตาลสดในราคาลิตรละ 10 บาท พบว่า หลังจากปลูกมะพร้าวมา 5 ปี พันธุ์สวีลูกผสม 1 ให้ผลผลิตรวม 2,062.12 ลิตร คิดเป็นรายได้ 20,621.20 บาท และพันธุ์ค่อม ให้ผลผลิตรวม 1,661.43 ลิตร คิดเป็น 16,614.30 บาท ดังนั้นการปลูกมะพร้าวลูกผสมสวี 1 จึงสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรมากกว่าพันธุ์อื่น อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ ได้เก็บข้อมูลผลผลิตเพียง 14 เดือน หากต้องการข้อมูลสนับสนุนที่มากขึ้น ควรเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นอีก 1-2 ปี

การทดลองที่ 4 การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอม

จากการทดสอบปลูกมะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอมใน 2 จังหวัด และตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตเพื่อทราบศักยภาพในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม และลักษณะพันธุ์ที่ต้องการคือเป็นลูกผสมกะทิน้ำหอมต้นเดี่ยวที่ให้ผลผลิตและคุณภาพดี โดยหวังว่าจะเป็นแปลงสาธิตสร้างความเชื่อมั่นให้เกษตรกรในการนำพันธุ์ลูกผสมกะทิน้ำหอม ไปปลูกมะพร้าวในภาคใต้ตอนบน และภาคใต้ตอนล่าง เพื่อเพิ่มรายได้ต่อไป การทดสอบในระยะ 8 ปีที่ผ่านมา พบว่า ทั้งสองแปลงมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน มีศักยภาพในการปลูกมะพร้าวกะทิลูกผสมได้ทั้ง 2 แหล่งปลูก นอกจากนี้ยังสามารถคัดเลือกต้นมะพร้าวกะทิน้ำหอมที่สมบูรณ์ มีลักษณะดี ต้นเดี่ยวออกจั่นเร็ว ผลผลิตตก มีความเป็นกะทิและมีความหอม (มียืนยันบอกความเป็นลูกผสมมะพร้าวกะทิ (C/T) และมียืนหอมแท้ (C/C)) จำนวน 28 ต้น จากแปลงที่ จ.ชุมพร และนำไปใช้ในงานวิจัย ปี 2565 ได้จำนวน 7 ต้น และคัดเลือกจากประชากรมะพร้าวที่ ศวส.ตรัง ได้ จำนวน 25 ต้น นำไปใช้ในงานวิจัย ปี 2564 จำนวน 16 ต้น

การทดลองที่ 5 การเปรียบเทียบความหลากหลายในพันธุ์มะพร้าวกะทิ

การเพาะเลี้ยงคัพพะ มะพร้าวกะทิลูกผสม 5 พันธุ์ พบว่า มะพร้าวพันธุ์ F1 NHK มีอัตราการรอดของต้นกล้าในสภาพปลอดเชื้อสูงที่สุดเฉลี่ย 86% การเจริญเติบโตของมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ในแปลงปลูก พบว่า พันธุ์เวสอ์ฟริกกันต้นสูงกะทิพันธุ์แท้ มีการเจริญเติบโตและจำนวนผลผลิตสูงที่สุด องค์ประกอบผลผลิตของมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ พบว่า สายพันธุ์ TKK มีน้ำหนักผลปอกเปลือกและน้ำหนักเนื้อสูงที่สุด สำหรับคุณภาพมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ พบว่า สายพันธุ์ WAK มีลักษณะเนื้อฟูเต็มกะลา น้ำขึ้นเหนียวสูงที่สุด และมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้จากการเพาะเลี้ยงคัพพะ มียืนบ่งบอกความเป็นมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ (G/G) ทุกต้น

การทดลองที่ 6 การศึกษาเปรียบเทียบมะพร้าวกะทิน้ำหอมโดยการเพาะเลี้ยงคัพพะ

อัตราการรอดของต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงคัพพะในโรงเรือน พบว่า การให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรท อัตรา 5 กรัม/กิโลกรัมวัสดุปลูก ส่งผลให้มีอัตราการรอด และการเจริญเติบโตสูงที่สุด องค์ประกอบผลผลิตของมะพร้าวน้ำหอมกะทิพันธุ์แท้ พบว่า มีจำนวนผลผลิต 7 ผล/ทะลาย ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต พบว่า มีน้ำหนักผลทั้งเปลือกเฉลี่ย 2,226 กรัม น้ำหนักผลปอกเปลือกเฉลี่ย 1,275 กรัม น้ำหนักเปลือกเฉลี่ย 951 กรัม น้ำหนักเนื้อเฉลี่ย 678 กรัม น้ำหนักน้ำเฉลี่ย 314 กรัม น้ำหนักกะลาเฉลี่ย 283 กรัม ความหนาเนื้อเฉลี่ย 24.52 มม. ความหนากะลาเฉลี่ย 3.96 มม. ความหวานของน้ำเฉลี่ย 5.3% Brix และลักษณะเนื้อ พบว่า มีฟูปานกลางน้ำขึ้นสูงที่สุด คือ 37% รองลงมา คือ เนื้อนิ่มไม่ฟูน้ำใส 35% และ มีเนื้อฟูเต็มกะลาน้ำขึ้นเหนียว มีต่ำที่สุด คือ 28 % การศึกษาอัตราการรอดของต้นกล้าในสภาพปลอดเชื้อในห้องปฏิบัติการ พบว่า อัตราการรอดจากคัพพะมะพร้าวพันธุ์น้ำหอมกะทิ (F1 NHK) มีเปอร์เซ็นต์การรอดของต้นกล้าสูงกว่าคัพพะมะพร้าวสายพันธุ์น้ำหอมกะทิพันธุ์แท้ (NHK 100%)

การทดลองที่ 7 การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิให้เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

การคัดเลือกกลุ่มประชากรพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิ ต้นเดี่ยว ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพดีที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยการปลูกทดสอบรุ่นลูก (progeny test) คัดเลือก (selection) และประเมินพันธุ์ (evaluation) พบว่า กลุ่มประชากรพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมแห้งแล้งได้ดี โดยมีอัตราการรอดตายมากที่สุดถึง 59 ต้น (82%) จำนวนทางใบทั้งหมด และจำนวนทางใบเพิ่มเฉลี่ยมีจำนวนมากที่สุด ส่งผลต่อการให้ผลผลิตมะพร้าว ส่วนด้านความสูงในกลุ่มประชากรพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK มีข้อปล้องค่อนข้างถี่แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูงค่อนข้างช้า ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะต้นเดี่ยว มีอายุการออกจั่นแรกเฉลี่ย 60 เดือน ซึ่งมีต้นออกจั่นจำนวนมากที่สุด 14 ต้น (102 จั่น) จั่นแรกบานครบ 50 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยเมื่ออายุ 78 เดือน มีการพัฒนาของจั่นมากที่สุด โดยมีจำนวนจั่นบานเฉลี่ย 7 จั่น/ต้น/ปี (385 จั่น) และการคัดเลือกความเป็นกะทิด้วยการผสมพันธุ์ด้วยมือ (hand pollination) และวิเคราะห์ความเป็นกะทิด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SNP พบว่า กลุ่มประชากรมะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK มีความเป็นลูกผสมกะทิ (heterozygous) มากที่สุด จำนวน 52 ต้น (88%) และไม่เป็นกะทิ (homozygous) จำนวน 7 ต้น (12%) จากจำนวนประชากรทั้งหมด ทั้งนี้การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สาเหตุจากปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็นส่วนสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำเป็นปัจจัย

สำคัญในการพัฒนาการของจัน (ตาดอก) ดังนั้นต้องมีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และการพัฒนาของจันมะพร้าวที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวลูกผสม

การทดลองที่ 8 ประเมินศักยภาพการผลิตมะพร้าวกะทิน้ำหอมในเขตภาคใต้ตอนล่าง

จากการประเมินศักยภาพในการผลิตมะพร้าวกะทิน้ำหอมในภาคใต้ตอนล่าง ดำเนินการในจังหวัดตรัง ปัตตานี และนราธิวาส พบว่า มะพร้าวกะทิน้ำหอมที่ปลูกในจังหวัดตรังมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีการเจริญเติบโตมากกว่ามะพร้าวที่ปลูกในจังหวัดปัตตานีและนราธิวาส โดยเมื่ออายุต้น 8 ปี มีขนาดรอบโคน ความสูง 137.23 และ 350.84 เซนติเมตร ตามลำดับ และให้ผลผลิตมากที่สุดในบรรดาพื้นที่ปลูก 3 จังหวัด โดยให้ผลผลิตใน 4 ปี รวม 27,906 ผล (ปีแรก 10,414 ผลต่อปี ปีที่ 2 3 และ 4 ให้ผลผลิต 4,367, 9,000 และ 4,125 ผลต่อปี ตามลำดับ) โดยมีจำนวนมะพร้าวกะทิรวม 3,965 ผล (ปีแรก 1,631 ผลต่อปี ปีที่ 2 3 และ 4 เท่ากับ 653 , 1,168 และ 513 ผลต่อปี ตามลำดับ) รวม 4 ปี ผลผลิตมะพร้าวกะทิจัดเป็นร้อยละ 14.2 ของผลผลิตทั้งหมดใน 4 ปี

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบศักยภาพของการให้ผลผลิตมะพร้าวกะทิของพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอมในเขตภาคใต้ตอนล่างซึ่งให้ผลผลิตมะพร้าวกะทิได้ร้อยละ 13 เมื่อปลูกและปล่อยให้ผสมเปิด และปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะพร้าวกะทิ คือ สภาพแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงแปลงปลูก ดังจะเห็นว่ามะพร้าวที่ปลูกในจังหวัดนราธิวาสให้ผลผลิตน้อยที่สุด เนื่องจากมีมะพร้าวธรรมชาติของเกษตรกรปลูกอยู่ใกล้ มะพร้าวเป็นพืชที่มีการผสมข้ามได้ ส่วนปัจจัยร่วมที่ส่งต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของต้นมะพร้าวคือปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และการจัดการดูแลแปลงเป็นปัจจัยสำคัญ ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นคำแนะนำให้เกษตรกรที่สนใจปลูกมะพร้าวกะทิต่อไป

การทดลองที่ 9 การเพิ่มศักยภาพในการจัดการการผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะพร้าวพันธุ์ไทยต้นสูง พบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นจุดวิกฤตในการผลิตพันธุ์มะพร้าวลูกผสม และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเกสรมะพร้าวพันธุ์หลายสีเหลืองต้นเตี้ย คือ ช่วงเวลา 9.00-10.00 น ซึ่งเป็นช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์การผสมติด และเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด สำหรับการเปอร์เซ็นต์การผสมติดในรอบปี เดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2564 เป็นช่วงที่มีปริมาณดอกตัวเมียสูงที่สุด จึงมีผลให้การผสมติดช่วงเดือนสิงหาคม 2564 มีเปอร์เซ็นต์การผสมติดมากที่สุดด้วย ในขณะที่เดือนตุลาคม 2563 มีเปอร์เซ็นต์การผสมติดน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ฝนตกชุก (มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 201 มิลลิเมตรต่อเดือน) แม้ว่าทำการผสมเกสรแล้ว น้ำฝนก็จะล้างละอองเกสรออกไป ทำให้ไม่เกิดการผสมพันธุ์

กิจกรรมที่ 2 การขยายพันธุ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเกิดไซโกตเอ็มบริโอ (Zygotic embryogenesis) ของมะพร้าวกะทิจากชิ้นส่วนเอ็มบริโอ (Immature embryos)

การนำชิ้นส่วนเอ็มบริโอ เพื่อชักนำให้เกิดไซโกตเอ็มบริโอ พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ การใช้อาหารเหลวสูตร Eeuwens (Y3) ร่วมกับสารควบคุม

การเจริญเติบโต คือ 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) และ Indole-3-acetic acid (IAA) ไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ จึงควรปรับปรุงสูตรอาหารและวิธีการเพื่อให้เหมาะสมต่อไป

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเกิดโซมาติกเอ็มบริโอ (somatic embryogenesis) ของมะพร้าวจากชิ้นส่วนช่อดอกอ่อน (Immature inflorescence)

การนำชิ้นส่วนช่อดอกอ่อนของมะพร้าวมาเพื่อชักนำให้เกิดโซมาติกเอ็มบริโอ พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ การใช้อาหารเหลวสูตร Eeuwens (Y3) ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) และ Indole-3-acetic acid (IAA) ไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ จึงควรปรับปรุงสูตรอาหารและวิธีการเพื่อให้เหมาะสมต่อไป

โครงการที่ 2 วิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวน้ำหอม

การผสมพันธุ์มะพร้าวน้ำหอมจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรผลิตต้นกล้ามะพร้าวน้ำหอมที่มีลักษณะสมบูรณ์ ตรงตามพันธุ์ สำหรับนำไปปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรังและศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรนครพนม โดยปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง จำนวน 30 ไร่ ได้ข้อมูลการเจริญเติบโตของมะพร้าวน้ำหอมที่อายุ 24, 27, 33, 36 และ 40 เดือน และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม 20 ไร่ ได้ข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 12 เดือน เนื่องจากได้ขอยกเลิกงานทดลองเมื่อปี 2563 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตเฉลี่ยของมะพร้าวน้ำหอมพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรและพันธุ์การค้าของเกษตรกร

อายุ	รอบโคน (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ความยาว ก้านทาง (ซม.)	ความยาว ทางใบ (ซม.)	จำนวนใบ ใบบนต้น	จำนวนใบ ย่อย	ความยาว ใบย่อย (ซม.)
แปลงศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง							
พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร							
24 เดือน	17.90	117.04	42.00	88.28	5.47	42.68	33.23
27 เดือน	19.38	129.69	47.62	101.48	5.83	50.64	40.48
33 เดือน	32.59	140.14	48.97	79.08	6.97	75.86	40.42
36 เดือน	38.99	190.98	71.30	107.11	7.35	89.32	46.85
40 เดือน	40.7	208.5	64.6	111.0	7.2	86.4	49.5
พันธุ์การค้าของเกษตรกร							
24 เดือน	15.96	118.91	46.0	94.10	5.49	36.35	37.42
27 เดือน	16.92	113.88	43.49	90.11	3.39	41.75	38.2
33 เดือน	18.35	120.00	42.18	66.45	3.58	63.16	33.04
36 เดือน	25.14	140.30	50.41	72.37	4.36	74.95	35.48
40 เดือน	23.9	143.3	45.9	68.0	5.1	62.1	38.8

แปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม

พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร							
12 เดือน	15.54	111.56	46.38	96.05	6.0	35.81	36.76
พันธุ์การค้าของเกษตรกร							
12 เดือน	11.22	92.58	43.85	40.32	3.25	65.15	32.52

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบมะพร้าว

การทดลองที่ 1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องสำอางจากของเหลวในมะพร้าวกะทิ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมะพร้าวกะทิ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกชนิดของน้ำมะพร้าวกะทิเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง พบว่า น้ำมะพร้าวที่มีลักษณะขุ่นหนืดไม่เหมาะจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากมีน้ำตาลและความหวานมากกว่าน้ำมะพร้าวปกติ เอื้อให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า จึงควรพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มอย่างอื่น หรือหากจะพัฒนาต่อ ต้องหาวิธีป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ด้วย

การทดลองที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมจากมะพร้าวกะทิ

จากการทดลองนำน้ำมะพร้าวจากมะพร้าวกะทิ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยนำไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง 4 ชนิด ในปริมาณ ร้อยละ 5 10 15 และ 20 พบว่า สัดส่วนของน้ำมะพร้าวจากมะพร้าวกะทิที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของสูตรต้นตำรับ สูตรชมพู สูตรสบู์เหลว สูตรโลชั่น และ สูตรเจลล้างหน้า คือ ร้อยละ 20 โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางเคมีและกายภาพ ยังมีความคงตัว โดยคาดการณ์ว่ามีอายุการใช้งานนาน 2 ปี สืบเนื่องจากการทดสอบ challenge test และการทดสอบทางกายภาพ ทั้งนี้ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้จากการทดสอบความพึงพอใจ และได้นำผลจากการทดลองนี้ (สูตรต้นตำรับ) ไปจัดทำคู่มือ/เอกสารประกอบการอบรม จัดอบรมแล้ว 1 ครั้ง เพื่อส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์/การแปรรูปในระดับชุมชนเพื่อเป็นการเพิ่มมูลมะพร้าว จากการประเมินผลการอบรม พบว่า มีผู้สนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำไปถ่ายทอดให้ผู้ประกอบการรายย่อยทำได้

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้จากการแปรรูปมะพร้าว

การทดลองที่ 1 ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

การศึกษาศักยภาพการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนทั้งเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน พบว่า ปริมาณสารแทนนินเฉลี่ยในเปลือกส่วนนอกของมะพร้าวอ่อนมีค่าอยู่ในช่วง 84.89 ถึง 209.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อนมีค่าอยู่ในช่วง 40.91 ถึง 104.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สามารถสกัดปริมาณสารสกัดแทน

นินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนให้ปริมาณแทนนินเฉลี่ยในปริมาณที่มาก จำนวน 207.58 กรัมต่อกิโลกรัมในเปลือกส่วนนอก และ 104.03 กรัมต่อกิโลกรัมในเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อน

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูมะพร้าว และผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติ

สารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบนี้มีปริมาณสารออกฤทธิ์เท่ากับ 248.89 กรัม/1 กิโลกรัมเปลือกมะพร้าว ในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% ผลการทดลองพบว่า หนอนหัวดำมะพร้าว และหนอนแมลงค้ำหนามมะพร้าวยังคงเจริญเติบโตพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้เป็นปกติ ดังนั้น อาจจำเป็นต้องปรับเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ให้สูงขึ้นหากต้องการใช้กำจัดแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 2 ชนิดนี้ สำหรับการทดสอบสารสกัดแทนนินกับแตนเบียนโกลิโอสและแตนเบียนอะซิโคเดส พบว่าไม่มีผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติทั้ง 2 ชนิดนี้

การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกมะพร้าวในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมะพร้าว

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมะพร้าว โดยการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้งทางกายภาพและทางเคมี เปรียบเทียบก่อนและหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วนที่ต่างกัน โดยที่ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำหลังการบำบัดที่ระยะบำบัด 6 ชั่วโมง ผลการทดลองด้านกายภาพ พบว่า สีของน้ำใสขึ้น และมีกลิ่นที่ลดลง น้ำทิ้งตัวอย่างมีการตกตะกอน มีค่าความขุ่นอยู่ระหว่าง 215-269 NTU ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับการบำบัดด้วยสารแทนนินอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทางด้านเคมี พบว่า pH ของน้ำทิ้งในทุกกรรมวิธี มีค่า 6.6-6.92 มีค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนบำบัด มีสภาพความเป็นกลาง มีค่า DO อยู่ระหว่าง 2.82-3.30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า BOD อยู่ระหว่าง 1,247-1,785 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD หลังจากบำบัด ที่ดีที่สุด เท่ากับร้อยละการบำบัด 40 และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งแล้ว พบว่า อัตราส่วนระหว่างสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนต่อน้ำทิ้งตัวอย่าง ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วนสารสกัดแทนนินต่อน้ำทิ้ง เท่ากับ 1 ต่อ 100

โครงการที่ 3 เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม

การทดลองที่ 1 เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ

เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ พบว่า กรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนกรรมวิธีที่ 3 วิถีเกษตรกรให้ผลผลิตน้อยที่สุด ส่วนประกอบของผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักผล บ่งบอกถึงขนาดของผล (De Nuce de Lamothe, 1990) โดยน้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อสดมาก น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งก็มากตามไปด้วย เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน กรรมวิธีที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในส่วนของต้นทุนและผลตอบแทน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ต้นทุนการผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 น้อยที่สุด ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยของเกษตรกรเฉลี่ยทั้ง 7 ราย พบว่า ปี 2560 ให้ผลตอบแทนสุทธิตามมากที่สุด รองลงมา คือ ปี 2564 ส่วนปี 2563 ให้ผลตอบแทนสุทธิน้อยที่สุด เนื่องจากราคาผลผลิตต่ำกว่าปีอื่น ๆ

ประกอบกับสถานการณ์โรคระบาดโควิด 19 โรงงานแปรรูปมีความต้องการผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้อยและไม่สามารถส่งออกต่างประเทศได้ นอกจากนั้นปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น รายได้ของเกษตรกรลดลง ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่สถานการณ์ดังกล่าวจะดีขึ้นในปี 2564 จากราคาผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 2 การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว

การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว จากการใช้เทคโนโลยีคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรรมวิธีที่ 1) เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (กรรมวิธีที่ 2) พบว่า ผลผลิตแปลงเกษตรกรทั้ง 10 ราย กรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 (ปี 2560-2564) ด้านคุณภาพ ส่วนประกอบของผล น้ำหนักผลกรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 เช่นเดียวกันกับน้ำหนักเนื้อมะพร้าวสดและแห้ง ส่วนการประเมินการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวทุกเดือน พบการเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าวส่วนใหญ่อยู่ในระดับรุนแรงน้อย (ระดับ $1 < 6$ ทางใบ) และจะพบการเข้าทำลายในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากสภาวะแล้ง อุณหภูมิสูงส่งผลให้มีการเข้าทำลายมากขึ้น ส่วนในฤดูอื่นการเข้าทำลายลดลง ในขณะที่แมลงศัตรูหนอนหัวดำมะพร้าว ไม่พบว่ามี การเข้าทำลายเพิ่ม ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรมีการป้องกันกำจัดโดยวิธีฉีดสารเคมีเข้าลำต้น ร่วมกับการทำความสะอาดแปลงปลูกโดยการตัดหญ้าและไถพรวนในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนั้นเกษตรกรบางรายมีการปลูกพืชร่วม เช่น ไม้ผล มะม่วง ไม้โตเร็ว มะพร้าวทดแทนระหว่างแถว ปอเทือง หล่าลี้งสัตว์ เป็นต้น ซึ่งช่วยรักษาความชุ่มชื้นและสร้างระบบนิเวศในแปลง ส่วนต้นทุนและผลตอบแทน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ต้นทุนการผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 โดยเฉพาะปี 2564 ต้นทุนการผลิตมากที่สุด เนื่องมาจากราคาปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น และผลตอบแทนสุทธิปี 2560 มากที่สุด ซึ่งผลผลิตและราคาผลผลิตสูงกว่าปีอื่น ๆ จากการทดลองเป็นเวลา 5 ปี ในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 ราย สามารถเพิ่มผลผลิตด้านปริมาณและคุณภาพ นอกจากนั้นยังเป็นแปลงต้นแบบเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรและในอนาคตสามารถขยายผลไปสู่แปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวบริเวณใกล้เคียงได้ การจัดการผลิตมะพร้าวให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ นอกเหนือจากการจัดการด้านปุ๋ย การจัดการโรค และแมลงศัตรูแล้ว ควรมีการจัดการด้านแหล่งน้ำร่วมด้วย โดยเฉพาะจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดของประเทศ พื้นที่ปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จากการทดลองปี 2560-2564 พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี ในกรณีที่ฝนทิ้งช่วงและฤดูแล้ง ควรมีการให้น้ำมะพร้าวเพื่อให้มะพร้าวสามารถพัฒนาออกจั่นได้อย่างต่อเนื่อง นั้นหมายถึงผลผลิตมีตลอดทั้งปี ส่งผลให้ผลผลิตมีปริมาณเพียงพอ ลดการนำเข้ามะพร้าวในอนาคต

การทดลองที่ 3 การปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้

ผลผลิตมะพร้าวจากการปลูกพืชแซมมากกว่าการไม่ปลูกพืชแซม โดยการปลูกข้าเหลืองแซมมะพร้าวให้ผลผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น และชะอม ตามลำดับ การปลูกมะพร้าวอย่างเดียวให้ผลผลิตต่ำที่สุด และ yield Gap ของข้าเหลืองมากที่สุดเช่นกัน ส่วนรายได้สุทธิ ปี 2560-2561 มากกว่าปี 2562-2563 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลผลิต และราคา โดยราคาผลผลิตเฉลี่ยปี 2560-2561 เท่ากับ 16.95 และ 8.41 บาท/ผล ในขณะที่ปี 2562-2563 เท่ากับ 7.76 และ 14.36 บาท/ผล รายได้จากการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวมากกว่าการปลูกมะพร้าว

อย่างเดียว ความแตกต่างระหว่างรายได้สุทธิของการปลูกพืชแซมและมะพร้าวอย่างเดียว พบว่า ข้าเหลือมีค่าเฉลี่ย Net Income Gap มากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น ชะอม และเหลียง ตามลำดับ

ผลผลิตเฉลี่ยพืชแซม พบว่า ข้าเหลือให้ผลผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น มันเทศ ชะอม และเหลียงตามลำดับ รายได้สุทธิของพืชแซม พบว่า ข้าเหลือให้รายได้สุทธิมากที่สุด รองลงมา คือ ไพล ขมิ้น ฟักทะลายโจร อัญชัน และมันเทศ ตามลำดับ ส่วนชะอม และเหลียง มีรายได้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในระยะ 4 ปี (2560-2563) เนื่องจากต้นทุนในด้านต้นทุนสูง และชะอมสามารถเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุ 4 เดือน ส่วนเหลียงสามารถเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุ 2-3 ปีหลังจากปลูก และพืชแซมทุกชนิดมีค่า BCR>1 โดยเฉพาะข้าเหลือมีค่า BCR 5 ซึ่งมากที่สุดในบรรดาพืชแซมทั้งหมด รายได้รวมสุทธิเฉลี่ยการปลูกพืชแซมมากกว่ารายได้รวมสุทธิการไม่ปลูกพืชแซม ค่าความแตกต่างระหว่างรายได้รวมสุทธิเฉลี่ย พบว่า ข้าเหลือมากที่สุด รองลงมา คือ ไพล ขมิ้น และฟักทะลายโจรตามลำดับ

ในด้านส่วนประกอบของผล ขนาดของผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวสด เนื้อมะพร้าวแห้ง พบว่า ไม่แตกต่างกันระหว่างการปลูกพืชแซมและไม่ปลูกพืชแซม ดังนั้น สามารถเป็นแนวทางการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมาก เพื่อเพิ่มรายได้ โดยเลือกพืชแซมให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และจากการทดลองนี้แนะนำให้ปลูกข้าเหลือแซมเนื่องจากให้ผลตอบแทนสุทธิมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชแซมชนิดอื่น นอกจากนั้นไพล ขมิ้น ฟักทะลายโจร ยังสามารถเป็นอีกทางเลือกในการแนะนำสู่เกษตรกร

โครงการที่ 4 ศึกษาทดสอบการให้น้ำและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ได้คุณภาพส่งออก

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาการจัดการสวนมะพร้าวน้ำหอมด้วยระบบน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะพร้าวน้ำหอม

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการให้น้ำต่อปริมาณการติดผลของมะพร้าวน้ำหอมที่เริ่มให้ผลผลิต

การศึกษาผลของการให้น้ำต่อปริมาณการติดผลของมะพร้าวน้ำหอมที่เริ่มให้ผลผลิต พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลมะพร้าว ปริมาณน้ำมะพร้าว น้ำหนักเนื้อมะพร้าว ที่อัตราการให้น้ำ 90 และ 60 ลิตร/ต้น/วัน จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่อัตราการให้น้ำ 30 ลิตร/ต้น/วัน และไม่ให้น้ำ-โดยค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลมะพร้าว ที่อัตราการให้น้ำ 60 (T3) และ 90 ลิตร (T4) จะมีค่าเฉลี่ย 1.33 และ 1.34 กิโลกรัม ปริมาณน้ำมะพร้าว ที่อัตราให้น้ำ 60 (T3) และ 90 ลิตร (T4) จะมีปริมาณใกล้เคียงกันที่ 274.94 และ 273.83 กรัม น้ำหนักเนื้อมะพร้าวที่อัตราให้น้ำ 60 (T3) และ 90 ลิตร (T4) จะมีน้ำหนักใกล้เคียงกันที่ 171.45 และ 171.05 กรัม จะเห็นว่า การให้น้ำที่ 60 และ 90 ลิตร ให้ผลไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการให้น้ำ การให้น้ำวันละ 60 ลิตรต่อต้น ในช่วงแล้งจึงเหมาะสมและเพียงพอที่จะผลิตมะพร้าวคุณภาพดี และการให้น้ำในระยะก่อนให้ผลผลิต ที่ไร่ก้านจูล พบว่า การให้น้ำแก่ต้นมะพร้าว เฉลี่ย 75 ลิตร/ต้น/วัน จะส่งผลให้ต้นมีความสมบูรณ์ มะพร้าวตกผลเร็ว ติดผลดก และเก็บผลผลิตได้ เมื่ออายุต้น 3 ปี 7 เดือน-ดังนั้น ถ้าเกษตรกรมีแหล่งน้ำและให้น้ำมะพร้าวอย่างสม่ำเสมอเพียงพอต่อความต้องการในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงที่มีการติดจั่นจะทำให้ผลผลิตที่ดีกว่าการปลูกแบบปกติของเกษตรกร ส่วนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการให้น้ำ ป้อนน้ำแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าจะประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่ต้นทุนในการติดตั้งจะสูงกว่า นอกจากนี้หากในการติดตั้งระบบให้น้ำ หากต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการให้น้ำ ป้อนน้ำ

แบบขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าจะประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาปั้มน้ำจะต่ำกว่าปั้มน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตมะพร้าวน้ำหอมเพื่อส่งออก

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตมะพร้าว น้ำหอมเพื่อส่งออก พบว่า การปลูกมะพร้าว น้ำหอมในพื้นที่นอกเขตความเหมาะสม ถ้าให้ปุ๋ยไปในระบบน้ำ โดยใส่ ปุ๋ย 4 ครั้ง จำนวนดอกตัวเมียต่อต้นดีกว่าไม่ใส่ระบบน้ำ แต่ด้วยสภาวะอากาศร้อน ฝนทิ้งช่วง ทำให้มีการหลุดร่วง และมีผลผลิตเพียง 227 ผล/ต้น/ปี ดังนั้น สำหรับเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ที่มีสภาวะอากาศแห้งแล้งเช่นเดียวกับ ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภोधรมาจังหวัดราชบุรี มีลักษณะพื้นที่ดินเป็นดินที่มีปริมาณน้ำฝนตกน้อย สามารถนำ วิธีการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินทางระบบน้ำ จะช่วยลดต้นทุนค่าจ้างแรงงานได้ ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าและมีผลตอบแทนมากกว่าวิธีอื่น (ต้นทุนการผลิตที่ 15,265.91 บาท/ไร่ เนื่องจากลดต้นทุนค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย ในขณะที่ผลตอบแทนสุทธิมากที่สุด 52,079.32 บาท คำนวณผลผลิตจากค่าเฉลี่ยของจำนวนผลกับจำนวนผลต่อไร่ (227 ต้น/ไร่) พบว่า ผลผลิตต่อไร่ของกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยในระบบน้ำ เท่ากับ 8,418 ผล/ไร่ (37 ต้น/ไร่ x 227 ผล/ต้น) การผลิตมะพร้าวในเขตพื้นที่แห้งแล้ง ขนาดผลจะเล็กและน้ำหนักผลน้อยกว่าเกณฑ์โรงงานรับซื้อจึงควร จำหน่ายเป็นมะพร้าวควั่นหรือเจีย

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มการติดผลอย่างต่อเนื่องและแก้ปัญหามลพิษของมะพร้าว น้ำหอม

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของ NAA ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลในมะพร้าว น้ำหอม

การวิจัยเพื่อเพิ่มอัตราการติดผลและแก้ปัญหามลพิษใน กิจกรรมวิจัยที่ 2 ในโครงการนี้ พบว่า การศึกษา ผลของ NAA (Naphthyl Acetic Acid) ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลในมะพร้าว น้ำหอม นั้น กรรมวิธีที่ไม่ มีการพ่นสาร NAA ร่วมกับระบบน้ำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณการแตกจั่น จำนวนดอกตัวเมีย เปอร์เซ็นต์การติดผล มากที่สุด เท่ากับ 21.6 จั่นต่อต้นต่อปี 379.4 ดอกต่อต้นต่อปี และ 60.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่มีการพ่นสาร NAA ร่วมกับระบบน้ำ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการแตกจั่น จำนวนดอกตัวเมีย เปอร์เซ็นต์ การติดผล มากที่สุด เท่ากับ 18.7 จั่นต่อต้นต่อปี 327 ดอกต่อต้นต่อปี และ 58.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับจากผล การทดลองแสดงให้เห็นว่าการมีระบบน้ำหรือการเพิ่มปริมาณการให้น้ำในแปลงมะพร้าว น้ำหอมเป็นปัจจัยหลักใน การเพิ่มปริมาณการแตกจั่น ปริมาณดอกตัวเมีย เปอร์เซ็นต์การติดผล และการให้สาร NAA (Naphthyl Acetic Acid) ร่วมกับระบบน้ำนั้นสามารถเพิ่มปริมาณการแตกจั่น ปริมาณดอกตัวเมีย และเปอร์เซ็นต์การติดผลในทิศทาง เดียวกัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาทดสอบการใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นร่วมกับการให้น้ำต่อการลดปริมาณผลแตกของมะพร้าว น้ำหอม

จากการทดลองการใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อลดอาการผลแตกของมะพร้าว น้ำหอม พบว่า การใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นทำให้มีจำนวนผลแตกมากกว่าการไม่ใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่น แต่ในทางกลับกัน การใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้จำนวนผลผลิตมะพร้าวเฉลี่ยมากกว่าการไม่ใส่หินบะซอลต์ชนิด โดย

พบว่า การใส่ปุ๋ย 16-16-16 อัตรา 5.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นอัตรา 3 กิโลกรัมต่อตันต่อปี ให้ผลผลิตมะพร้าว น้ำหอมมากที่สุด

โครงการที่ 5 วิจัยเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม

การทดลองที่ 1 เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ

เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรมกะทิ พบว่า กรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนกรรมวิธีที่ 3 วิถีเกษตรกร ให้ผลผลิตน้อยที่สุด ส่วนประกอบของผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักผล บ่งบอกถึงขนาดของผล (De Nuce de Lamothe, 1990) โดยน้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อสดมาก น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งก็มากตามไปด้วย เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน กรรมวิธีที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในส่วนของต้นทุนและผลตอบแทน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ต้นทุนการผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 น้อยที่สุด ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยของเกษตรกรเฉลี่ยทั้ง 7 ราย พบว่า ปี 2560 ให้ผลตอบแทนสุทธิตามมากที่สุด รองลงมา คือ ปี 2564 ส่วนปี 2563 ให้ผลตอบแทนสุทธิน้อยที่สุด เนื่องจากราคาผลผลิตต่ำกว่าปีอื่น ๆ ประกอบกับสถานการณ์โรคระบาดโควิด 19 โรงงานแปรรูปมีความต้องการผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้อยและไม่สามารถส่งออกต่างประเทศได้ นอกจากนั้นปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น รายได้ของเกษตรกรลดลง ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่สถานการณ์ดังกล่าวจะดีขึ้นในปี 2564 จากราคาผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 2 การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว

การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว จากการใช้เทคโนโลยีคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรรมวิธีที่ 1) เปรียบเทียบกับวิถีปฏิบัติของเกษตรกร (กรรมวิธีที่ 2) พบว่า ผลผลิตแปลงเกษตรกรทั้ง 10 ราย กรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 (ปี 2560-2564) ด้านคุณภาพ ส่วนประกอบของผล น้ำหนักผลกรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 เช่นเดียวกันกับน้ำหนักเนื้อมะพร้าวสดและแห้ง ส่วนการประเมินการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวทุกเดือน พบการเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าวส่วนใหญ่อยู่ในระดับรุนแรงน้อย (ระดับ 1 < 6 ทางใบ) และจะพบการเข้าทำลายในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากสภาวะแล้ง อุณหภูมิสูงส่งผลให้มีการเข้าทำลายมากขึ้น ส่วนในฤดูอื่นการเข้าทำลายลดลง ในขณะที่แมลงศัตรูหนอนหัวดำมะพร้าว ไม่พบว่ามี การเข้าทำลายเพิ่ม ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรมีการป้องกันกำจัดโดยวิธีฉีดสารเคมีเข้าลำต้น ร่วมกับการทำความสะอาดแปลงปลูกโดยการตัดหญ้าและไถพรวนในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนั้นเกษตรกรบางรายมีการปลูกพืชร่วม เช่น ไม้ผล มะม่วง ไม้โตเร็ว มะพร้าวทดแทนระหว่างแถว ปอเทือง หลุมเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ซึ่งช่วยรักษาความชุ่มชื้นและสร้างระบบนิเวศในแปลง ส่วนต้นทุนและผลตอบแทน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ต้นทุนการผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 โดยเฉพาะปี 2564 ต้นทุนการผลิตมากที่สุด เนื่องมาจากราคาปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น และผลตอบแทนสุทธิปี 2560 มากที่สุด ซึ่งผลผลิตและราคาผลผลิตสูงกว่าปีอื่น ๆ จากการทดลองเป็นเวลา 5 ปี ในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 ราย สามารถเพิ่มผลผลิตด้านปริมาณและคุณภาพ นอกจากนั้นยังเป็นแปลงต้นแบบเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรและในอนาคตสามารถขยายผลไปสู่แปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวบริเวณใกล้เคียงได้ การจัดการผลิตมะพร้าวให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ นอกเหนือจากการจัดการด้านปุ๋ย การจัดการโรค

และแมลงศัตรูแล้ว ควรมีการจัดการด้านแหล่งน้ำร่วมด้วย โดยเฉพาะจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดของประเทศ พื้นที่ปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จากการทดลองปี 2560-2564 พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี ในกรณีที่ฝนทิ้งช่วงและฤดูแล้ง ควรมีการให้น้ำมะพร้าวเพื่อให้มะพร้าวสามารถพัฒนาออกจั่นได้อย่างต่อเนื่อง นั่นหมายถึงผลผลิตมีตลอดทั้งปี ส่งผลให้ผลผลิตมีปริมาณเพียงพอ ลดการนำเข้ามาในภาค

การทดลองที่ 3 การปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้

ผลผลิตมะพร้าวจากการปลูกพืชแซมมากกว่าการไม่ปลูกพืชแซม โดยการปลูกข้าเหลืองแซมมะพร้าวให้ผลผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น และชะอม ตามลำดับ การปลูกมะพร้าวอย่างเดียวให้ผลผลิตต่ำที่สุด และ yield Gap ของข้าเหลืองมากที่สุดเช่นกัน ส่วนรายได้สุทธิ ปี 2560-2561 มากกว่าปี 2562-2563 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลผลิต และราคา โดยราคาผลผลิตเฉลี่ยปี 2560-2561 เท่ากับ 16.95 และ 8.41 บาท/ผล ในขณะที่ปี 2562-2563 เท่ากับ 7.76 และ 14.36 บาท/ผล รายได้จากการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวมากกว่าการปลูกมะพร้าวอย่างเดียว ความแตกต่างระหว่างรายได้สุทธิของการปลูกพืชแซมและมะพร้าวอย่างเดียว พบว่า ข้าเหลืองมีค่าเฉลี่ย Net Income Gap มากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น ชะอม และเหลียง ตามลำดับ

ผลผลิตเฉลี่ยพืชแซม พบว่า ข้าเหลืองให้ผลผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้น มันเทศ ชะอม และเหลียง ตามลำดับ รายได้สุทธิของพืชแซม พบว่า ข้าเหลือง ให้รายได้สุทธิมากที่สุด รองลงมา คือ ไพล ขมิ้น ฟ้าทะลายโจร อัญชัน และมันเทศ ตามลำดับ ส่วนชะอม และเหลียง มีรายได้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในระยะ 4 ปี (2560-2563) เนื่องจากต้นทุนในด้านต้นทุนสูง และชะอมสามารถเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุ 4 เดือน ส่วนเหลียงสามารถเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุ 2-3 ปีหลังจากปลูก และพืชแซมทุกชนิดมีค่า BCR>1 โดยเฉพาะข้าเหลืองมีค่า BCR 5 ซึ่งมากที่สุดในการปลูกพืชแซมทั้งหมด รายได้รวมสุทธิเฉลี่ยการปลูกพืชแซมมากกว่ารายได้รวมสุทธิการไม่ปลูกพืชแซม ค่าความแตกต่างระหว่างรายได้รวมสุทธิเฉลี่ย พบว่า ข้าเหลืองมากที่สุด รองลงมา คือ ไพล ขมิ้น และฟ้าทะลายโจร ตามลำดับ

ในด้านส่วนประกอบของผล ขนาดของผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวสด เนื้อมะพร้าวแห้ง พบว่า ไม่แตกต่างกันระหว่างการปลูกพืชแซมและไม่ปลูกพืชแซม ดังนั้น สามารถเป็นแนวทางการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้ โดยเลือกพืชแซมให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และจากการทดลองนี้แนะนำให้ปลูกข้าเหลืองแซม เนื่องจากให้ผลตอบแทนสุทธิมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชแซมชนิดอื่น นอกจากนั้นไพล ขมิ้น ฟ้าทะลายโจร ยังสามารถเป็นอีกทางเลือกในการแนะนำสู่เกษตรกร

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 1 วิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าว

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรม จากการสำรวจ และรวบรวมพันธุ์จากแหล่งปลูกต่าง ๆ ที่สำคัญ รวบรวมสายพันธุ์มะพร้าวได้ทั้งหมด 17 สายพันธุ์ 744 สายต้น ได้แก่ พันธุ์สายบัว ตีนนก หัวลิง ก้นจึก เท็ง บ้อง เปลือกหวาน ทนทาน ขอสมุทรสงคราม ปากจกพระทอง ไทยพะงัน ไทยกะโหลก ทุ่งเค็ด ไทยท่าศาลา

มะพร้าว คามอรูนสีแดงต้นเตี้ย และนิวกินีสีน้ำตาลต้นเตี้ย และได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นจากการคัดเลือกและประเมินพันธุ์เบื้องต้น จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สายบัว ต้นดก หัวลิง ก้นจุก และทุ่งเคล็ด เป็นสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตค่อนข้างดี อายุการให้ผลผลิตค่อนข้างเร็วเฉลี่ย 26-30 เดือน และให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,072, 892, 854, 953 และ 1,334 ผล/ไร่/ปี น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 125, 111, 199, 194 และ 119 กรัม/ผล ขนาดของผลมะพร้าวมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 869, 944, 1,338, 1,225 และ 832 กรัม/ผล น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 47, 49, 42, 53 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวลูกผสม การเจริญเติบโตของมะพร้าวลูกผสม 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย × เรนเนลล์ต้นสูง มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย × ไทยกะโหลก มลายูสีแดงต้นเตี้ย × ไทยกะโหลก และ มลายูสีแดงต้นเตี้ย × เรนเนลล์ต้นสูง มีการเจริญเติบโตดี มีการเข้าทำลายโรคและแมลงในระดับความรุนแรงน้อย และปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีในช่วงแล้งของฤดูกาล

การเปรียบเทียบพันธุ์มะพร้าวสวีลูกผสม 1 เพื่อผลิตน้ำตาลมะพร้าว พบว่า มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโต ขนาดและความยาวจั่นสูงที่สุด ปริมาณผลผลิตปริมาณน้ำตาลต่อต้น พบว่า มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 มีปริมาณผลผลิตรวมน้ำตาลสูงที่สุด (14 เดือน) 443.1 ลิตร/ต้น รองลงมา คือ พันธุ์สายบัว 226.18 ลิตร/ต้น พันธุ์ค่อม 255.99 ลิตร/ต้น และพันธุ์น้ำหอม มีปริมาณผลผลิตรวมน้ำตาลต่ำที่สุด 205.01 ลิตร/ต้น

การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิน้ำหอม พบว่า มะพร้าวลูกผสมน้ำหอมในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร) และภาคใต้ตอนล่าง (ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง) มีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่ต่างกัน และสามารถคัดเลือกต้นพ่อแม่พันธุ์มะพร้าวกะทิน้ำหอมที่มีลักษณะดีตามหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก ให้ผลผลิตสูง และมียืนบ่งบอกความเป็นลูกผสมมะพร้าวกะทิ (C/T) และมียืนหอมแท้ (C/C) จำนวน 10 ต้น เพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวกะทิน้ำหอมต่อไป

การเปรียบเทียบความหลากหลายในพันธุ์มะพร้าวกะทิ การเพาะเลี้ยงคัพพะ มะพร้าวกะทิลูกผสม 5 พันธุ์ พบว่า มะพร้าวพันธุ์ F1 NHK มีอัตราการรอดของต้นกล้าในสภาพปลอดเชื้อสูงที่สุดเฉลี่ย 86 % การเจริญเติบโตของมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ในแปลงปลูก พบว่า พันธุ์เวสท์ฟริกันต้นสูงกะทิพันธุ์แท้ มีการเจริญเติบโตและจำนวนผลผลิตสูงที่สุด ด้านองค์ประกอบผลผลิตของมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ พบว่า สายพันธุ์ TKK มีน้ำหนักผลปอกเปลือกและน้ำหนักเนื้อสูงที่สุด สำหรับคุณภาพมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ พบว่า สายพันธุ์ WAK มีลักษณะเนื้อฟูเต็มกะลา น้ำขุ่นเหนียวสูงที่สุด มะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ จากการเพาะเลี้ยงคัพพะ มียืนบ่งบอกความเป็นมะพร้าวกะทิพันธุ์แท้ (G/G) ทุกต้น

การศึกษาเปรียบเทียบมะพร้าวกะทิน้ำหอมโดยการเพาะเลี้ยงคัพพะ พบว่า การให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรทอัตรา 5 กรัม/กิโลกรัมวัสดุปลูก ส่งผลให้ต้นกล้าจากการเลี้ยงคัพพะในโรงเรือนมีอัตราการรอด และการเจริญเติบโตสูงที่สุด ด้านองค์ประกอบผลผลิตของมะพร้าวน้ำหอมกะทิพันธุ์แท้ พบว่า มีจำนวนผลผลิต 7 ผล/ทะลาย มีน้ำหนักผลทั้งเปลือกเฉลี่ย 2,226 กรัม น้ำหนักผลปอกเปลือกเฉลี่ย 1,275 กรัม น้ำหนักเปลือกเฉลี่ย 951 กรัม น้ำหนักเนื้อเฉลี่ย 678 กรัม น้ำหนักน้ำเฉลี่ย 314 กรัม น้ำหนักกะลาเฉลี่ย 283 กรัม ความหนาเนื้อเฉลี่ย 24.52 มม. ความหนากะลาเฉลี่ย 3.96 มม. ความหวานของน้ำเฉลี่ย 5.3% Brix และลักษณะเนื้อ พบว่า มีฟูปานกลางน้ำ

ชั้น สูงที่สุด คือ 37% รองลงมา คือ เนื้อนิ่มไม่ฟูน้ำใส 35% และ มีเนื้อฟูเต็มกะลำน้าชั้นเหนียว มีต่ำที่สุด คือ 28% การทดสอบอัตราการรอดของต้นกล้าในสภาพปลอดเชื้อในห้องปฏิบัติการ พบว่า อัตราการรอดจากคัพภะมะพร้าว พันธุ์น้ำหอมกะทิ (F1 NHK) มีเปอร์เซ็นต์การรอดของต้นกล้าสูงกว่าคัพภะมะพร้าวสายพันธุ์น้ำหอมกะทิพันธุ์แท้ (NHK 100%)

การคัดเลือกพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิให้เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่า กลุ่มประชากรพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมแห้งแล้งได้ดี โดยมีอัตราการรอดตายมากที่สุดถึง 59 ต้น (82%) จากจำนวนต้นทั้งหมด มีอายุการออกจั่นแรกเฉลี่ย 60 เดือน มีการพัฒนาของจั่นมากที่สุด โดยมีจำนวนจั่นบานเฉลี่ย 7 จั่น/ต้น/ปี (385 จั่น) และการคัดเลือกความเป็นกะทิ พบว่า กลุ่มประชากรมะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK มีความเป็นลูกผสมกะทิ (heterozygous) 88% และไม่เป็นกะทิ (homozygous) 12% จากจำนวนประชากรทั้งหมด ถึงแม้ว่ากลุ่มประชากรพันธุ์มะพร้าวลูกผสมกะทิ TKK เป็นพันธุ์ที่เหมาะสม แต่จากข้อมูลการทดสอบพันธุ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการคัดเลือกพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรในด้านการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สาเหตุจากปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาการของจั่น (ตาดอก) ดังนั้น ต้องมีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้งเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และการพัฒนาของจั่นมะพร้าวที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวลูกผสม

ประเมินศักยภาพการผลิตมะพร้าวกะทิน้ำหอมในเขตภาคใต้ตอนล่าง พบว่า แปลงปลูกในพื้นที่จังหวัดตรัง มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมา คือ แปลงปลูกจังหวัดปัตตานี และแปลงปลูกจังหวัดนราธิวาส ในด้านผลผลิตมะพร้าวกะทิน้ำหอม พบว่า แปลงปลูกมะพร้าวกะทิน้ำหอมที่จังหวัดตรังมีผลผลิตมากที่สุด จำนวน 4,125 ผล เป็นมะพร้าวกะทิ 513 ผล คิดเป็นร้อยละ 12.43 ของผลผลิตทั้งหมด รองลงมา คือ แปลงปลูกมะพร้าวกะทิน้ำหอมที่จังหวัดปัตตานีมีผลผลิต 2,984 ผล เป็นมะพร้าวกะทิ 402 ผล คิดเป็นร้อยละ 13.47 ของผลผลิตทั้งหมด และแปลงมะพร้าวกะทิน้ำหอมที่จังหวัดนราธิวาสมีผลผลิตต่ำที่สุด มีผลผลิตทั้งหมด จำนวน 724 ผล เป็นมะพร้าวกะทิ 140 ผล คิดเป็นร้อยละ 19.33 ของผลผลิตทั้งหมด

การเพิ่มศักยภาพในการจัดการการผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม พบว่า อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่า 35%) ทุกช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา การผสมเกสรในช่วงเวลา 9.00 – 11.00 น. มีเปอร์เซ็นต์การผสมติด และเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด จากผลการทดลองนี้ สามารถใช้เป็นคำแนะนำแนวทางในการปฏิบัติ ในการปรับเวลาการทำงานของพนักงานผสมเกสร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 2 ต่อไป และเนื่องจากการทดลองนี้ดำเนินการเพียง 1 ปี หากได้ทำการทดลองต่ออีก 1 ปี ในสภาพอากาศที่ต่างกันจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้น

การขยายพันธุ์ โดยการนำชิ้นส่วนเอ็มบริโอ (Immature embryos) และชิ้นส่วนช่อดอกอ่อน (Immature inflorescence) เพื่อชักนำให้เกิดไซโกตเอ็มบริโอ พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ การใช้อาหารเหลวสูตร Eeuwens (Y3) ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) และ Indole-3-acetic acid (IAA) ไม่สามารถชักนำและพัฒนาเป็นแคลลัสได้ จึงควรปรับปรุงสูตรอาหารและวิธีการเพื่อให้เหมาะสมต่อไป

โครงการที่ 2 วิจัยปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวน้ำหอม

การผสมพันธุ์มะพร้าวน้ำหอมจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ผลิตต้นกล้ามะพร้าวน้ำหอมที่มีลักษณะสมบูรณ์ ตรงตามพันธุ์ สำหรับนำไปปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง จำนวน 30 ไร่ ได้ข้อมูลการเจริญเติบโตของมะพร้าวที่อายุ 24, 27, 33, 36 และ 40 เดือน และปลูกที่ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรนครพนม 20 ไร่ ได้ข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 12 เดือน เนื่องจากได้ขอยกเลิกงานทดลองเมื่อปี 2563 โดยจากการดำเนินการทดลองที่ผ่านมาสามารถสรุปแนวทางและข้อเสนอแนะ คือ การปลูกมะพร้าวในพื้นที่ราบควรมีแหล่งน้ำสำรอง กรณีฝนทิ้งช่วงหรือสภาพอากาศแห้งแล้ง ควรมีการให้น้ำหรือการรักษาความชื้นในดินโดยการคลุมโคน หรือในระยะแรกของการปลูกในสภาพพื้นที่ปริมาณฝนน้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร/ปี ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และลมแรง ควรทำร่มเงาหรือปลูกไม้บังร่ม หรือปลูกไม้บังลมร่วมด้วย ช่วยให้มะพร้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดี

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ในด้านวิชาการ การอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกร/เจ้าหน้าที่ และการจัดทำเอกสารวิชาการเรื่อง “การจัดการองค์ความรู้เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวน้ำหอม” และการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อออนไลน์เว็บไซต์ของหน่วยงานในรูปแบบไฟล์ดาวน์โหลดเมื่อปี 2563 นอกจากนั้นยังคงมีการดำเนินงานวิจัยต่อเนื่องสำหรับแปลงปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง ปี 2565-2567 โครงการวิจัยย่อย การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวผลอ่อนเพื่อสร้างมูลค่า (ระยะที่ 1) เพื่อใช้เป็นแปลงแม่พันธุ์สำหรับผลิตพันธุ์ดี และกระจายพันธุ์ดีไปสู่เกษตรกร ภาคเอกชน ผู้สนใจ ในการผลิตมะพร้าวน้ำหอมให้เพียงพอในอนาคต และเป็นแปลงต้นแบบเรียนรู้สำหรับการศึกษาดูงานต่อไป

โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องสำอางจากของเหลวในมะพร้าวกะทิ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกชนิดของน้ำมะพร้าวกะทิเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จากน้ำมะพร้าว 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดใสปกติ ชนิดขุ่น และชนิดข้นหนืด พบว่า น้ำมะพร้าวที่มีลักษณะข้นหนืดไม่เหมาะสมจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากมีน้ำตาลและความหวานมากกว่าน้ำมะพร้าวปกติ เอื้อให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า จึงได้เลือกน้ำมะพร้าวชนิดขุ่น ซึ่งพบจะหาได้มากกว่าชนิดข้นหนืดไปทดลองทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยเลือกชนิดที่การเตรียมไม่ยุ่งยากซับซ้อน ระดับที่กลุ่มเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนนำไปผลิตได้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมจากมะพร้าวกะทิ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด พบว่า สัดส่วนของน้ำมะพร้าวจากมะพร้าวกะทิที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของสูตรต้นตำรับ สูตรแชมพู สูตรสบู่เหลว สูตรโลชั่น และ สูตรเจลล้างหน้า คือ ร้อยละ 20 โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางเคมีและกายภาพ ยังมีความคงตัว ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ จะมีอายุการใช้งานนาน 2 ปี ยืนยันโดยผลการทดสอบ challenge test แต่ยังไม่มีการนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบด้านการปกป้องหรือแก้ปัญหาดผื่นหรือสิวอักเสบ เนื่องจากการวิจัยด้านคลินิกวิทยาต้องใช้งบวิจัยค่อนข้างสูงและต้องผ่านคณะกรรมการจริยธรรมในการทดลองในมนุษย์

การศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน พบว่า ปริมาณแทนนินจากการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน ขนาด 1-2 เซนติเมตร และผ่านการอบด้วยเตาอบให้ความชื้นน้อยกว่า 6% จะมี

ปริมาณสารแทนนินเฉลี่ยในเปลือกส่วนนอกของมะพร้าวอ่อน (green husk or exocarp) มีค่าอยู่ในช่วง 84.9 ถึง 209.0 มก./กก.และเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อน (white soft husk or mesocarp) มีค่าอยู่ในช่วง 40.9 ถึง 104.0 มก./กก.โดยการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 สามารถสกัดปริมาณสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนให้ปริมาณแทนนินเฉลี่ยในปริมาณ 207.6 กรัม/ กก. ในเปลือกส่วนนอก และ 104.0 กรัม/กก. ในเปลือกส่วนในของมะพร้าวอ่อน

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูมะพร้าวและผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยนำสารสกัดที่ปริมาณสารออกฤทธิ์เท่ากับ 248.89 กรัมต่อ กก.เปลือกมะพร้าว ในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% พบว่า หนอนหัวดำมะพร้าว และหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว ยังคงเป็นตัวเต็มวัยได้เป็นปกติ ดังนั้นต้องปรับเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ให้สูงขึ้น หากต้องการใช้กำจัดแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 2 ชนิดนี้ สำหรับการทดสอบ สารสกัดแทนนินกับแตนเบียนโกลิโอสและแตนเบียนอะซีโคเดส พบว่าไม่มีผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติทั้ง 2 ชนิดนี้

การศึกษาประสิทธิภาพของสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกมะพร้าวในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมะพร้าว พบว่า สีของน้ำใสขึ้น และมีกลิ่นที่ลดลง น้ำทิ้งตัวอย่างมีการตกตะกอน มีค่าความขุ่น อยู่ระหว่าง 215-269 NTU ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับการบำบัดด้วยสารแทนนินอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทางด้านเคมี พบว่า pH ของน้ำทิ้งในทุกกรรมวิธี มีค่า 6.6-6.92 มีค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนบำบัด มีสภาพความเป็นกลาง มีค่า DO อยู่ระหว่าง 2.82-3.30 มก./ลิตร มีค่า BOD อยู่ระหว่าง 1,247-1,785 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD หลังจากบำบัด ที่ดีที่สุด เท่ากับร้อยละการบำบัด 40 และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งแล้ว พบว่า อัตราส่วนระหว่างสารสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนต่อน้ำทิ้งตัวอย่าง ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วนสารสกัดแทนนินต่อน้ำทิ้ง เท่ากับ 1 ต่อ 100

โครงการที่ 4 ศึกษาทดสอบการให้น้ำและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ได้คุณภาพส่งออก เป็นการนำเทคโนโลยีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร การให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทดสอบในแปลงเกษตรกร เปรียบเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ และเป็นแปลงต้นแบบโดยสามารถขยายผลเทคโนโลยีไปสู่เจ้าหน้าที่ภาครัฐ เอกชนหรือเกษตรกรรายอื่น ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอในอนาคต โดยพบว่า การให้ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ผลผลิตมะพร้าวและผลตอบแทนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนั้นการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรที่ร่วมโครงการทั้ง 7 ราย ในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และชุมพร และจากการทดลอง การเพิ่มผลผลิตมะพร้าวในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว เกษตรกรจำนวน 10 ราย ในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการใช้เทคโนโลยีและคำแนะนำของกรมฯ เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกรและการให้คำแนะนำการปลูกทดแทนด้วยมะพร้าวพันธุ์ดี หลังจากดำเนินการไปได้เป็นเวลา 2 ปี (ปี 2561) มีเกษตรกรบางรายปลูกมะพร้าวทดแทนในสวนเดิม นอกจากการให้คำแนะนำแล้วยังมีการจัดอบรมเกษตรกรร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรเรื่อง เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวคุณภาพในพื้นที่ จ. ประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560 เพื่อให้เกษตรกรเข้าใจในขั้นตอนวิธีการผลิตมะพร้าวได้

อย่างถูกต้องรวมทั้งการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ทำพันธุ์ในการปลูกทดแทนสวนเดิมที่มะพร้าวมีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวนอกเหนือจากการจัดการสวนตามคำแนะนำของกรมฯ ส่วนการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าว พบว่า พืชแซมข้าเหลียง+มะพร้าว ให้ผลผลิตและผลตอบแทนสูงที่สุด สามารถแนะนำแนวทางการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวอายุมากเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ นอกจากนั้นได้จัดทำโปสเตอร์ เรื่อง Coconut Intercropping and Livestock Raising for Income generation and food security เผยแพร่ในการจัดประชุมมะพร้าวนานาชาติครั้งที่ 48th APCC COCOTECH Conference & Exhibition เรื่อง Sustainable Coconut Development through Climate Smart Agriculture, Product Innovation ระหว่างวันที่ 20-24 สิงหาคม 2562 โรงแรมเบอเคอลี ประตูน้ำ กรุงเทพฯ จากการดำเนินการของโครงการ สามารถเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรโดยการเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ มะพร้าวมีขนาดผลใหญ่ มากกว่าขนาดผลกลางและเล็ก ส่งผลให้เกษตรกรขายได้ราคาเพิ่มขึ้นก่อให้เกิดความยั่งยืนในการประกอบอาชีพ นอกจากนั้นในอนาคตเป็นการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอกับความต้องการลดการนำเข้ามะพร้าวจากต่างประเทศได้ระดับหนึ่ง

โครงการที่ 4 วิจัยเทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวที่ดีและเหมาะสม

การศึกษาผลของการให้น้ำต่อปริมาณการติดผลของมะพร้าวน้ำหอมที่เริ่มให้ผลผลิต โดยเปรียบเทียบการให้น้ำ 4 กรรมวิธี พบว่า ขนาดของผลมะพร้าว จำนวนผลต่อทะลาย ความหวานของน้ำมะพร้าว และความหนาของเนื้อมะพร้าว ของแต่ละกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลมะพร้าว และปริมาณน้ำมะพร้าวของกรรมวิธีที่อัตราการให้น้ำ 90 และ 60 ลิตร จะมีน้ำหนักและปริมาณน้ำสูงกว่าที่อัตราการให้น้ำ 30 และไม่ให้ น้ำ มะพร้าว ดังนั้นควรให้น้ำมะพร้าวน้ำหอม อย่างน้อย 60 ลิตรต่อต้นต่อวัน ในช่วงแล้ง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตมะพร้าวน้ำหอมเพื่อส่งออก เพื่อเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยแก่มะพร้าวน้ำหอมที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดราชบุรีนั้น การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินไปในระบบน้ำใช้แม่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ปริมาณ 1.51 กก./ต้น/ปี สูตร 18-46-0 ปริมาณ 1.13 กก./ต้น/ปี และสูตร 0-0-60 ปริมาณ 1.40 กก./ต้น/ปี ให้จำนวนผลผลิตสูงสุด 227 ผล/ต้น/ปี หรือ 8,418 ผล/ไร่/ปี ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 15,265.91 บาท/ไร่/ปี มีผลตอบแทนมากที่สุด 52,079.32 บาท/ไร่/ปี จึงควรใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและติดตั้งระบบน้ำเพื่อให้น้ำในช่วงแล้งและฝนทิ้งช่วงนาน

การศึกษาผลของ NAA (Naphthyl Acetic Acid) ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลในมะพร้าวน้ำหอม ได้ศึกษาการใช้สาร NAA ในช่วงการเจริญเติบโตทาง reproductive ร่วมกับการจัดการระบบน้ำในแปลงปลูกมะพร้าว พบว่า การให้น้ำ ไม่ว่าจะมีการหรือไม่มีการพ่นสาร NAA ทำให้การออกจั่น จั่นบาน และ จำนวนดอกตัวเมีย และ เปอร์เซ็นต์การติดผล มากกว่าไม่มีการพ่นน้ำ โดยกรรมวิธีที่มีการพ่นสาร NAA ร่วมกับระบบน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.7 จั่นต่อต้นต่อปี 327 ดอกต่อต้นต่อปี และ 58.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น การให้น้ำจึงมีผลต่อการออกจั่นและการเพิ่มจำนวนดอกตัวเมียและโอกาสในการผสมติด ส่วนการฉีดพ่น NAA ยังไม่เห็นผลที่แตกต่างในต้นมะพร้าวที่เริ่มให้ผลผลิต (5-6 ปี) ควรศึกษาในต้นมะพร้าวที่อายุมากกว่า 8 ปี ซึ่งให้ผลผลิตคงที่แล้ว

การศึกษาทดสอบการใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นร่วมกับการให้น้ำต่อการลดปริมาณผลแตกของมะพร้าว น้ำหอม ในแปลงมะพร้าวน้ำหอมของเกษตรกรที่ปลูกในระบบร่องสวน ในอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร พบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ย 16-16-16 และใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่น 3 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ทำให้ผลผลิตรวมและจำนวน ผลดีเฉลี่ยสูงสุด คือ 196 และ 149 ผล ตามลำดับ แต่ยังพบผลแตกมากในเดือนตุลาคม ถึง กุมภาพันธ์ เมื่อ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในใบมะพร้าว พบว่า การใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมมากกว่าการไม่ใส่ ดังนั้นการใส่หินบะซอลต์ชนิดฝุ่นจึงช่วยเพิ่มแคลเซียม แต่ยังไม่เห็นผลในการ แก้ปัญหาผลแตก ซึ่งอาจต้องทดลองซ้ำในพื้นที่อื่นหรือติดตามผลไปอีกระยะหนึ่ง และควรศึกษาการปรับสภาวะ อากาศในแปลงปลูกร่วมด้วย เนื่องจากปัญหาผลแตกมักเกิดในช่วงฤดูหนาว หรือช่วงปลายปี และควรศึกษา เปรียบเทียบการใช้หินฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีในชุดดินที่แตกต่างกันด้วย

กรมวิชาการเกษตร

แผนงานวิจัยย่อยที่ 4

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

Research and Development of Agricultural Machinery for Industrial Horticulture (Coffee and Tea)

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

สนอง อมฤกษ์	ปรีชา อนันต์รัตนกุล	พงษ์รวิ นามวงศ์
Sanong Amaroek	Preecha Anantatanakul	Pongrawee Namwong
สรวิทย์ ปานทน	เกรียงศักดิ์ นักผูก	มานพ รักญาติ
Sarawuth Parthon	Kiangsak Nukpook	Manop Rakyart
จิรวาสต์ เจียตระกูล	อนุชิต ฉ่ำสิงห์	ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์
Jirawat Chiatrakul	Anuchit Chamsing	Parinyawat Yoothongin
สรวิศ จันทร์เจนจบ	นิติ ผูกจิต	เวียง อากรชี
Sorawit Junjenjob	Niti Pookjit	Weang Arekornchee
ชนิษฐ์ หวานณรงค์	โกเมศ สัตยาวัธ	ฉัตรนภา ช่มอาวุธ
Khanit Wannaronk	Komate Satayawut	Chatnapa Komarvut
อาธร พรบุญ	สุภาพร ชุมพงษ์	อุทัย ธาณี
Arton Ponboon	Supaporn Chumpong	Uthai Thanee
สถิตย์พงศ์ รัตนคำ	อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์	อนันต์ ปัญญาเพิ่ม
Satitpong Rattanakam	Apiwat Panyawong	Anun Punyaperm
สมพล นิลเวศน์		
Sompol Nillavesana		

คำสำคัญ : ผลสุกกาแฟอะราบิกา, เครื่องล้างผลกาแฟอะราบิกา

Keywords : Arabica Coffee Cherry, Arabica Coffee Washer

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

แผนงานวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรมเกษตรกร(กาแฟและชา)มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปและชาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกรประกอบด้วย 4 โครงการ ได้แก่ 1).วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร เพื่อใช้ทดแทนแรงงานในขั้นตอนการแยกผลกาแฟอะราบิกาด้อยคุณภาพโดยวิธีลายนํ้า ต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนชุดตะแกรงโยกทำ

ความสะอาด ใช้ทำความสะอาดผลกาแฟเบื้องต้นโดยใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูลายขนาด 8x20 มิลลิเมตร และเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงตะแกรงรูลายขนาด 22 มิลลิเมตร มีอัตราการทำงานเฉลี่ย 2.064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และส่วนที่สองคือ ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถี่จำเพาะด้วยการลอยน้ำ ประกอบด้วยถังน้ำขนาดความจุ 0.9 ลูกบาศก์เมตร รางลอยน้ำ และปั้มน้ำขนาด 350 ลิตรต่อชั่วโมง โดยผลกาแฟไหลไปตามรางน้ำกว้าง 20 เซนติเมตรผลกาแฟด้อยคุณภาพจะลอยอยู่ผิวน้ำและไหลออกไปทางท้ายราง ผลกาแฟจมน้ำจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูได้นำไปออกทางรางผลกาแฟขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าความสูงของแผ่นกั้นน้ำที่ 7 เซนติเมตรและระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด สามารถคัดแยกผลเสียลอยน้ำได้ 96.60 เปอร์เซ็นต์ มีความสูญเสีย 1.93 เปอร์เซ็นต์ 2).

วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิก้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกะยาแบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า 3) **วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสูญญากาศ.**

ประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกวางแนวนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม ชุดให้ความร้อน และตู้คอนโทรลที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบ สามารถตั้งค่าอุณหภูมิการอบได้ได้ตามที่ต้องการ และควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและกลับเมล็ดกาแฟให้ได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ จากการทดสอบอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตา ผลเชอรั้ พบว่า เมื่อความชื้นลดลงจะมีการยุบตัวของเมล็ดกาแฟ ทำให้เมล็ดกาแฟยุบจนมีระดับต่ำกว่าท่อลมออกที่วางตัวในแนวแกนกลางถังอบ ต้องนำเมล็ดกาแฟชุดแรกออกมาพักตัว แล้วทำการอบเมล็ดกาแฟชุดที่ 2 ต่อไป โดยสามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66%wb ให้เหลือประมาณ 36.57%wb ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง 4) **วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ** มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกกรีด และ 4.ชุดต้นกำลังกับระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบและพัฒนาหาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกกรีดทำให้ลูกกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที สามารถใช้ขึ้นรูปชาครั้งละ 2 กก ความชื้นของชาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 27.89-30.35% ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย

11.82% มีลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำเป็นเส้นเล็กๆอมสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย สีน้ำชาเขียวอมเหลือง มีรสฝาดชุ่มคอตามด้วยรสหวานอ่อนๆ และคิดเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873 กก ต้องใช้ระยะเวลาการคืนทุน 2.91 ปี

บทนำ (Introduction)

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ หลักๆ คือ กาแฟพันธุ์อาราบิก้า ปลูกทางภาคเหนือ และกาแฟพันธุ์โรบัสต้า ปลูกทางภาคใต้ ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูปและกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว(เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร, 2547)ปัจจุบันประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตันต่อปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งนำเข้าจากต่างประเทศปี 2560 มูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

การผลิตสารกาแฟสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีแห้ง(Dry Method or Natural Method) เป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน โดยการนำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดประมาณ 15-20 วัน จนกาแฟแห้ง หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด (huller) ก็จะได้สารกาแฟที่ต้องการ วิธีนี้มีข้อเสียคืออาจเกิดกลิ่นจากการหมักที่เกิดจากเมือกหุ้มรอบกะลา (mucilage) ได้เปลือกกาแฟซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ทำให้รสชาติและกลิ่นของสารกาแฟที่ได้ผิดไปจากปกติ สารกาแฟที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำและผลกาแฟตากแห้งไม่สามารถเก็บไว้ได้นานต้องรีบกะเทาะเปลือกทันทีก่อนที่จะเกิดจากการหมัก วิธีดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดน้ำ ปริมาณกาแฟมากและผู้ผลิตขาดความรู้ความชำนาญในการทำสารกาแฟโดยวิธีเปียก

2. วิธีเปียก(Wet Method or Parchment Method) เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอาราบิก้า เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีแห้งแต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนมากกว่า และต้องมียาน้ำในการทำความสะดวกอย่างพอเพียง เริ่มจากการเก็บกาแฟอาราบิก้าที่สุกแดง หลังเก็บเกี่ยวเกษตรกรทำการคัดเลือกผลกาแฟโดยนำผลกาแฟมาลอยน้ำในบ่อ ตักแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออกไป ผลกาแฟที่ลอยน้ำส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลที่ถูกมอดเจาะผลเมล็ดกาแฟเข้าทำลาย ผลฝ่อ และผลแห้งซึ่งเกิดจากเก็บเกี่ยวล่าช้า เป็นต้น และนำผลกาแฟสุกที่จมน้ำไปทำการลอกเปลือก ในกระบวนการลอยแยกผลกาแฟนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานมาก ปัจจุบันยังไม่มีเครื่องจักรที่เหมาะสมในระดับเกษตรกร ในต่างประเทศมีการผลิตและใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลเชอรี่ แต่ข้อมูลที่เผยแพร่เป็นไปในเชิงการค้าไม่มีการลงรายละเอียดถึงเทคโนโลยีในการออกแบบสร้างการนำเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟเชอรี่ เพื่อมาใช้ในการผลิตจะช่วยปรับปรุงและทำให้กาแฟมีคุณภาพดีขึ้น



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการล้างและลอยแยกผลกาแฟสุกวิธีเกษตรกร

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลาเกษตรกรยังไม่มีโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ยังต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน และใช้พื้นที่ในการตากมากสำหรับลานตากกะลาแพะของเกษตรกรโดยทั่วไปจะมีการใช้ลานตากกาแฟอยู่ 3 ประเภทได้แก่ลานดินลานปูนและลานไม้ไผ่สำหรับคุณสมบัติของลานตากกาแฟแต่ละประเภทก็จะมีผลต่อคุณภาพของกาแฟสารที่แตกต่างกันออกไป

และจากการลงพื้นที่ที่จังหวัดชุมพรเพื่อสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟโรบัสตา พบว่าในขั้นตอนการทำแห้งจะใช้การตากแห้ง และมีการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ภาพที่ 1) ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมธุรกิจพลังงานทดแทนมาใช้ในการตากแห้งกาแฟ แต่ในช่วงที่ผลผลิตกาแฟออกพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ทันเพราะการตากแห้งด้วยโรงตากก็ต้องใช้เวลาหลายวัน อีกทั้งภาคใต้ช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นช่วงฤดูฝน หากในช่วงที่ตากแห้งกาแฟมีฝนตกโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ อาจทำให้ผลผลิตกาแฟในช่วงนั้นเสียหายไม่สามารถจำหน่ายได้ หรือแม้จำหน่ายได้แต่ก็ส่งผลกับราคาจำหน่ายที่ลดลงตามคุณภาพกาแฟ



ก) โรงตากแห้ง



ข) การตากกาแฟในโรง

ภาพที่ 2 โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในส่วนของชา ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 120,000 ไร่ จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทยสามารถผลิตชาได้ 80-90 % ของผลผลิตชาทั้งหมดภายในประเทศ มีการส่งออกมากที่สุดไปประเทศไต้หวัน 607,404 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 27 ล้านบาท และการส่งออกชาไทยคิดเป็น 0.002 % ของมูลค่าการส่งออกของชาโลก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีการนำเข้า

ผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กิโลกรัม ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้

ดังนั้น การวิจัยพัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบหรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และการวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบให้มีราคาถูกลง สามารถผลิตเครื่องมือแปรรูปในประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถซื้อเครื่องมือแปรรูปไปดำเนินการแปรรูปเองได้ นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำนั้นเป็นกระบวนการผลิตที่นิยมกันในประเทศญี่ปุ่น กระบวนการผลิตนี้ มีการผลิตในประเทศไทยน้อยมาก เนื่องจากขาดเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือต้นแบบจากงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรแล้วคือ เครื่องอบไอน้ำชาเขียว เครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน และเครื่องอบแห้งชาเขียว (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) ยังขาดเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ การวิจัยนี้จึงจะดำเนินการ วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

กาแฟ การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนวิธีการลดความชื้นกาแฟจึงมีความจำเป็นมากเพื่อช่วยแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพ ลดระยะเวลาในการตากแห้ง สำหรับประเทศไทยการนำเทคโนโลยีด้านเครื่องอบลดความชื้นกาแฟมาใช้ยังมีน้อยมากทั้งนี้อาจเป็นเรื่องของการลงทุนที่สูงหรือขาดความรู้และการยอมรับของผู้ประกอบการชาวสวนกาแฟเอง เครื่องอบลดความชื้นกาแฟแบบโรตารีเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมากในประเทศ ผู้ผลิตกาแฟชั้นนำเช่น บราซิล แต่มูลค่าการนำเข้าค่อนข้างสูงและยังไม่มีผลิตภายในประเทศ ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอบลดความชื้นกาแฟอยู่พอสมควร แต่ก็ยังมีจุดบกพร่องหลายส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เช่น เรื่องของประสิทธิภาพการใช้ความร้อนอบแห้งต่ำ เนื่องจากการยุบตัวลงอย่างมากของกาแฟเมื่อถูกลดความชื้น การกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอในการอบแห้งเกิดปัญหาความชื้นแตกต่างกันมากทำให้จัดการเก็บรักษายาก ปัญหาการใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ไม่เหมาะสมต่อการอบเมล็ดกาแฟในช่วงที่ความชื้นลดลง ทำให้อุณหภูมิเมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้นจนทำให้คุณภาพของสารกาแฟลดลง เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมาการศึกษาและพัฒนาเครื่องอบลด

ความขึ้นกาแพจึงเป็นเรื่องจำเป็นมาก ผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการวิจัยเกี่ยวกับการลดความขึ้นกาแพที่มีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้จริงและราคาไม่แพงมากนัก และการนำระบบสุญญากาศมาใช้เพื่อช่วยให้การลดความขึ้นกาแพช่วงที่ใกล้ต่อการเก็บรักษานั้น (ความขึ้นในการเก็บรักษาประมาณ 12 % มาตรฐานเปียก) ต้องการรักษาคุณภาพกลิ่น และรสชาติ เป็นสำคัญ

กาแพไทยได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ต้นทุนการผลิตของไทยอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้แข่งขันกับประเทศคู่แข่งไม่ได้ในเรื่องของราคาสารกาแพหรือเมล็ดกาแพ เนื่องจากค่าแรงของไทยสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน อีกทั้งยังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน การนำเครื่องจักรกลและเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้ามาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการผลิตและแปรรูปกาแพเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแพอะราบิกาสำหรับเกษตรกร

1.ศึกษาข้อมูลวิธีการล้างทำความสะอาดโดยวิธีของเกษตรกรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลกาแพสุก เพื่อใช้ในการออกแบบสร้างต้นแบบ ได้แก่ ขนาดผลกาแพ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลกาแพ ความยาวของผลกาแพ น้ำหนักของผลกาแพ สัดส่วนน้ำหนักต่อปริมาตร สัดส่วนสิ่งเจือปน สัดส่วนผลกาแพจมและผลกาแพที่ลอย ฯลฯ

2 .ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบเครื่องล้างผลกาแพอะราบิกา ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ชุดทำความสะอาดเบื้องต้น ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดกิ่งไม้ใบไม้ที่ติดมากับผลกาแพโดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการทำงานการคัดแยก โดยพิจารณาเบื้องต้น สร้างตะแกรงรูกกลม 2 ชั้น ที่มีขนาดแตกต่างกัน ขนาดตะแกรงพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของผลกาแพ ชั้นที่ 1 ใช้ตะแกรงรูกกลมใหญ่กว่าผลกาแพเพื่อใช้แยกใบไม้กิ่งไม้และเศษวัสดุที่ไม่ใช่รูปร่างกลม ผลกาแพที่มีรูปร่างกลมและเล็กกว่ารูตะแกรงจะร่วงหล่นลง ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 2 ประกอบไปด้วยตะแกรงรูกกลมเล็กกว่าผลกาแพ เพื่อใช้แยกวัสดุขนาดเล็กเช่น เศษดิน เศษไม้ ออกจากผลกาแพที่เก็บเกี่ยว

ปัจจัยที่ศึกษา ความสามารถในการทำความสะอาด พื้นที่ตะแกรง ขนาดรูตะแกรง และความเร็วรอบและช่วงชักของตะแกรงที่เหมาะสม

ค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพทำความสะอาด และอัตราสูญเสียผลกาแพที่สูญเสียไปที่ช่องทางออกของเศษวัสดุ พลังงานที่ใช้

ส่วนที่ 2 เป็นชุดคัดแยกผลกาแพเสีย โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์ ดำเนินการสร้างต้นแบบรางลอยแยกผลกาแพเสียและผลการแพดี โดยลอยออกจากกัน ผลกาแพเสียจะลอยออกทางช่องทางท้ายรางด้วยวิธีการบังคับทิศทางของกระแส น้ำ ส่วนผลที่จมจะถูกลำเลียงออกด้วยสกรูลำเลียงใช้ในการลำเลียงผลกาแพสะอาดสู่เครื่องคัดผลอ่อน หรือสีเปลือกสดต่อไป โดยการทำงานต้องอาศัยป้อนน้ำในการทำงาน

ปัจจัยที่ศึกษาคือ ความเร็วของกระแสน้ำที่ใช้ลอยแยกผลกาแพ และระยะทางที่มีผลต่อการแยกของผลกาแพเสียและผลกาแพดี

ค่าชี้ผลคือ สัดส่วนของกาแฟที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในช่องทางออกของผลลอย และที่ปลายสกรูลำเลียง

3. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ เพื่อให้เครื่องใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
4. ทดสอบเครื่องต้นแบบในการใช้งานในพื้นที่ปลูกกาแฟเก็บข้อมูล ความสามารถในการทำงาน และประสิทธิภาพ การทำงานของเครื่อง เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร และวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ สรุปผล และจัดทำรายงาน

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

การออกแบบ สร้างและทดสอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ จะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 โรงอบแห้ง เลือกใช้หลังคาแบบโพลีคาร์บอเนต เพราะมีความทนทาน สามารถใช้ได้นานกว่าใช้พลังงานที่ทำจากพลาสติก ส่วนหลังคาออกแบบให้เป็นหลังคาโค้ง เนื่องจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามา พบว่าหลังคาโค้งจะสามารถกระจายความร้อนได้ดีกว่าหลังคาแบบจั่ว

ส่วนที่ 2 เป็นชุดควบคุมอัตโนมัติ ใช้ชุดควบคุมสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3

1. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น วางแผนการทดลองแบบ CRD ตั้งเงื่อนไขการควบคุมอัตโนมัติทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีเงื่อนไขการอบแห้งไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส โดยบันทึกข้อมูลดังนี้

- 1) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้ง 3 จุด คือ หน้า กลาง และท้ายโรงอบ
- 2) วัดความชื้นเริ่มต้นกาแฟกะลา โดยใช้กาแฟกะลาจากแปลงของเกษตรกร ซึ่งจะมีค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน นำตัวอย่างกะลาไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง
- 3) สุ่มวัดอุณหภูมิและกาแฟกะลา โดยวัดที่ผิวของกะลา
- 4) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกาแฟกะลา สุ่มตัวอย่างตัวอย่างละ 2.5 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกทุก 30 นาที
- 5) น้ำหนักสุดท้ายหลังการอบแห้งทดลองโดยการทำซ้ำโดยเงื่อนไขการอบแห้งแบบเดิม

2. จากนั้นนำข้อมูลการทดสอบมาปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบให้สามารถใช้งานได้ ทั้งในเชิงปริมาณและเวลาในการสทดสอบ เช่น ความสามารถในการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง กราฟการอบแห้ง รวมถึงรสชาติกาแฟเปรียบเทียบกับวิธีการตากแบบเดิม

3. เก็บข้อมูลกะลาที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง เช่น แผลง เมล็ดที่เสียหายจากกะลาแตก เทียบกับการตากแห้งแบบเดิมของเกษตรกร โดยการจัดเก็บแบบเดียวกัน
4. ปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบเพื่อให้โรงอบแห้งใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบค่าอัตราการอบแห้ง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง เทียบกับการตากแห้งแบบดั้งเดิม/ผสม

โครงการที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ

1. ศึกษาทฤษฎี ข้อมูลต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี แหล่งความร้อน ระบบควบคุม และการอบแห้งแบบสภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ

2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยจะออกแบบอุปกรณ์หลักๆ คือ

2.1 ถังอบแห้งเป็นแบบถังทรงกระบอก ความจุประมาณ 500 กิโลกรัม กาแฟผลสด หรือกาแฟกะลา

2.1.1 ออกแบบท่อกระจายลมร้อนและใบโรตารี่เคล้าเมล็ดกาแฟภายในถังอบ

2.1.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อนและควบคุมถังหมุนให้ได้รอบการหมุนที่เหมาะสม

2.1.3 ออกแบบระบบวาล์วในการสร้างระบบสุญญากาศภายในถังอบ

2.2 คำนวณออกแบบระบบให้ความร้อนแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพ

2.2.1 ออกแบบระบบให้ความร้อนจากหัวพันก๊าซหุงต้มจุดด้วยระบบไฟฟ้า พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ และระบบป้องกันก๊าซสะสมกรณีไม่ติดไฟ

2.2.2 ออกแบบระบบท่อหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วนเมื่อความชื้นเมล็ดกาแฟลดต่ำลง

3. ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา บันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดลง ระยะเวลาในการอบแห้ง พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น พร้อมแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ โดยวิธีการทดสอบจะมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เตรียมกาแฟผลสด ประมาณ 500 กิโลกรัม โหลตเข้าถังอบลดความชื้น

3.2 จุดเตาเชื้อเพลิง เปิดพัดลม เดินเครื่องหมุนถัง ตั้งค่าอุณหภูมิที่จะใช้ในการอบแห้ง โดยทดสอบอบแห้งด้วยวิธีการอบด้วยลมร้อนในช่วงความชื้นเริ่มต้นกาแฟสูง ทำการสุ่มเมล็ดกาแฟมาหาค่าความชื้นที่ลดลง และอุณหภูมิเมล็ดที่เพิ่มขึ้น ทุกๆ ชั่วโมงของการอบแห้ง เมื่อความชื้นเมล็ดลดลงและอุณหภูมิเมล็ดเริ่มสูงขึ้น ให้ปรับอุณหภูมิลมร้อนลง และลดอัตราการป้อนเชื้อเพลิง ซึ่งกระบวนการต่างๆนี้ต้องทดลองและปรับค่าตามความเหมาะสมในขณะที่ทำการทดลอง

3.2 เมื่อความชื้นเมล็ดกาแฟลดลงประมาณ 30-40 % มาตรฐานเปียก ให้หยุดพักการให้ความร้อน และพักตัวเมล็ดกาแฟไว้ แล้วจึงทำการลดความชื้นเมล็ดกาแฟต่อ จนถึงความชื้นในการเก็บรักษา ประมาณ 12 % มาตรฐานเปียก

4. วิเคราะห์คุณภาพของกาแฟหลังการทำแห้งจากการทดลอง

5. วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

6. สรุปผล เสนอรายงาน เผยแพร่

โครงการที่ 4 วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
4. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม, ขนาด 7 กก. และขนาด 50 กก.
5. เครื่องจักรที่ต้องใช้ในการแปรรูป มี เครื่องอบไอน้ำชาเขียวพร้อมชุดหม้อต้ม เครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน เครื่องนวดทรงกระบอก ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และเครื่องอบแห้งชาเขียว

วิธีการดำเนินการ

1) ตรวจสอบเอกสารข้อมูลกระบวนการแปรรูปและเครื่องมือที่ใช้แปรรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน และศึกษาการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำของต่างประเทศ ทำการวิเคราะห์หลักการทำงาน หาข้อมูลการออกแบบเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ส่งกำลังจากมอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบวง ส่งกำลังผ่านแขนตัวกลางเคลื่อนที่แบบเลื่อนส่งผ่านกำลังไปแขนถัดไปให้เป็นการเคลื่อนที่เหวี่ยงกลับมา มีแนวคิดขึ้นรูปชาในถังรูปครึ่งวงกลม โดยใช้ชุดเพลาลูกหมุนเหวี่ยงลูกรีดให้เหวี่ยงหมุนไป-กลับ อยู่ภายในถังทรงครึ่งวงกลม ผิวของลูกรีดจะกดและรีดให้ชาเป็นเส้นเล็กๆ

2) ออกแบบและวิเคราะห์ภาระโหลดที่เกิดขึ้น ในชิ้นส่วนต่างๆของแขนกลไกขึ้นต่อโยงส่งถ่ายการเคลื่อนที่แบบหมุนเหวี่ยงไปขับเคลื่อนชุดเพลาลูกรีดกดขึ้นชาเขียวภายในภาชนะถังรีดทรงโค้ง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาวิเคราะห์ในทางวิศวกรรม คือ ภาระที่เกิดขึ้นทั้งแรงในแนวแกนและภาระการดัด สภาพการกระทำของโหลดแต่ละตัวที่เกิดขึ้นมีผลก่อให้เกิดการกระจายภาระความเค้นและความเสียหายอย่างไร โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์

3) สร้างต้นแบบเครื่องมือขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำและทดสอบเบื้องต้น โดยพิจารณาให้ความสำคัญในส่วนของชุดเพลาลูกรีดและลักษณะของถังรีด เก็บข้อมูลสภาพการทำงานของชิ้นส่วนต่างในภาพรวม นำข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด ทำการสังเคราะห์ปัญหาที่เกิดในการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นทำการปรับปรุงโดยออกแบบและสร้างชิ้นส่วนใหม่หรือแก้ไขชิ้นส่วนตัวเดิมให้ดีขึ้นจากผลการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นจึงทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเบี้ยว โดยการปรับระดับความถี่ของกระแสไฟฟ้าของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อทดสอบสภาพการทำงานที่ความเร็วรอบ 15,20,25,30 และ 35 รอบ/นาที จากนั้นทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งระบบ พร้อมทั้งแก้ไขปรับปรุงจนได้เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำสมบูรณ์

4) ทดสอบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ (ภาพที่ 1) ทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปครึ่งละ 2 กิโลกรัม เก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างชาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแปรรูปออกมาจำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจำนวน 20 ตัวอย่าง เพื่อเก็บข้อมูลระดับความชื้นในแต่ละขั้นตอนในการ

แปรรูปและหาความชื้นที่เหมาะสมของชาสำหรับการขึ้นรูป โดยพินิจด้วยสายตาคุณลักษณะทางกายภาพของขึ้นชาเขียวอบไอน้ำ

5) เก็บข้อมูลการทดสอบและการใช้งานในระยะยาว เพื่อหาปัญหาการใช้งานในระยะยาวและทำการแก้ไขจนได้เครื่องต้นแบบที่สมบูรณ์ วิเคราะห์ผลการทดสอบตลอดทั้งการทดลอง ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในส่วนของการลงทุนในการผลิตชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัยสิ้นสุด

ผลการวิจัย (Results)

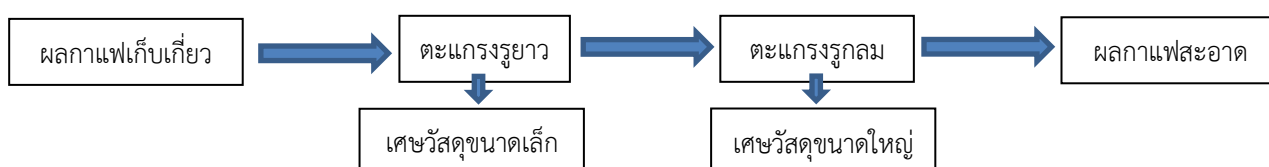
โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอบระาปิกสำหรับเกษตรกร

ได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลและตรวจเอกสาร ทำการออกแบบ สร้างต้นแบบเครื่องล้างผลกาแฟอบระาปิก ต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดใช้คัดแยกกิ่งไม้ ใบไม้ เศษวัสดุ ที่ติดมากับผลกาแฟ และ ส่วนที่ 2 ชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ

ปี 2564 ได้ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องล้างผลกาแฟอบระาปิก ที่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง(ขุนวาง) โดยดำเนินการทดสอบส่วนของตะแกรงโยกทำความสะอาดขั้นต้นและส่วนของชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ



ส่วนที่ 1 ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาด ใช้สำหรับทำความสะอาดเบื้องต้นกับผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวมา โดยทำหน้าที่ คัดแยกเศษวัสดุได้แก่ เศษวัสดุขนาดเล็ก ใบไม้ กิ่งไม้ ออกจากผลกาแฟ มีลำดับการทำงานดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของตะแกรงโยก

ในการทำความสะอาดเบื้องต้น ใช้ตะแกรง 2 ชนิด ได้แก่

1. ตะแกรงแบบรูลยาว ใช้สำหรับคัดแยกเศษวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าผลกาแฟ จากการหาข้อมูลพื้นฐานพบว่า ผลกาแฟมีขนาดเฉลี่ย ด้านกว้าง 12-14 มิลลิเมตร และยาว 15 มิลลิเมตร จึงทดสอบด้วยตะแกรงรูลยาว 6x2, 8x20 มิลลิเมตร และ ตะแกรงแบบรูลกลม ขนาด 10 มิลลิเมตร เนื่องจากตะแกรงแบบรูลยาว ขนาด 10 มิลลิเมตร ไม่มีการผลิตจำหน่าย

เพื่อหาขนาดรูตะแกรงและความยาวของตะแกรงที่เหมาะสมจึงได้ทำการทดสอบโดย ได้ทำการออกแบบ ถาดรับเศษวัสดุแบ่งเป็นช่อง โดยถาดรับเศษวัสดุแบ่งเป็นช่อง ช่องละ 100 มิลลิเมตร จำนวน 20 ช่อง เมื่อทำการ ทดสอบทำความสะอาดผลกาแฟแล้ว จะนำน้ำหนักเศษวัสดุที่ตกแต่ละช่องมาชั่งน้ำหนัก และนำมาวิเคราะห์ สรุป หาความยาวที่เหมาะสมสำหรับรูตะแกรง โดยต้องการคัดแยกเศษวัสดุนขนาดเล็กให้ได้อย่างน้อย 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้หาความยาวที่เหมาะสมของตะแกรง ดังภาพที่ 3 และผลการทดสอบแสดงตารางที่ 1



ภาพที่ 1.3 แสดงถาดรับเศษวัสดุ

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบขนาดรูตะแกรงและความยาวตะแกรงที่เหมาะสม

ขนาดรูตะแกรง	น้ำหนักเศษวัสดุที่คัดแยกได้ (g)	ความยาวตะแกรง*	หมายเหตุ
รูลยาว 6x20 มม.	75	120 เซนติเมตร	คัดแยกเศษวัสดุนขนาดเล็กไม่หมด
รูลยาว 8x20 มม.	145	100 เซนติเมตร	
รูลกลม 10 มม.	-	-	ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากผลกาแฟติดรูตะแกรง

หมายเหตุ * ความยาวตะแกรงที่สามารถคัดเศษวัสดุได้ 80 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบพบว่า ตะแกรงรูลยาว 8x20 มม. สามารถคัดแยกเศษวัสดุนขนาดเล็กได้มากกว่า ตะแกรงรูลยาว 6x20 มม. โดยที่ไม่มีผลกาแฟสุกหลุดรูตะแกรงออกมา และตะแกรงรูลกลมขนาด 10 มม. ผลกาแฟสามารถหลุดออกไปได้บ้างส่วนและมีผลกาแฟติดตามรูตะแกรงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 1.4 ผลการทดสอบตะแกรงรูกกลมขนาด 10 มิลลิเมตร

ดังนั้นจึงเลือกใช้ตะแกรงรูกยาว ขนาด 8x20 มิลลิเมตร. ในการคัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กออกจากผลกาแพ

2. ตะแกรงแบบรูกกลม ใช้สำหรับคัดแยกเศษวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าผลกาแพ โดยผลกาแพจะลอดผ่าน รูกตะแกรงไปสู่ทางออก ทำการทดสอบด้วยตะแกรงรูกกลมขนาด 19, 22 และ 25 มิลลิเมตร ค่าชี้ผลคือ ความยาวของตะแกรงที่ ผลสามารถลอดผ่านไปได้

ทำการทดสอบโดยใช้ผลกาแพที่ผ่านการทดสอบกับตะแกรงรูกยาวแล้ว ครั้งละ 30 กิโลกรัม วัดระยะที่ผลกาแพสามารถลอดผ่านรูกตะแกรงไปได้หมด ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1.2 ผลการทดสอบตะแกรงรูกกลม

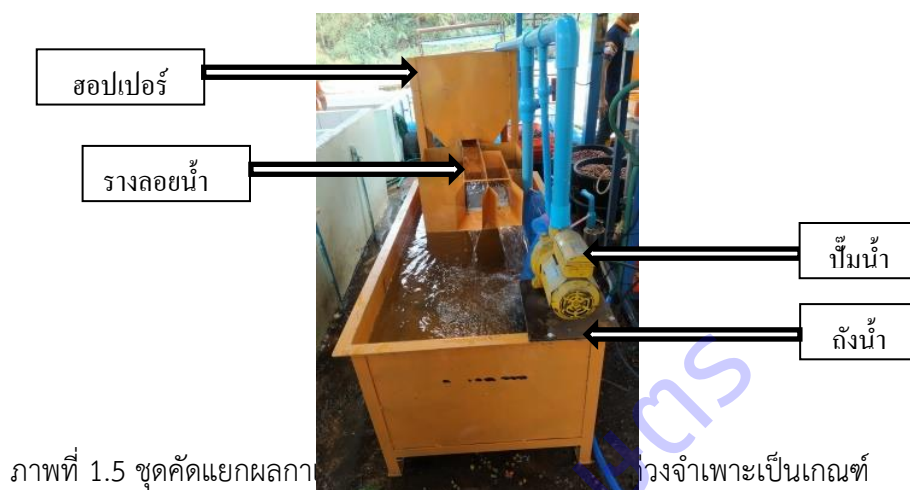
ขนาดรูกตะแกรง	ระยะทางผลกาแพลอดรูกทั้งหมด	หมายเหตุ
รูกกลม 19 มม.	130 เซนติเมตร	มีผลกาแพเป็นที่พวงติดตามรูกตะแกรง
รูกกลม 22 มม.	70 เซนติเมตร	มีผลกาแพที่เป็นพวงติดเล็กน้อย
รูกกลม 25 มม.	50 เซนติเมตร	เศษวัสดุขนาดใหญ่สามารถลอดผ่านได้ง่าย ผลกาแพเป็นพวงสามารถลอดผ่านได้

จากผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้ตะแกรงรูกกลมขนาด 22 มิลลิเมตร ในการคัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่

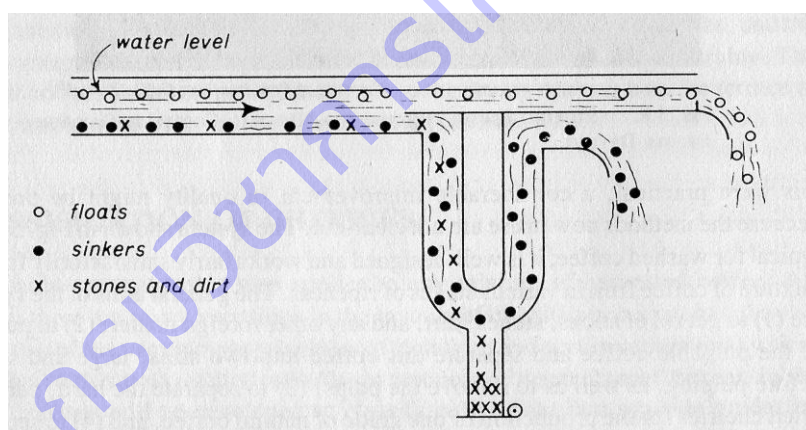
จากผลการทดสอบ ทำการปรับปรุง ออกแบบตะแกรงโยกใหม่ โดยตะแกรงโยกยาว 2 เมตรกว้าง 0.5 เมตร พื้นที่ตะแกรง 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยตะแกรง 2 แบบ ได้แก่ ตะแกรงรูกยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตรยาว 1 เมตร เพื่อใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็ก และตะแกรงรูกกลมขนาด 22 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร เพื่อใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ ที่มีขนาดใหญ่

ผลการทดสอบตะแกรงโยกทำความสะอาดพบว่ามีประสิทธิภาพทำงานเฉลี่ย 2,064.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ส่วนที่ 2 ชุดคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพ โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์ ประกอบด้วย บั๊มน้ำ ขนาด 450 ลิตรต่อนาที ฮอปเปอร์สำหรับเทผลกาแฟ รางน้ำลอยผลกาแฟ ใช้แยกผลกาแฟลอยน้ำ(ผลกาแฟด้วยคุณภาพ) ออกจากผลกาแฟดี และถังน้ำขนาด 0.9 ลูกบาศก์เมตร



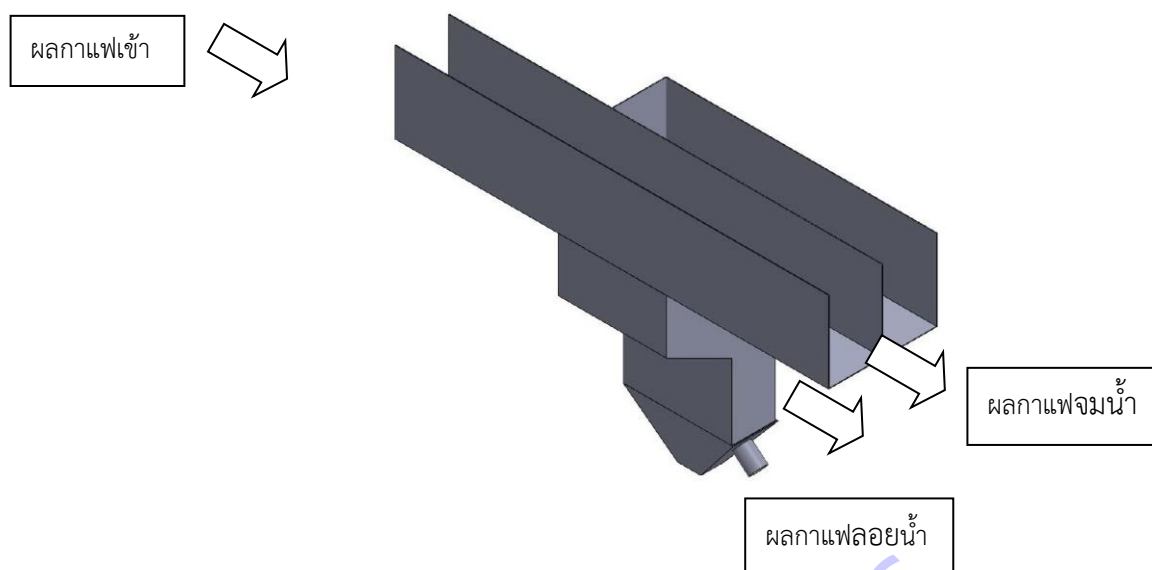
ภาพที่ 1.5 ชุดคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพ โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์



ภาพที่ 1.6 กลไกการแยกผลกาแฟเสียและผลกาแฟที่สมบูรณ์ (Sivetz M. and N.W. Desrosier, 1979)

รางน้ำลอยผลกาแฟออกแบบ โดยใช้หลักการจม-ลอยของผลกาแฟ ดังภาพที่ 6 โดยบั๊มน้ำจะทำการสร้าง กระแสน้ำ ให้ผลกาแฟไหลไปตามรางน้ำ ผลกาแฟที่สมบูรณ์ ก้อนหินและสิ่งสกปรกที่มี ความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ จะจมผ่านท่อรูปตัวยู ก้อนหินและสิ่งสกปรกที่หนักกว่าจะถูกดักให้หล่นไปตามท่อตัด ผลกาแฟที่หนักกว่าน้ำ เล็กน้อยจะไหลออกพร้อมน้ำ ส่วนผลกาแฟลอยน้ำ(ผลกาแฟด้วยคุณภาพ) จะไหลผ่านออกไปทางท้ายราง โดย ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของรางน้ำลอยผลกาแฟนี้ ได้แก่ ระดับน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ

ได้ทำการออกแบบรางน้ำลอยผลกาแฟเพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น ดังภาพที่ 7 โดยมีขนาดความ กว้างรางน้ำลอยผลกาแฟด้านละ 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 1.7 รังน้ำลอยผลกาแฟความกว้าง 10 เซนติเมตร

1.การทดสอบปัจจัยเรื่องระดับน้ำ

ดำเนินการศึกษาปัจจัยความสูงของระดับน้ำและประสิทธิภาพการทำงานของชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ โดยใช้แผ่นกั้นน้ำที่ระดับความสูง 4, 5, 6, 7 เซนติเมตร กันทั้งสองด้านของรังน้ำลอยผลกาแฟ ทำการวัดระดับน้ำในราง ค่าอัตราการไหลของน้ำฝั่งรางผลกาแฟลอย และฝั่งรางผลกาแฟจม ทำการชั่งน้ำหนักผลกาแฟที่คัดแยกได้ในแต่ละฝั่งของรังน้ำ เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1.3 ผลการทดสอบชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้วยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ

ความสูงแผ่นกั้นน้ำ(cm)	อัตราการทำงานเฉลี่ย(กก/ชม)	ประสิทธิภาพ(%)	สูญเสีย(%)
4	2036.44	84.85	11.63
5	2477.06	86.63	8.38
6	1825.55	91.32	6.96
7	2216.05	89.96	3.79

ประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำโดย

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักผลลอยน้ำที่คัดแยกได้}}{\text{น้ำหนักผลลอยน้ำทั้งหมด}} \times 100$$

ความสูญเสีย คือ ผลกาแฟสมบูรณ์ที่สูญเสียจากการคัดแยกที่ผิดพลาด

$$\text{เปอร์เซ็นต์สูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผลกาแฟดีคัดผิดพลาด}}{\text{น้ำหนักผลกาแฟดีทั้งหมด}} \times 100$$

จากการทดสอบชุดทำความสะอาดและคัดแยกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ด้วยการลอยน้ำพบว่าที่ความสูงแผ่นกั้นน้ำที่ 6 เซนติเมตรให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด สามารถคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำได้ 91.32 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสูญเสียผลกาแฟดี 6.96 เปอร์เซ็นต์ ระดับน้ำที่ต่ำไปจะทำให้ผลกาแฟด้อยคุณภาพไม่สามารถแยกตัว ขึ้นมาลอยผิวหน้าได้ทันทำให้ถูกดูดตลอดผ่านไต้น้ำไปออกทางฝั่งรางลอยผลกาแฟจมได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกผลลอยน้ำไม่ดีนัก

2. การทดสอบปัจจัยความเร็วของกระแสน้ำ

ดำเนินการทดสอบหาความเร็วของกระแสน้ำที่ส่งผลต่อการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำ ออกจากผลกาแฟดี ดำเนินการทดสอบโดย การกั้นระดับน้ำ ซึ่งระดับความสูงของแผ่นกั้นน้ำแต่ละฝั่งราง ทำให้อัตราการไหลของแต่ละด้านเปลี่ยนไป ทำการทดสอบแล้วเปรียบเทียบกับ ประสิทธิภาพในการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำ และ ความสูญเสีย เปรียบเทียบกับความเร็วของน้ำในแต่ละราง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละราง กับประสิทธิภาพในการคัดแยก

ความสูงแผ่นกั้น น้ำรางผลกาแฟ ลอย(cm.)	ความเร็วน้ำราง ผลกาแฟลอย (cm/s)	ความสูงแผ่นกั้น น้ำรางผลกาแฟ จม(cm.)	ความเร็วน้ำราง ผลกาแฟจม (cm/s)	ประสิทธิภาพ (%)	สูญเสีย(%)
4	51.45	4	78.95	84.85	11.63
5	46.96	4	49.53	99.28	3.49
5	47.77	5	118.92	80.51	0.93
6	49.45	4	46.55	97.74	4.2
6	78.87	5	56.16	98.23	6.66
6	45.67	6	48.39	95.89	2.46

ผลการทดสอบพบว่าแผ่นกั้นน้ำที่ระดับความสูงแผ่นกั้นฝั่งรางผลกาแฟลอย 5 เซนติเมตรและความสูงแผ่นกั้นฝั่งรางผลกาแฟจม 4 เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด โดยพบว่า ความเร็วของกระแสน้ำควรที่จะใกล้เคียงกันทั้งสองฝั่งจะให้ผลการทดสอบที่ดี หากฝั่งรางผลกาแฟจมมีความเร็วของกระแสน้ำมากทำให้สามารถดูดผลกาแฟลอย ข้ามมาได้ทำให้การคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำไม่ดี แต่สูญเสียผลกาแฟที่สมบูรณ์น้อย

ต้นแบบแรกที่ได้ทำการสร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูล จึงยังมีข้อบกพร่องและยังไม่เหมาะสมในการใช้งานหลายประการ จึงได้ดำเนินการแก้ไข ออกแบบปรับปรุงต้นแบบใหม่ และได้ขยายขนาดราง

ลอยผลกาแพให้ความกว้างของรางด้านผลกาแพลอย มีความกว้าง 20 เซนติเมตร และรางด้านผลกาแพจม มีความกว้าง 15 เซนติเมตร ปรับปรุงต้นแบบให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น เหมาะสมกับผู้ใช้งานมากขึ้น ดังภาพที่ 8 และได้ทำการทดสอบต้นแบบที่ได้ทำการปรับปรุงขึ้น



ภาพที่ 8 ต้นแบบเครื่องล้างผลกาแพที่ปรับปรุงใหม่

ดำเนินการทดสอบปัจจัยเรื่องระดับความสูงน้ำในราง โดยดำเนินการทดสอบความสูงของแผ่นกั้นน้ำที่ความสูงแผ่นกั้น 6, 7, 8 เซนติเมตร ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบแผ่นกั้นน้ำ

ความสูงแผ่นกั้น น้ำรางผลกาแพ ลอย(cm.)	ระดับน้ำราง ผลกาแพลอย (cm.)	ความสูงแผ่นกั้นน้ำ รางผลกาแพจม (cm.)	ระดับน้ำราง ผลกาแพจม (cm.)	ประสิทธิภาพ(%)	สูญเสีย(%)
6	10	6	10	94.54	2.51
7	10.9	7	10.2	96.60	1.93
8	11.2	8	10.5	93.7	1.17

ผลการทดสอบต้นแบบที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ พบว่า สามารถทำงานได้ดีขึ้น การทดสอบแผ่นกั้นน้ำที่ความสูง 6, 7, 8 เซนติเมตร ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยระดับน้ำในรางควมมีระดับ 10 เซนติเมตรซึ่งสามารถทำให้คัดแยกผลกาแพลอยน้ำออกจากผลกาแพดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละด้านของราง กับประสิทธิภาพ ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละด้านของราง กับประสิทธิภาพ

ความสูง แผ่นกั้นน้ำ รางผล กาแฟลอย (cm.)	ระดับน้ำ รางผล กาแฟลอย (cm.)	ความเร็ว น้ำรางผล กาแฟลอย (cm/s)	ความสูง แผ่นกั้นน้ำ รางผล กาแฟจม (cm.)	ระดับน้ำ รางผล กาแฟจม (cm.)	ความเร็วน้ำ รางผลกาแฟ จม(cm/s)	ประสิทธิภาพ (%)	สูญเสีย (%)
6	6.5	246.27	4	6.5	71.15	94.75	2.11
6	10	48.45	6	10	49.26	94.54	2.51
7	8	83.02	4	8	57.35	92.26	1.72
7	8	138.60	5	8	61.32	92.23	1.11
7	8	79.37	6	8	54.27	91.78	2.89
7	10.9	45.87	7	10.7	43.54	96.6	1.93
8	9.8	56.13	3	7.5	48.65	84.50	0.82
8	10	60.14	4	9.5	40.36	83.40	0.38
8	10	48.03	5	8.7	51.15	85.50	0.61
8	10.5	57.30	6	10	43.15	88.70	1.36
8	10.8	44.61	7	10	42.30	90.30	2.11
8	11.2	49.14	8	10.5	64.75	93.70	1.17

จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นกั้นน้ำสูง 7 เซนติเมตร ทั้งสองด้านให้ผลการทดสอบดีที่สุดโดยสามารถคัดแยกผลกาแฟเสีย ได้ 96.6 เปอร์เซ็นต์ และมีการสูญเสีย 1.93 เปอร์เซ็นต์

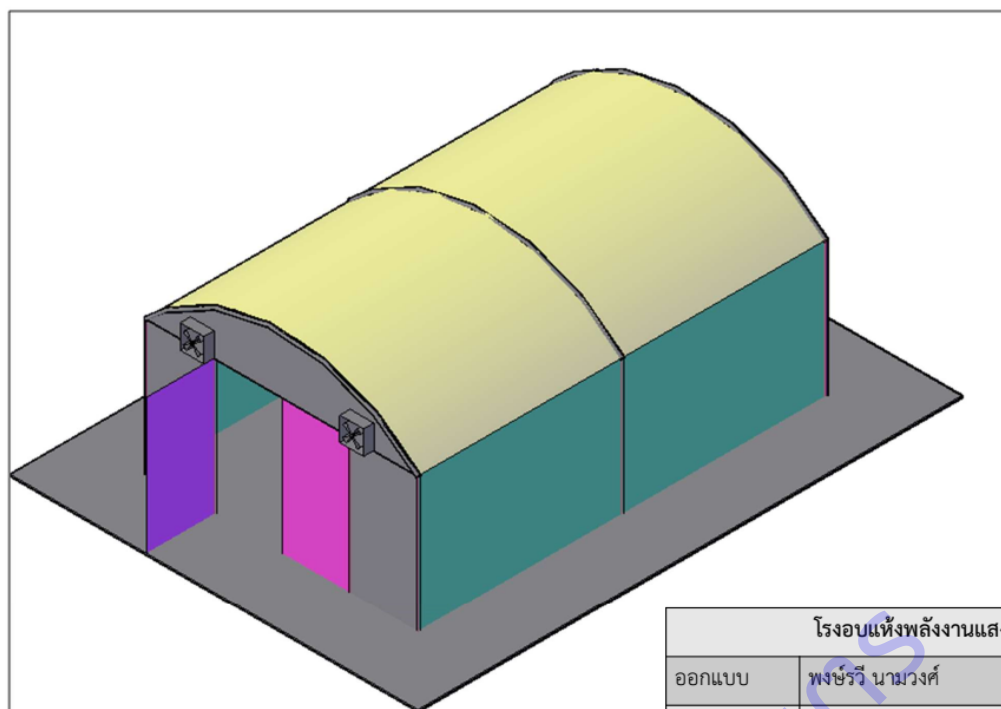
ในการใช้งานจริง สามารถต่อชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดเข้ากับชุดลอยแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะให้ทำงานต่อเนื่อง โดยมีความสามารถทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 2064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 1.9



ภาพที่ 1.9 แสดงเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกา

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟอะราบิกาดำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

ออกแบบและสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร ด้านบนมุงด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกใส หนา 6 มม. ด้านหน้าและด้านหลัง ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสบุผนัง ในส่วนของด้านข้าง ใช้พลาสติกโรงเรือนใส หนา 150 ไมครอน (0.15 มม.) เทพื้นด้วยคอนกรีตหนา 10 ซม. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหลรวม 422 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สักงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3 ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์



โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	
ออกแบบ	พงษ์วี นามวงศ์
หน่วยงาน	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
มาตราส่วน	-
วันที่	26 ส.ค.2563

ภาพที่ 2.1 แบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ศึกษาวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอาราบิก้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้ง ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกาบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่า อุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2

ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือนมีนาคม ใช้กะลากาแฟสดสั้่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ทุก 1 ชั่วโมง โดยเครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

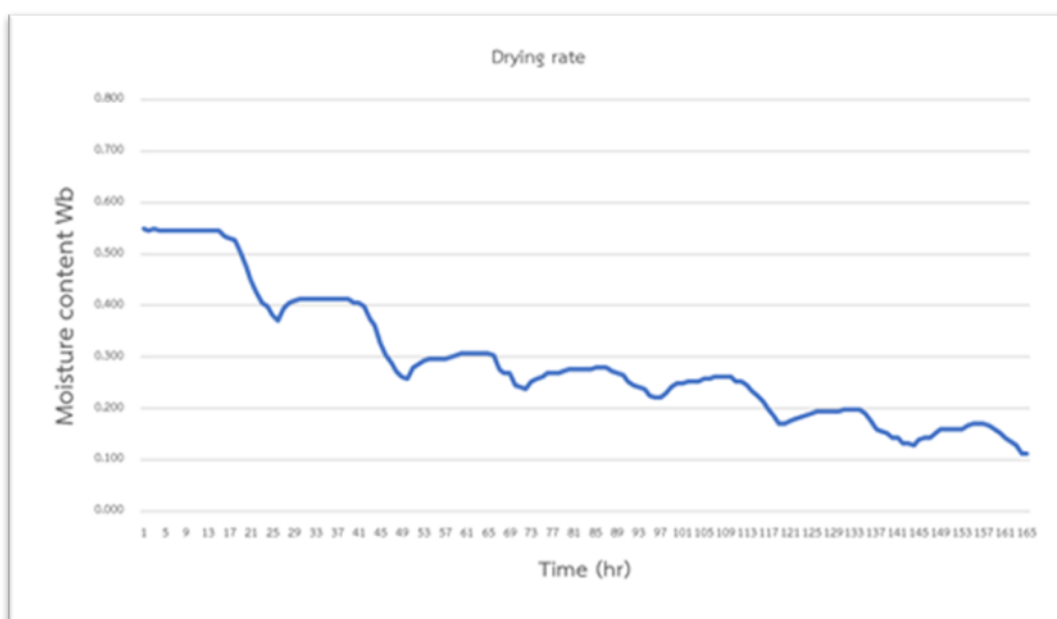


ภาพที่ 2.3 สมองกลฝังตัว ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

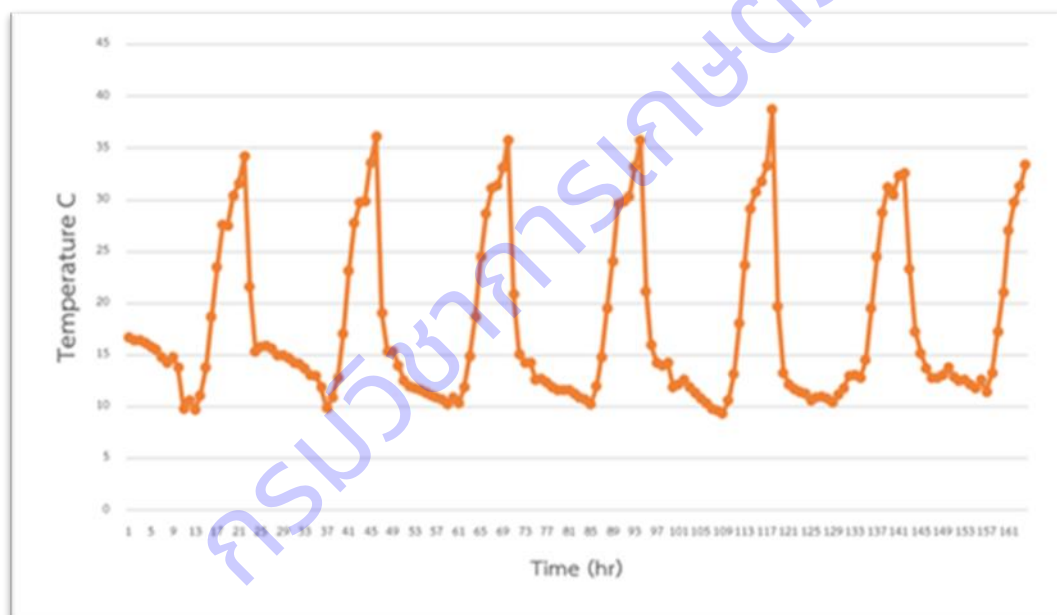


ภาพที่ 2.4 เครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติโดยใช้สมองกลฝังตัว

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55 มาตรฐานเปียก (wb) มีอุณหภูมิตลอดการทดลอง สูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27 %



ภาพที่ 2.5 อัตราการอบแห้ง



ภาพที่ 2.6 อุณหภูมิอบแห้ง



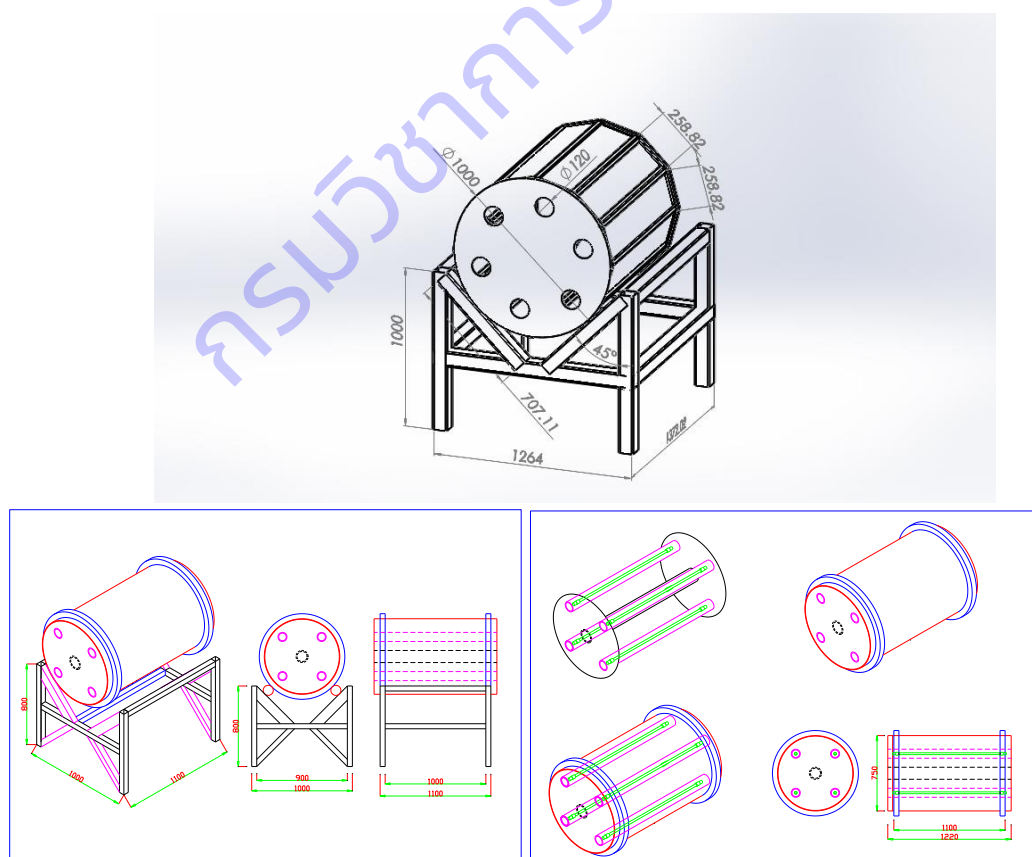
ภาพที่ 2.7 กะลากาแฟหลังการอบแห้ง

การทดสอบตากแห้งกะลาตากแพอะราบิกา ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของช่วงเวลาที่ตากแห้ง ได้เมล็ดตากแพความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลอง 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ เมื่อนำไปทดสอบด้วยวิธี Sensory Test มีค่าใกล้เคียงกันมากเทียบกับวิธีการตากหรือผึ่งลมแบบเดิม

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กะลาตากแพอะราบिकासด สุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง กะลาตากแพ มีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ได้เมล็ดตากแพความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

โครงการที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ

ศึกษาทฤษฎี ค้นคว้าข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี แหล่งให้ความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิและการทำงานของเครื่องอบ และการอบแห้งแบบสุญญากาศเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ศึกษาข้อมูลในการอบแห้งกาแฟ ความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ นำข้อมูลที่ศึกษารวบรวมมาใช้ในการออกแบบเครื่องอบกาแฟ

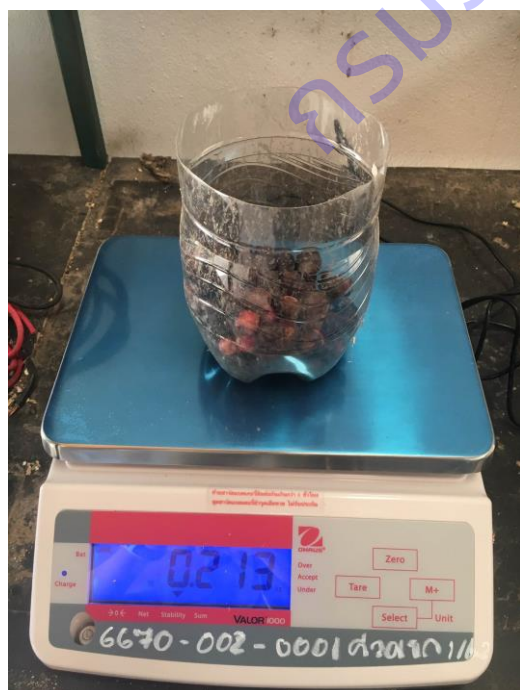


ภาพที่ 3.2 ออกแบบโครงสร้างถังบรรจุเมล็ดกาแฟสำหรับเครื่องอบแบบโรตารี

เนื่องจากผลผลิตกาแฟโรบัสต้าจะหมดฤดูกาลเก็บในช่วงเดือนมกราคม จึงทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารี เดิม สำหรับใช้ในการอบเมล็ดกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลการอบเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลช่วยในการ ออกแบบเครื่องอบ อบเมล็ดกาแฟเพื่อหาข้อมูลน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ และทำการตากแห้งเมล็ดกาแฟด้วย แสงแดด เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบ ทำการทดสอบอบเมล็ดกาแฟ น้ำหนักรวม 300 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 61.97 % มาตรฐานเปียก ตั้งอุณหภูมิการอบ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักลดลง เหลือ 182.82 กิโลกรัม 37.60 % มาตรฐานเปียก



ภาพที่ 3.3 ทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารีเดิมเพื่อใช้ทดสอบอบกาแฟ



ภาพที่ 3.4 อบเมล็ดกาแฟเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น



ภาพที่ 3.5 ทดสอบอบกาแฟด้วยเครื่องอบโรตารีเดิม



ภาพที่ 3.6 ตากแห้งเมล็ดกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล และสอบถามความต้องการของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเก็บผลผลิตกาแฟในฤดูกาลที่จะถึง ให้ข้อมูลรายละเอียด ลักษณะวิธีการทำงาน การใช้งานเครื่องอบลดความชื้น และร่วมปรึกษากับกลุ่มเกษตรกรในการนำเครื่องอบลดความชื้นต้นแบบไปทดสอบใช้งานอบลดความชื้นกาแฟ



ภาพที่ 3.7 ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล

ดำเนินการสร้างถังอบแบบโรตารี ทำการขึ้นรูปโครงสร้างถังอบ มีลักษณะเป็นถังเหล็กทรงกระบอก แนวนอน (ภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9) สร้างโครงแท่นรับถังอบสำหรับเป็นแท่นรองรับถังอบลดความขึ้นแบบโรตารี (ภาพที่ 3.10) ติดตั้งลูกกลิ้งรับถัง (ภาพที่ 3.11) สำหรับรองรับถังอบขณะหมุนเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟให้มี อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง แกนกลางลูกกลิ้งจะมีลูกปืน ช่วยลดความฝืดในการหมุนถังขณะทำการอบให้หมุนตัวได้ง่าย



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างถังอบ



ภาพที่ 3.9 ภาพถังอบด้านข้าง



ภาพที่ 3.10 ภาพแท่นรับถังอบ



ภาพที่ 3.11 ภาพลูกกลิ้งรับถัง

ดำเนินการประกอบตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องอบลดความชื้น โดยตู้ควบคุมจะประกอบไปด้วยส่วนควบคุมหลักๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนควบคุมอุณหภูมิการอบ ส่วนนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ จะสามารถตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการอบได้ตามต้องการ หัวสำหรับจุดไฟ เซนเซอร์ตรวจสอบการติดไฟของหัวเผา หากไฟไม่ติดระบบจะสั่งให้ตัดการจ่ายแก๊สและมีเสียงร้องเตือนเพื่อความปลอดภัย และสวิทช์เปิดพัดลมสำหรับการดูดลมร้อนเข้าไปในเครื่องอบ
2. ส่วนควบคุมการหมุนของถังอบ ส่วนนี้จะประกอบไปด้วยชุดนาฬิกาตั้งเวลา จำนวน 2 ตัว ตัวแรกสำหรับการควบคุมเวลาในการหมุนถัง ตัวที่สอง สำหรับควบคุมเวลาในการหยุดหมุน ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ตู้ควบคุมเครื่องอบและชุดเครื่องอบ

ดำเนินการทดสอบเครื่องอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยกาแฟโรบัสต้าจะนิยมทำกาแฟแบบแห้ง จึงทดสอบการลดความชื้นกาแฟเชอร์รี่ ทำการบรรจุเมล็ดกาแฟลงถังอบ ภาพที่ 3.14 จะเห็นท่อลมเข้าที่อยู่ด้านข้างถังอบและท่อลมออกจะอยู่แนวกึ่งกลางถังอบ ในการอบจะเติมเมล็ดกาแฟจนเต็มถังอบ ใช้เมล็ดกาแฟเชอร์รี่ประมาณ 500 กิโลกรัม



ภาพที่ 3.13 ขณะทำการบรรจุเมล็ดกาแฟลงถังอบ



ทอลมเข้า

ทอลมออก

ภาพที่ 3.14 ภาพเมล็ดกาแฟในถังอบ

ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมที่ออกจากถังอบ (ภาพที่ 3.15) เพื่อวัดค่าที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบกับค่าที่ใช้ในการออกแบบ ว่ามีเที่ยงตรง หรือมีความคลาดเคลื่อนจากค่าการออกแบบ นำข้อมูลไปวิเคราะห์และปรับปรุง



ภาพที่ 3.15 วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมที่ท่อออก

เมื่อทำการอบเมล็ดกาแฟประมาณ 8-12 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดกาแฟเซอรี้เกิดการยุบตัวลง จนทำให้ท่อลมออกที่ต้องมีเมล็ดกาแฟท่วมท่อขึ้นมาอยู่เหนือเมล็ดกาแฟ (ภาพที่ 3.16) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการอบเมล็ดกาแฟลดลง เพราะเมื่อเมล็ดกาแฟยุบตัวต่ำกว่าท่อลมออก ลมร้อนที่เป่าเข้าไปเพื่อลดความชื้นเมล็ดกาแฟจะไหลออกทางท่อลมออกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแรงเสียดทานในส่วนท่อลมออกที่อยู่เหนือเมล็ดกาแฟจะต่ำที่สุด หากยังทำการอบต่อในสภาพนี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จึงถ่ายเมล็ดกาแฟออกจากเครื่องอบออกมาพักตัว แล้วจึงบรรจุเมล็ดกาแฟชุดต่อไปเข้าเครื่องอบลดความชื้นต่อไป

เมื่อนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบมาหาปริมาณความชื้น พบว่า จากความชื้นเมล็ดกาแฟเริ่มต้นก่อนอบที่ประมาณ 57.66%wb หลังจากทำการอบไปแล้ว 8-12 ชั่วโมง ความชื้นหลังอบเหลือประมาณ 36.57%wb ที่ระดับความชื้นประมาณนี้ จะสามารถลดความเสียหายของเมล็ดกาแฟได้ ในกรณีที่มีผลผลิตกาแฟเข้ามาพร้อมกันจำนวนมาก และสภาพอากาศทางภาคใต้ในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง เครื่องอบสามารถลดความชื้นในเมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว ต่างกับการลดความชื้นด้วยการตาก หรือใช้โรงอบที่จะสามารถลดความชื้นได้เมื่อสภาพอากาศเหมาะสมเท่านั้น นอกจากนี้ เมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบลดความชื้นไปแล้ว ยังสามารถนำเมล็ดกาแฟไปลดความชื้นด้วยวิธีอื่นๆ จนถึงความชื้นเก็บรักษาได้หากสภาพอากาศอำนวย



ภาพที่ 3.16 เมล็ดกาแฟบุบตัวลง จนระดับเมล็ดกาแฟต่ำกว่าท่อนมออก

โครงการที่ 4 วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

ปัจจุบันชาในประเทศไทย พบว่า สายพันธุ์ชาที่ปลูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พันธุ์ชาอัสสัม และพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่า ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัม 84.4% จำนวน 98,544 ไร่ ราคาขายใบ ชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดเฉลี่ย 12 และ 50 บาทต่อกิโลกรัม ผลิตใบชาสดของประเทศไทยทั้งสิ้น 81,074 ตัน ซึ่งใบชาสด 77% นำมาผลิตเป็นใบชาแห้ง และ 23% นำไปผลิตเป็นเมี่ยง ในการผลิตชาแห้ง ใช้ชาอัสสัมคิดเป็น 96% ที่เหลือเป็นชาจีน ส่วนการผลิตเมี่ยงใช้เฉพาะชาอัสสัม ชาแห้งที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (สายลม และคณะ 2550) สมพล และคณะ 2558 ได้ทดสอบการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีขั้นตอนในการผลิต คือ เริ่มจากการเก็บยอดชานำมาอบไอน้ำ 100 เซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 60-90 วินาที นำไปนวดและอบไอร้อนที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที นำไปนวดต่อที่อุณหภูมิห้อง 25 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที นำไปนวดอบไอร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 40 นาที และอบแห้ง จากนั้นจึงทำการคัดแยกและบรรจุหีบห่อ สำหรับงานวิจัยนี้มีกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำเพิ่มขึ้นหนึ่งขั้นตอน คือ นำยอดชาสดเข้าเครื่องอบไอน้ำชาเขียวต่อด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนต่อการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกแล้วนำกลับไปนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนอีกครั้ง จากนั้นนำเข้าเครื่องขึ้นรูปและต่อด้วยเข้าเครื่องอบแห้ง เมื่อแห้งแล้วก็ได้ชาเขียวอบไอน้ำ (รูปที่ 1)

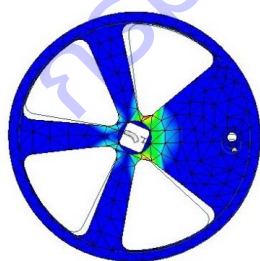


ภาพที่ 4.1 เครื่องจักรกลในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ

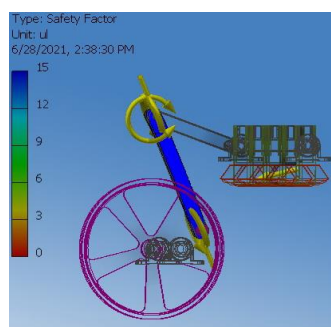
เมื่อดำเนินการออกแบบชิ้นส่วนหลักเสร็จแล้ว จากนั้นวิเคราะห์โดยการจำลองสภาพภาระที่เกิดขึ้นบนชิ้นส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ มีภาระที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ คำนวณโมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88$ นิวตัน • เมตร และแรงจุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่ลูกเบี้ยว $F = T/r = 9.88 / (0.200) = 49.4$ นิวตัน ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ดูการกระจายความเค้นและในส่วนของการคำนวณความปลอดภัยในการออกแบบ พบว่า ชิ้นส่วนทั้งหมดที่ออกแบบไว้ไม่เกิดความเสียหาย ในที่นี้ได้มีการแสดงสภาพการกระจายความเค้นบนชิ้นส่วนลูกเบี้ยว (ภาพที่ 4.2ก) และแสดงภาระที่เกิดขึ้นบนแขนโยกพร้อมค่าความปลอดภัย (ภาพที่ 4.2ข) โดยแสดงเป็นเฉดสีที่แตกต่างกันพร้อมกับมีจำนวนตัวเลขกำกับ ชิ้นส่วนอื่นให้ผลในทำนองเดียวกัน

Nodes: 5738
Elements: 2688
Type: Von Mises Stress
Unit: MPa

0.5052 Max
0.4043
0.3033
0.2024
0.1014
0.0005 Min



ก



ข

ภาพที่ 4.2 ก การกระจายความเค้นบนลูกเบี้ยว ข แสดงค่าความปลอดภัยของแขนโยก

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในเบื้องต้นหลังจากได้ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เสร็จแล้ว ในขั้นตอนแรกได้ดำเนินการทดสอบดูสภาพการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่เชื่อมโยงเคลื่อนไหวต่อเนื่องกัน โดยการออกแรงหมุนที่ลูกเบี้ยว เพื่อดูการบิดหรือการขัดตัวของชิ้นส่วนต่างๆ และปรับแต่งระยะแขนเหวี่ยงให้มีการทำงานที่สอดคล้องกันกับแขนโยก (ภาพที่ 4.3 ก,ข,ค) รวมทั้งพิจารณาการเคลื่อนที่เหวี่ยงไปกลับของ

เพลากับชุดลูกรีดได้ดีแล้ว จากนั้นได้ทำการทดสอบในการรีดขึ้นรูปขาเขียวในเบื้องต้น พบว่า ชุดใบรีดจะกวาดใบขาขึ้นลงได้ และใบขาที่ตกลงไปใต้ใบรีดจะถูกรีดฉีกขาดหรือถูกบดเป็นผง เนื่องจากความเรียบมันของผิวมีน้อยทำให้เกิดเสียดสีเป็นจุด ไม่สมดุลทั้งขึ้นวัสดุ ทำให้เกิดการฉีกขาดและติดกับผนังของใบรีดและถังรีด จึงได้ทำการปรับปรุงออกแบบชุดเพลาร่วมลูกรีดและถังรีดใหม่ โดยทำให้ลูกรีดมีความยาวมากขึ้น ผิวหน้าลูกรีดทำให้มียกนูนตามรัศมีมีความยาวเท่ากับของลูกรีด จำนวน 7 เส้น และผิวของถังรีดก็ทำให้มีผิวยกนูนด้วย หลังทำการปรับปรุงพบว่า เครื่องสามารถรีดเป็นเส้นเล็กม้วนมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากในกลุ่มเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปขาเขียวอบไอน้ำต้องแปรรูปเป็นขาเขียวอบไอน้ำแบบญี่ปุ่นลักษณะที่ต้องการคือรีดม้วนเป็นเส้นเล็ก (ภาพที่ 4.3 ง,จ)



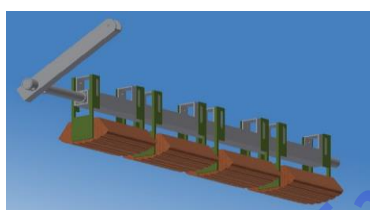
ก



ข



ค



ง



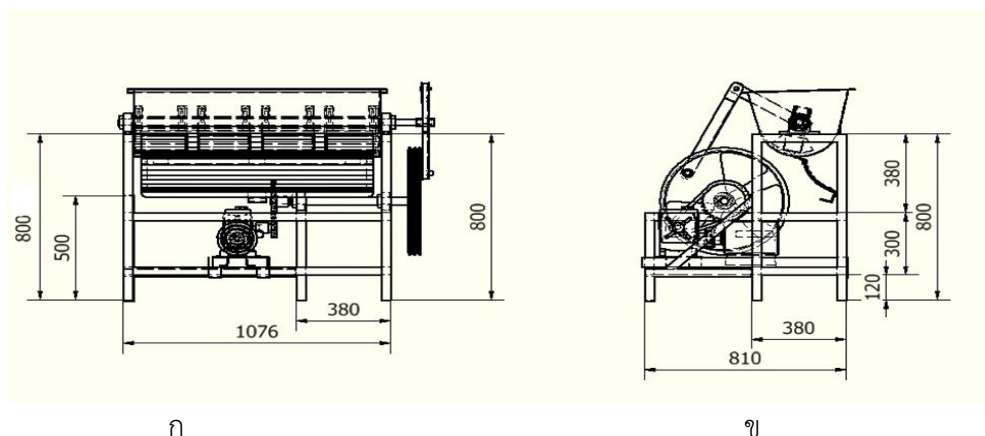
จ

ภาพที่ 4.3 ก.ชุดเพลาลูกกรีด ข.ด้านข้างเครื่องขึ้นขาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ค. ด้านหลังเครื่องขึ้นขาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ง โครงสร้างเพลาลูกกรีด จ ถังและเพลารีดที่สร้างตามแบบใหม่

ผลทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเขียว พบว่า สภาพการทำงาน of เครื่องมีความราบเรียบสม่ำเสมอดีมากแล้วในเบื้องต้นนี้ ความเร็วที่เหมาะสมกับการทำงานอยู่ที่ 25 รอบต่อนาที ผู้ใช้งานเครื่องมีความมั่นใจรู้สึกปลอดภัยสามารถทำงานกับเครื่องได้สะดวกทำการเกลี่ยขาในถังรีดให้ตกลงไปได้ลูกรีดสม่ำเสมอ

ผลจากการออกแบบและทำการสอบพัฒนา จึงได้ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปขาเขียวอบไอน้ำ ซึ่งมีชิ้นส่วนหลักที่สำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน โครงสร้างส่วนฐาน ถังรีด ชุดเพลารีด และระบบส่งกำลัง มีต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ โครงสร้างส่วนต่างๆ มีรายละเอียด คือ

1.โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กกล่องขนาด $38 \times 38 \times 1.6$ มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 1074 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร และด้านข้างมีความยาว 380 มิลลิเมตร ด้านหลังมีโครงสร้างต่อยาวออกไป สำหรับยึดเพลาลูกเขียว เมื่อมองด้านข้างจึงมีความกว้าง 810 มิลลิเมตร มีความสูง 420 มิลลิเมตร และด้านหลังต่อกับโครงสร้างเพลาลูกเขียวมีส่วนของโครงสร้างส่วนที่ยึดฐานของมอเตอร์และชุดเกียร์ทด สูงจากระดับพื้นขึ้นมา 120 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง 428 มิลลิเมตร ยาว 734 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4.4 ก,ข)

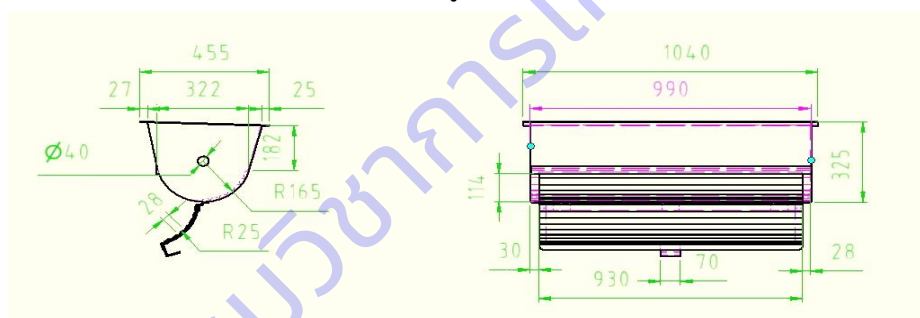


ก

ข

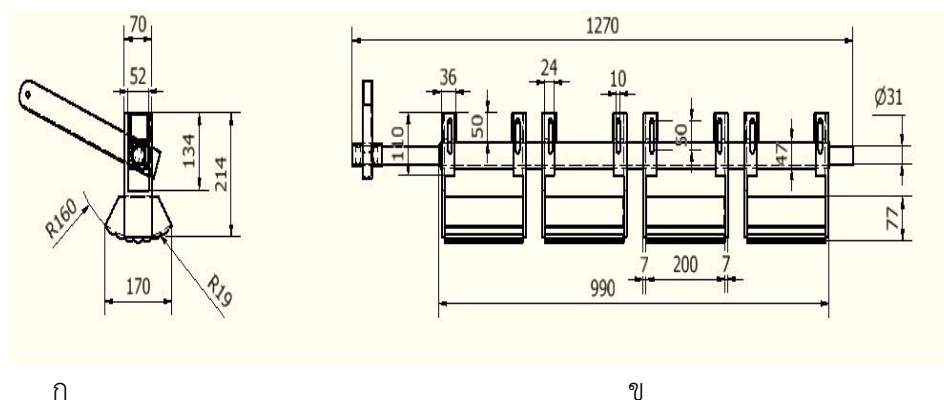
ภาพที่ 4.4 ก ภาพฉายด้านหน้า ข ภาพฉายด้านข้าง

2. ถังรีดทำจากแผ่นสแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร ส่วนล่างของถังมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมรัศมีภายนอก 165 มิลลิเมตร ต่อส่วนโค้งบานออกสูงขึ้นไป 182 มิลลิเมตร ปากถังด้านบนมีลักษณะรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 405 มิลลิเมตร และยาว 990 มิลลิเมตร ตลอดแนวขอบทั้งสี่ด้านยึดแน่นกับสแตนเลสฉากขนาด $25 \times 25 \times 3$ มิลลิเมตร ส่วนล่างที่เป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลมของถังทำให้มีลักษณะผิวหยาบ คือทำให้เป็นผิวหยาบด้วยแผ่นสแตนเลสเส้นมีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 990 มิลลิเมตร และส่วนฝาเปิดก็ทำให้ผิวหยาบมีลักษณะผิวหยาบเหมือนกัน (ภาพที่ 4.5 ก, ข)



ภาพที่ 4.5 ถังรีด

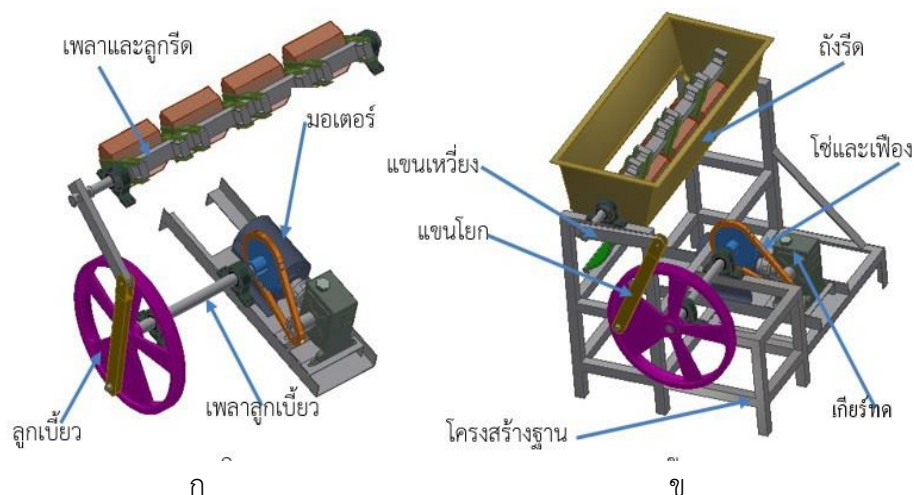
3. ชุดเพลาลูกรีดทำจากเพลาสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 1270 มิลลิเมตร บนเพลานี้มีปลอกเพลาทำจากสแตนเลสหน้าตัดสี่เหลี่ยมขอบนอกมีขนาดขนาด $50 \times 50 \times 3$ มิลลิเมตร ยาว 985 มิลลิเมตร บนปลอกเพลาดังนี้ทำที่ยึดแกนลูกรีดสำหรับติดตั้งลูกรีดลงบนปลอกเพล่า 4 ลูก ลูกรีดมีผิวรัศมีโค้ง 160 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร กว้าง 170 มิลลิเมตร ผิวหน้าลูกรีดทำให้มีลักษณะผิวหยาบเป็นยักนูน โดยติดสแตนเลสเส้น มีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ตามแนวรัศมีมีส่วนโค้งด้านนอกของลูกรีด จำนวน 7 เส้น ทำให้มีผิวยักนูนตลอดแนวส่วนโค้งของลูกรีด (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ก ด้านหน้าชุดเพลาลูกกรีด ข ด้านข้างชุดเพลาลูกกรีด

4. ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที เกียร์ทด 40:1 ชุดโซ่และเฟืองใช้แบบโรลเลอร์ชั้นเดียวเบอร์ 60 ใช้เฟืองโซ่ตัวขับ 15 ฟัน ติดตั้งที่เพลากีเยอร์ทด ตัวตาม 23 ฟัน ติดที่เพลาลูกเบี้ยว เพลาลูกเบี้ยวทำจากเหล็กเพลาชาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านเป็นที่ติดตั้งลูกเบี้ยวทำจากล้อสายพานเหล็กหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 517 มิลลิเมตร ร่องปีสองร่อง ลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกทำจากแสตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x 3 มิลลิเมตร ยาว 510 มิลลิเมตร และต่อไปยังแขนเหวี่ยงทำจากแสตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x 3 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับชุดเพลาลูกกรีดทำให้แขนเหวี่ยงและลูกกรีดเหวี่ยงไปกลับ 25 ครั้ง/นาที (ภาพที่ 4.7 ก)

หลักการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ คือ เปิดสวิตช์มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านคลັบลึงไปที่เกียร์ทด ความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด 36 รอบ/นาที เกียร์ทดส่งกำลังผ่านชุดโซ่และเฟืองไปที่เพลาลูกเบี้ยว ทำให้เพลาลูกเบี้ยวและลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยง ซึ่งลูกเบี้ยวนี้มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบเพลาส่งกำลังไปยังแขนโยกที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและโยกขึ้นและลง ที่ปลายอีกด้านของแขนโยกยึดติดกับปลายแขนเหวี่ยง ทำให้แขนเหวี่ยงมีการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยงขึ้นลง ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับเพลาลูกกรีดที่มีชุดลูกกรีดติดอยู่ทำให้ลูกกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที ผิวลูกกรีดจะกดชาโรดกลับผนังด้านในของถังรีด



ภาพที่ 4.7 โครงสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

ผลจากการทดสอบและเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนในการแปรรูปชาเขียว เริ่มจากสุ่มตัวอย่างจากยอดชาสดที่เก็บจากแปลงปลูกก่อนการอบไอน้ำด้วยเครื่องอบไอน้ำ (ภาพที่ 4.8ก) ยอดชาอบไอน้ำที่ออกจากเครื่องอบไอน้ำมาต้องคลี่ออกวางกระจายบนถาดผึ่งลมให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 4.8ข) เพื่อให้เสด็จน้ำด้วยการผึ่งประมาณ 20 นาที สุ่มตัวอย่างจากยอดชาจากนั้นนำยอดชาเข้าเครื่องนวดลดความชื้น 30 นาที (ภาพที่ 4.8ค) ต่อด้วยการนำเข้าเครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (ภาพที่ 4.8ง) แล้วเข้าเครื่องนวดลดความชื้นประมาณ 10-20 นาที (ภาพที่ 4.8จ) ทำการตรวจเช็คจากเจ้าหน้าที่ชำนาญในการแปรรูปว่ามีความเหมาะสมแล้วจึงนำยอดชาไปเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 4.8ฉ) และทำการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบตู้สี่เหลี่ยมประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 4.8ช)



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ



ช



ช

ภาพที่ 4.8 ก ยอดชาสด ข อบไอน้ำยอดชา ค นวดลดความชื้นครั้งที่ 1 ง นวดในเครื่องนวดทรงกระบอก จ นวดลดความชื้นครั้งที่ 2 ฉ รีดขึ้นรูป ช อบแห้ง ช ชาเขียวหลังอบแห้ง

การสุ่มตัวอย่างทำหลังเสร็จทุกขั้นตอน เพื่อหาระดับความชื้น พบว่า ยอดชาสดมีความชื้น 78.90% มาตรฐานเปียก หลังจากอบไอน้ำแล้วผึ่งมีความชื้น 78.36% มาตรฐานเปียก จากนั้นนำเข้าเครื่องนวดลดความชื้น ครั้งแรกเสร็จมีความชื้น 60.32% มาตรฐานเปียก ต่อด้วยการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกเสร็จมีความชื้น 55.59%มาตรฐานเปียก นำเข้าเครื่องนวดลดความชื้นครั้งที่สองเสร็จมีความชื้น 30.35%มาตรฐานเปียก จากนั้นนำเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปเพราะมีระดับความชื้นที่เหมาะสมแล้วหลังจากรีดขึ้นรูปแล้วชามีความชื้น 27.89% มาตรฐานเปียก และสุดท้ายนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งเสร็จมีความชื้น 11.82%มาตรฐานเปียก (ภาพที่ 4.8ข) พิจารณาลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำมีลักษณะส่วนที่เป็นผงและส่วนที่เป็นชิ้นของชาเขียวมีรูปลักษณะที่ม้วนเป็นเส้นพินิจด้วยสายตาในภาพโดยรวมมีส่วนที่เป็นเส้นเล็กงอมีสีเขียวอ่อนเข้ม เมื่อชงชา 3 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ได้น้ำชาสีเขียวอมเหลือง มีรสฝาด ตามด้วยรสหวานชุ่มคอ

ตารางที่ 4.1 ความชื้นในยอดชาหลังจากผ่านขั้นตอนในแต่ละกระบวนการแปรรูป

กระบวนการ	ใบชาสด	อบไอน้ำ	อบไอร้อน 1	นวดทรงกระบอก	อบไอร้อน 2	การขึ้นรูป	อบแห้ง
ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น						
1	79.57	78.85	65.99	60.33	29.97	28.38	11.73
2	79.43	78.42	52.65	52.97	30.77	29.45	12.33
3	76.64	77.81	55.67	52.97	26.18	24.76	11.44
4	75.90	75.90	57.58	54.45	29.97	26.77	12.59
5	79.57	79.82	55.75	52.88	32.94	30.17	11.94
6	79.61	77.69	62.45	56.46	28.38	26.60	11.29
7	78.37	79.61	62.93	55.52	30.45	27.97	11.79
8	78.18	77.08	62.45	57.31	33.78	29.07	10.94
9	80.81	79.59	62.93	55.75	30.80	28.46	12.31
10	80.88	78.86	64.78	57.28	29.29	27.29	11.87
ค่าเฉลี่ย	78.90	78.36	60.32	55.59	30.35	27.89	11.82
ค่าเบี่ยงเบน	1.64	1.25	4.52	2.39	2.07	1.59	0.51

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยการทำงานสองส่วน คือส่วนตะแกรงโยกทำความสะอาดเบื้องต้น ทำหน้าที่คัดแยกเศษวัสดุต่างๆ ได้แก่เศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตรมีความยาว 1 เมตร และ คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงรูกลม ขนาด 22 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร ผลกาแฟที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้วจะไหลไปสู่ส่วนที่สอง ได้แก่ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ทำหน้าที่ในการคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ ออกจากผลกาแฟสมบูรณ์ โดยใช้คุณสมบัติด้านความถ่วงจำเพาะ ผลกาแฟด้อยคุณภาพจะเบากว่าน้ำเนื่องจากเมล็ดกาแฟภายในผลไม่สมบูรณ์และจะลอยที่ผิวน้ำผ่านออกไปทางท้ายรางผลกาแฟลอยที่มีขนาด 200 มิลลิเมตร ส่วนผลกาแฟสมบูรณ์

จะหนักรวบน้ำเล็กน้อยและจะจมน้ำผ่านท่อรูปตัวยูออกไปที่รางผลกาแพจมีขนาดความกว้าง 150 มิลลิเมตร จากการทดสอบพบว่าระดับน้ำในรางควรสูงกว่า 100 มิลลิเมตร ทำให้สามารถคัดแยกผลกาแพด้วยคุณภาพได้

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแพนี้ สามารถใช้ทำงานทดแทนแรงงานในขั้นตอนการล้างทำความสะอาด และคัดแยกผลกาแพด้วยคุณภาพได้โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2,064.29 กิโลกรัมผลกาแพสดต่อ ชั่วโมง และหากเพิ่มเติมอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เช่น รางสกรูลำเลียง ทำให้สามารถต่อเข้ากับเครื่องมือแปรรูปกาแพ ในขั้นตอนต่อไป เช่น เครื่องสีเปลือกสด เครื่องขัดเมือกกาแพกะลา จะทำให้สามารถทำงานต่อเนื่อง สามารถแปรรูปกาแพตั้งแต่ต้นทางจากผลสด จนถึงขั้นตอนทำให้เป็นกาแพกะลาแห้งได้ สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นโรงแปรรูปกาแพขนาดเล็กได้ เหมาะสมกับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน

นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์การใช้เป็นเครื่องล้างทำความสะอาดกาแพกะลาหลังจากผ่านเครื่องขัดเมือกกาแพแล้วได้ โดยใช้แยกเศษวัสดุ เปลือก เศษกะลา คัดแยกกะลาที่เสียที่ลอยน้ำ ก่อนนำไปทำให้แห้ง ทำให้กาแพที่แปรรูปมีคุณภาพที่สูงขึ้น

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแพกะลาอะราบีกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

โรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกาบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแพ 8 ชั้น สามารถตากกาแพได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลาที่ตากสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลาที่ตากเพิ่มความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแพความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแพกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการฝังลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 120 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 10 ปี

โครงการที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแพโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสูญญากาศ

เครื่องอบลดความชื้นกาแพโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 2 ส่วน คือ 1) ตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบ ควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแพ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือนเมื่อหัวเผาจุดไฟไม่ติดป้องกันอันตราย 2) ชุดโครงสร้างรองรับถังอบ และถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแพจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66%wb ให้เหลือประมาณ 36.57%wb ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สสูงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแพให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน

แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิตและลดควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 19,281.26 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 5 ปี

โครงการที่ 4 วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ 4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบ หาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความชื้นที่เหมาะสม ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการทำงานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที เครื่องรีดขึ้นรูปชาสามารถใช้ขึ้นรูปครั้งละ 2 กก. จะต้องผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนครั้งที่สองแล้ว และต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 27.89-30.35% เป็นความชื้นที่เหมาะสม ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จึงนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้น 11.82% พิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำ มีรูปลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆอมสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย และเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873.19 กก. ระยะเวลาคืนทุน 2.91 ปี

ศึกษาและทดสอบพันธุ์มะกอกน้ำมัน (ระยะที่ 2)
Study and Varietal Trial on Olive from Egypt (Phase II)

ชื่อผู้วิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
 Supattra Lertwatanakiat
 ฉัตรนภา ข่มอาวุธ
 Chatnapa Khom-arwu
 ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี
 Yuthasak Chiemchaisri
 ธารทิพย์ ภาสบุตร
 Tharntip Bhasabutra
 พรอนันต์ แข็งขันธ
 Phornanan Khaengkhan

คำสำคัญ (Keywords)

มะกอกน้ำมัน การออกดอก การติดผล
 olive, flowering, fruit setting

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

ตามที่สาธารณรัฐอาหรับอียิปต์มอบพันธุ์ จำนวน 10 พันธุ์ 133 ต้น ได้แก่ พันธุ์ Toffahi, Aggizi, Maraki, Picual, Manzanillo, Coratina, Arbequina, Koroneiki, Giza 52 และ Giza 91 โดยปลูกในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 1,300 เมตร ดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย เนื้อดินหยาบ สีนํ้าตาล แปลงปลูกเป็นขั้นบันไดเชิงเขา พบว่า มะกอกน้ำมันพันธุ์ Koroneiki เริ่มออกดอกและติดผล เมื่อต้นมีอายุประมาณ 2 ปี และจะออกดอกทุกปี (ปี พ.ศ. 2552-2558) โดยเริ่มแทงช่อดอกในช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ดอกออกเป็นช่อ (raceme) บริเวณซอกใบ ดอกบานช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (1-2 สัปดาห์) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ และจะเริ่มติดผลหลังจากดอกบานประมาณ 2-3 สัปดาห์ และผลจะสุกแก่ช่วงเดือนกรกฎาคม (3-4 เดือนหลังดอกบาน) โดยผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำและมีแว็กซ์เคลือบที่ผิวผล ขนาดผลเฉลี่ยประมาณ 1.35 กรัม ผลกว้างเฉลี่ย 18.48 มิลลิเมตร ผลยาวเฉลี่ย 24.61 มิลลิเมตร โดยปริมาณการออกดอกและติดผลเพิ่มขึ้นทุกปีตามอายุและขนาดทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้น ส่วนพันธุ์อื่นๆที่ออกดอกซึ่งออกดอกในช่วงเวลาเดียวกัน และติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้ ได้แก่ พันธุ์ Picual ขนาดผลเฉลี่ยประมาณ 3.71 กรัม ผลกว้างเฉลี่ย 11.21 มิลลิเมตร ผลยาวเฉลี่ย 18.02 มิลลิเมตร

ABSTRACT

According to the Arab Republic of Egypt who have given 10 species, 133 plants; Toffahi, Aggizi, Maraki, Picual, Manzanillo, Coratina, Arbequina, Koroneiki, Giza 52 and Giza 91. They were grown in December, B.E.2550 at Chiang Mai Royal Agricultural Research Center in Chiangmai Province, located at 1,300 meters height above sea level. The soil was described as sandy loam soil and brown in colour. Olive oil; Koroneiki; was flowering during January-February. The olive flowers are “raceme” panicle, at the axil of the leaves on the branch during February (1-2 weeks). The olive flowers are perfect flower and the fruit form after blossoming about 2-3 weeks. The fruit set were harvested around July (3-4 months after blossom). The green fruit will turn to dark purple colour. Average fruit size is about 1.35 gram, 18.48 millimeter width, 24.61 millimeter length. The amount of flowering and fruiting increased in every year upto ages of the trees. Other specie were flowering and developing until harvesting picking up fruits at the same time which was Picual. Its average fruit size is about 3.71 gram, 11.21 millimeters width, 18.02 millimeter length.

บทนำ (Introduction)

มะกอกน้ำมันเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน และในแถบเขตร้อนชื้นและตอนกลางของทวีปเอเชีย จนกระทั่งถึงทวีปแอฟริกา (<http://www.crfg.org/pubs/ff/olive.html>) โดยมีพันธุ์การค้าจะมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Olea europaea* L. อยู่ในวงศ์ Oleacea ซึ่งมีพืชหลายชนิดที่อยู่ในสกุลเดียวกัน ได้แก่ มะลิ *Jusminum* (jasmine), *Phillyrea*, *Ligustrum* (privet), *Syringa* (lilac), *Fraxinus* (ash)

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในเรื่องคุณภาพกันมากขึ้น ดังนั้นตลาดผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ (Neutraceutical) จึงอยู่ในช่วงของการเจริญเติบโตพัฒนาอย่างต่อเนื่องปีละ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์จากมะกอกน้ำมันเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Food) ชนิดหนึ่ง เพราะมีคุณสมบัติช่วยในการลดคอเลสเตอรอล ลดอัตราการเสี่ยงของโรคหัวใจ และมะเร็งในลำไส้ใหญ่ ได้มีการศึกษาและสำรวจแล้วว่าประชากรในแถบเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งเป็นแหล่งปลูกมะกอกน้ำมันที่สำคัญ นิยมบริโภคน้ำมันมะกอกในปริมาณสูงเป็นประจำสำคัญที่ทำให้พวกเขามีปัญหาด้านสุขภาพในเรื่องดังกล่าว่น้อยกว่าในชาวอเมริกันหลายเท่าตัว จึงเป็นเหตุให้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้มีพระราชปรารภกับหลายหน่วยงาน รวมทั้งโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ โครงการ กปร. ได้มีการศึกษาและทดลองปลูกมะกอกน้ำมันในประเทศไทย โดยในช่วงแรกได้มีการนำพันธุ์เข้ามาจากประเทศต่างๆ ได้แก่ อิตาลี สเปน ฝรั่งเศส โมร็อกโก และโครเอเชียเข้ามาปลูก โดยมีการปลูกทดสอบในบริเวณตั้งแต่ชายฝั่งทะเลในภาคตะวันออก ภาคกลาง ในเขตที่สูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของประเทศไทย ผลการทดสอบพบว่าพันธุ์มะกอกน้ำมันที่สามารถปรับตัวออกดอกติดผลได้ในสภาพการปลูกในพื้นที่ภาคกลางและในพื้นที่สูง ได้แก่พันธุ์ Arbequina จากประเทศสเปน แต่การติดผลไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ได้รับการผสมเกสร ผลจึงมีขนาดเล็กและหลุดร่วงไปก่อนแก่ นอกจากนั้นยังมีพันธุ์ที่ออกดอกเพียงครั้ง

เดียวจำนวน 3 ต้น ในเดือนกรกฎาคม 2542 แต่เป็นการออกดอกติดผลที่ปลายกิ่ง ได้แก่พันธุ์ Cornicarba จากประเทศสเปน และพันธุ์ Barnea จำนวน 2 ต้น ออกดอกในเดือนมกราคม 2543 ซึ่งการที่มะกอกน้ำมันพันธุ์ดังกล่าวออกดอกได้เนื่องจากในสภาพก่อนออกดอกมีอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 10-13 องศาเซลเซียส นานติดต่อกันเกิน 7 สัปดาห์

มะกอกน้ำมันบางพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในอียิปต์ ตุรกี และอิสราเอล จะเห็นได้ว่าเป็นการออกดอกและติดผลได้ดีในสภาพที่อากาศไม่หนาวเย็นมาก ในขณะที่พันธุ์อื่นๆต้องการช่วงอุณหภูมิต่ำในการชักนำให้เกิดการพัฒนาตาดอก เนื่องจากมะกอกน้ำมันเป็นไม้ไม่ผลัดใบ จึงไม่ค่อยสามารถมีความทนทานต่อสภาพที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้มากนัก ตาใบและตาดอกจะถูกทำลายเมื่อกระทบกับสภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส กิ่งก้านสาขาและลำต้นจะถูกทำลาย

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีความต้องการช่วงอากาศหนาวเย็นในระยะสั้นจากแหล่งที่พันธุ์ได้มีการปรับตัวแล้วนำมาปลูกในไทย จึงควรมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการคัดเลือกพันธุ์มะกอกน้ำมันที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของไทย จากการรวบรวมพันธุ์มะกอกน้ำมันทั่วโลก โดยคัดเลือกพันธุ์ที่ต้องการความหนาวเย็นต่ำ และจากแหล่งพันธุ์ที่มีสภาพภูมิอากาศที่ไม่หนาวเย็นมากนัก ได้ดำเนินการรวบรวมไว้มากกว่า 40 พันธุ์ และปลูกคัดเลือกพันธุ์ที่สาธารณรัฐอาหรับอียิปต์ ในที่สุดจึงคัดเลือกพันธุ์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของอียิปต์ได้ 10 พันธุ์ (Sari El Deen, 2009)

มะกอกน้ำมันเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น รากสามารถลงได้ลึกประมาณ 10.15 – 80 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตในแนวกว้างของพืชจะเป็น 2-3 เท่าของรัศมีของส่วนยอดสุด ใบของมะกอกน้ำมันมีขนาดเล็ก หนา มีขนเล็กๆเพื่อป้องกันควิตเคิลเพื่อช่วยควบคุมในการคายน้ำ มีการเรียงตัวเป็นคู่ตรงข้าม โดยการเรียงตัวของใบจะมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ตาดอกและตาใบจะอยู่ในบริเวณหุบใบ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ตาใบจะพัฒนาเป็นตาดอก โดยการออกดอกจะเกิดในกิ่งอายุ 1 ปี ดอกจะออกเป็นช่อดอก (paniculate inflorescence) ในแต่ละช่อดอกจะมีประมาณ 15-30 ดอก ขึ้นกับอายุ ความสมบูรณ์ของต้น และพันธุ์ ดอกมะกอกน้ำมันจะมีสีขาวอมเหลือง ก้านดอกสั้น (Sari El Deen, 2009) มะกอกน้ำมันเป็นพืชไม่ผลัดใบ (evergreen) จะมีความต้องการช่วงความหนาวเย็นแตกต่างจากไม้ผลเมืองหนาวทั่วไปที่ต้องการช่วงความหนาวเย็น 150 – 400 ชั่วโมง ตามแต่ชนิดพันธุ์และชนิดพืช แต่ในมะกอกน้ำมันอุณหภูมิที่เหมาะสมในการชักนำให้ดอกออกคืออุณหภูมิกลางวัน 16-22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางคืน 4-6 องศาเซลเซียส มะกอกน้ำมันเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น รากสามารถลงได้ลึกประมาณ 10.15-80 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตในแนวกว้างของพืชจะเป็น 2-3 เท่าของรัศมีของส่วนยอดสุด ใบของมะกอกน้ำมันมีขนาดเล็ก หนา มีขนเล็กๆ เพื่อป้องกันควิตเคิลเพื่อช่วยควบคุมในการคายน้ำ มีการเรียงตัวเป็นคู่ตรงข้าม โดยการเรียงตัวของใบจะมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ตาดอกและตาใบจะอยู่ในบริเวณหุบใบ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ตาใบจะพัฒนาเป็นตาดอก โดยการออกดอกจะเกิดในกิ่งอายุ 1 ปี ดอกจะออกเป็นช่อดอก (paniculate inflorescence) ในแต่ละช่อดอกจะมีประมาณ 15-30 ดอก ขึ้นกับอายุ ความสมบูรณ์ของต้น และพันธุ์ ดอกมะกอกน้ำมันจะมีสีขาวอมเหลือง ก้านดอกสั้น (Sari El Deen, 2009)

Bignami *et al.*, (1994) ศึกษา การเจริญเติบโตของต้นและผลมะกอกน้ำมันพันธุ์ Canino, Leccino, Maurino และ Pendolino ที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน 2 แห่งในตอนกลางของอิตาลี พบว่าสภาพ ภูมิอากาศ มีผลต่อการการเจริญเติบโตของแต่ละพันธุ์ โดยพันธุ์พื้นเมือง Canino เจริญเติบโตช้าที่สุด Bartolini and Fabbri (1994) ได้ศึกษาการปรับตัวของมะกอกน้ำมัน 12 พันธุ์จากอิตาลีที่สามารถแยกพันธุ์ ต่างๆ ออกได้เป็น 4 กลุ่ม พันธุ์ที่มีช่วงระยะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบยาวนานจะให้การเจริญเติบโตของยอด โดยรวมสูงกว่าพันธุ์อื่น เช่นพันธุ์ Carolea, Picholine, Pendolino, Coratina และ Frantoio จะเห็นได้ว่า สภาพแวดล้อมมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

มะกอกน้ำมัน 8 พันธุ์ จากแหล่งปลูก สเปน อิตาลี และอิสราเอล ปลูกเมื่อปี 2540 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มการเจริญเติบโตเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเจริญเติบโตปานกลางถึงดี และ เจริญเติบโตไม่ดี มี เพียงพันธุ์ Arbequina และ Barnea ที่สามารถออกดอกและติดผลในช่วงเดือนมกราคม 2543 มีเพียงพันธุ์ Cornicabra ออกดอกและติดผลที่ปลายกิ่ง ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2549 พันธุ์ Arbequina แสดงการเจริญเติบโต ได้ดีที่สุดในสภาพแวดล้อมของไทย โดยออกดอกและติดผล แต่เป็นการติดผลแบบ parthenocarpic (Pojanagaroon และ Kaewrak, 2003)

ระเบียบและวิธีการ (Research Methodology)

- 1) รวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์มะกอกน้ำมันจากประเทศอียิปต์ จำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ Taffahi, Aggizi , Maraki , Picual , Manzanillo , Coratina , Arbequina , Koroneiki ,Giza 52 และ Giza 91 และ พันธุ์ Unknown ซึ่งขยายพันธุ์มาจากต้นมะกอกน้ำมันที่ประเทศตุรกีมอบให้ในการจัดงานมหกรรมพืชสวนโลก 2549
- 2) จัดเตรียมแปลงปลูก โดยปรับปรุงดินแปลงปลูกโดยใช้ปูนขาว เพื่อปรับระดับความเป็นกรด – ด่างของดิน
- 3) ปลูกมะกอกน้ำมันที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แปลงขุนวาง) ระยะปลูก 3x3 เมตร
- 4) จัดทำร่องระบายน้ำ เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณหลุมปลูกและแปลงปลูก และคลุมบริเวณ โคนต้นด้วยพลาสติก
- 5) ตัดแต่งกิ่งบังคับทรงพุ่มให้เป็นลำต้นเดี่ยว ไว้กิ่งประมาณ 3-4 กิ่งที่ระดับความสูงจากพื้นดิน ประมาณ 60 เซนติเมตร จัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่ง
- 6) การป้องกันกำจัดศัตรูพืชดำเนินการตามความจำเป็น
- 7) วางแผนการให้น้ำในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะช่วงที่มีการพัฒนาจากตาใบเป็น ตาดอก ช่วงการออกดอก และช่วงพัฒนาผล
- 8) เก็บข้อมูล: ลักษณะประจำพันธุ์ บันทึกการเจริญเติบโต การออกดอกและติดผล การเจริญเติบโต โดยวัดขนาดเส้นรอบวงโคนต้น การเข้าทำลายของโรค แมลง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน บันทึกการ ปฏิบัติดูแลรักษา การให้น้ำ การให้ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตรได้รับมอบพันธุ์มะกอกน้ำมันที่ประเทศอียิปต์ได้หุ้ลเกล้าถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา ในเดือนเมษายน 2550 จำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ Taffahi, Aggizi, Maraki, Picual, Manzanillo, Coratina, Arbequina, Koroneiki, Giza 52 และ Giza 91 ทั้งหมดจำนวน 180 ต้น และพันธุ์ Unknown ซึ่งได้จากสวนตุรกี ที่ประเทศตุรกีมอบให้ประเทศไทย จำนวน 1 พันธุ์ ลักษณะต้นที่ได้รับเป็นกิ่งปักชำ โดยได้นำไปปลูกที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แปลงขุนวาง) ซึ่งมีลักษณะดินร่วนปนทราย เนื้อดินหยาบ สีน้ำตาลแดง แปลงปลูกเป็นชั้นบันไดเชิงเขา อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาวอยู่ระหว่าง 12 – 23 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 1,600 มิลลิเมตรต่อปี ลงปลูก ธันวาคม 2550

สถานที่ทำการวิจัย

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

สถาบันวิจัยพืชสวน

ระยะเวลาดำเนินการ

เริ่มต้น 2559 สิ้นสุด 2561

ผลการวิจัย (Results)

1. การเจริญเติบโต จากการทดลองปลูกมะกอกน้ำมันเมื่อเดือนธันวาคม 2550 จำนวน 10 พันธุ์ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ในช่วงปี 2551-2561 โดยใช้ต้นพันธุ์จากประเทศอียิปต์ และ จำนวน 1 พันธุ์จากประเทศตุรกี พบว่าพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีและสม่ำเสมอ คือ พันธุ์ Koroneiki ซึ่งในการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะกอกน้ำมันนั้น สามารถเจริญเติบโตได้ตลอดรอบปี อัตราการเจริญเติบโตขึ้นกับปัจจัยอุณหภูมิ การให้น้ำ และ solar radiation โดยทั่วไปการเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิต่ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโต รวมทั้งการให้น้ำ โดยการอาศัยน้ำฝนอย่างเดียว พบว่าการให้น้ำจะช่วยให้การเจริญเติบโตทางยอดและการเจริญทางใบในช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูใบไม้ร่วง จะเห็นได้ว่าจะมีช่วงการแตกยอดใหม่สองช่วงในช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูใบไม้ร่วง (Conner and Fereres, 2005) และที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่พบว่าช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงโคนต้นในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม ในช่วงปี 2552-2554 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ตอบสนองต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมในช่วงปี 2552-2554 ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม เฉลี่ยต่อเดือน 12.9, 3.3, 88.8, 109.7, 310.5, 297.5, 213.5, 388.4, 426.2, 418.0, 4.1 และ 10.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85, 65, 72, 75, 87, 91.7, 91, 93.7, 94.7, 95.3, 90 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีมะกอกน้ำมันพันธุ์ Koroneiki พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.39, 1.77, 2.30, 1.03 และ 1.01 มิลลิเมตร ในช่วงเดือนมกราคม- ธันวาคม

มะกอกน้ำมันซึ่งเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์เรเนียน มีการปลูกเป็นการค้าในพื้นที่ช่วงละติจูด 30-45 องศาเหนือ และได้ โดยทั่วไปมีลักษณะภูมิอากาศร้อน ปริมาณน้ำฝนน้อยในช่วงฤดูร้อน ส่วนในช่วงฤดูหนาวมีอากาศไม่หนาวเย็นมากนัก (Conner and Fereres, 2005) มะกอกน้ำมันเป็นพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (day-neutral plant) โดยที่ในช่วงที่มีการพัฒนาให้เกิดการชักนำให้ตาดอกพัฒนามากถึงอายุ 1 ปี ในขณะเดียวกันปฏิสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมปัจจัยภายนอก และสภาพทางสรีรวิทยาภายในพืชตอบสนองต่อการทำการ

พัฒนาตาดอกจากช่วงฤดูร้อนจนถึงฤดูใบไม้ผลิ Moriana *et.al.* (2003) พบว่าการเจริญเติบโตของลำต้นในสภาพที่ขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตในช่วงแล้ง ทำให้การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะกอกน้ำมันพันธุ์ Koroneiki ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ชะลอการเจริญเติบโตในช่วงที่อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.77- 1.03 เซนติเมตรในช่วงเดือนเมษายน-ตุลาคม ในช่วงปี 2552-2554

ในเมดิเตอร์เรเนียนการเจริญเติบโตทางกิ่งจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงปลายฤดูใบไม้ร่วง (Fernandez and Moreno, 1999) ในการศึกษาการพัฒนาของมะกอกน้ำมันได้มีรายงานว่ามีสองช่วงของการพัฒนาในระยะ vegetative growth (Zigarevic, 1959; Pansiot and Rebour, 1961) ในระยะแรกคือช่วงฤดูใบไม้ผลิก่อนการบานของดอก (Bignami *et. al.*, 1993) ในขณะที่ระยะที่สองเกิดขึ้นในช่วงฤดูใบไม้ร่วงเมื่ออุณหภูมิลดลงในเวลากลางวัน (Lavee, 1997) อย่างไรก็ตามสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาการเจริญเติบโต ตลอดจนความแตกต่างเรื่องเวลาและอัตราการเจริญเติบโตขึ้นกับตำแหน่งสถานที่และรอบปี สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมากจะมีผลมากกว่าอิทธิพลจากพันธุกรรมซึ่งจะเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความแตกต่างในทางชีวภาพ ในการเร่งการเจริญเติบโตและการชะลอการเจริญเติบโตในระยะใดก็ตามจะมีผลต่อคุณภาพ (Rollo, 1998) ในการศึกษาพบว่าพันธุ์มะกอกน้ำมันที่มีการเจริญเติบโตที่เส้นรอบวงโคนต้น คือ Coratina, Maraki, Koroneiki, Giza52, Aggizi, Picual, Arbequina, Unknown, Toffahi, Manzanillo และ Giza91 โดยมีขนาด 60.25, 50.75, 47.8, 39.5, 37, 36.33, 35.0, 30.88, 30.33, 26 และ 0 เซนติเมตรตามลำดับ ส่วน Giza 52 ในปี 2559 ตันตาย

ในการเจริญเติบโตของมะกอกน้ำมันเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ (biological process) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่าง biennial cycle โดยมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศและผลผลิต (Climato *et.al.*, 1990; Bandido and Dettori, 2001) ในพืชที่โตเต็มที่แล้วการเจริญเติบโตในปีปัจจุบันเป็นฐานของการเจริญเติบโตในปีถัดไป ได้แก่ การออกดอกและการให้ผลผลิต ดังนั้นการที่รักษาให้มผลผลิตดีต่อเนื่องทุกปีมีความจำเป็นอย่างมาก การเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative growth) ในทุกปี (Michelakis, 2000) แต่ในพืชที่อายุไม่มากนักพลวัต (dynamics) ของการเจริญเติบโตและการติดผลยังไม่มีข้อมูลมากนัก

2. การออกดอก จากการศึกษาพบว่ามะกอกน้ำมันที่ปลูกที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ เมื่อเดือนธันวาคม 2550 โดยใช้ต้นพันธุ์จากประเทศอียิปต์ โดยวิธีการปักชำ พบว่าเริ่มมีการออกดอกครั้งแรกหลังปลูกไปแล้วเมื่ออายุ 1 ปี 2 เดือน ช่อดอกของมะกอกน้ำมันเป็นแบบ panicle จะออกที่ซอกใบด้านตรงข้ามกับใบ ซึ่งเกิดบนกิ่งเล็กๆ ที่มีอายุประมาณ 1 ปี ในแต่ละช่อดอกควรมีดอกย่อยประมาณ 15 – 30 ดอกต่อช่อ ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์และการพัฒนาในช่วงปี ดอกมะกอกน้ำมันจะมีสี เหลือง – ขาว ก้านดอกสั้น มี 4 กลีบ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการพัฒนาตาดอกจะอยู่ในช่วง อุณหภูมิสูงสุด 16 – 22 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน และ ช่วงอุณหภูมิ 4 – 6 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน และหากว่าอุณหภูมิกลางคืนเกิน 7.5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียสในเวลากลางวันก็จะไม่ออกดอก ทั้งนี้ในแต่ละพันธุ์มีความต้องการช่วงความหนาวเย็นแตกต่างกัน และบางพันธุ์สามารถออกดอกและติดผลได้เมื่อได้รับช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่นานมาก (Seif el Deen, 2553) ในปี 2552 พบว่าในพันธุ์ Arbequina 4 ต้น Koroneiki 2 ต้น Taffahi 1 ต้น ออกดอกซึ่งในเบื้องต้นแสดงถึงความพร้อมของพันธุ์ในการออกดอก แต่ลักษณะดอกที่ออกเป็นดอกที่ไม่สมบูรณ์

พันธุ์มะกอกน้ำมันที่ออกดอก ได้แก่ พันธุ์ Koroneiki, Arbequina, Taffahi, Picual, Coratina, Maraki, Aggizi, Giza 91, Giza 92 และ Unknown (ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ขยายพันธุ์จากต้นที่ประเทศตุรกีมอบให้ในการสร้างสวนตุรกีระหว่างการจัดงานพืชสวนโลก 2549) ส่วนพันธุ์ Manzanillo ไม่มีการออกดอก ทั้งนี้มีเพียงบางพันธุ์เท่านั้นที่สามารถพัฒนาผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ได้แก่ พันธุ์ Koroneiki, Coratina, Arbequina, Taffahi, Picual และ Maraki ดอกมะกอกน้ำมันเริ่มแทงช่อดอกในช่วงเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากในระหว่างการได้รับอุณหภูมิต่ำจะมีการสร้างสารฮอร์โมนที่จะช่วยกระตุ้นในการแตกตา แต่ในการแบ่งเซลล์ก็มีความต้องการอุณหภูมิสูงซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงกลางวัน แต่ในปี 2554 และ 2555 มะกอกน้ำมันออกดอกในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม มีสาเหตุจากในเดือนพฤศจิกายน 2554 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 12.6 องศาเซลเซียส แล้วดอกเริ่มแทงช่อเดือนพฤศจิกายน แล้วมีระยะเวลาในการแทงช่อดอกค่อนข้างยาวคือจนถึงวันที่ 25 มกราคม 2555 แต่ส่วนใหญ่ดอกบานในช่วงปลายเดือนมกราคม-เดือนกุมภาพันธ์ ในปี 2555 ซึ่งได้รับอิทธิพลจากได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2554 ดังนี้ 15.9, 12.6 และ 10.6 องศาเซลเซียส และในเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2555 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 12.4 และ 12.9 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2554 ดังนี้ 94, 87 และ 90 เปอร์เซ็นต์และในเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2555 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.1 และ 67.3 เปอร์เซ็นต์ ในการกระตุ้นในการแตกตาดอก ซึ่งตาดอกและตาใบ ได้มีการพัฒนาในช่วงปีที่ผ่านมาแล้วยังอยู่ในช่วงการพักตัว และได้รับการกระตุ้นโดยอุณหภูมิต่ำให้มีการแทงช่อดอก ซึ่งในระดับอุณหภูมิต่ำสามารถใช้อุณหภูมิสะสมได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตาใบเป็นตาดอกคือช่วงอุณหภูมิ 7-8 องศาเซลเซียส ในเวลากลางคืน และช่วงอุณหภูมิ 20-21 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และความแตกต่างกันของช่วงอุณหภูมิในเวลากลางวันและเวลากลางคืนมีอิทธิพลอย่างมากในการเปลี่ยนตาใบเป็นตาดอก (Seif el Deen , 2553)

Hartmann 1953; Hartmann and Porlingis 1958; Hackett and Hartmann 1967; Hartmann and Whisler 1975 ได้ศึกษาบทบาทพื้นฐานของอุณหภูมิ รวมทั้งการต้องการช่วงความหนาวเย็น (chilling) ในการตอบสนองการออกดอก Denney and McEachern (1983) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ควบคุมการออกดอกที่ระดับ 2-4 องศาเซลเซียส และ 15.5-19 องศาเซลเซียส พืชจะเจริญเติบโตไม่มากนักที่ระดับอุณหภูมิคงที่ 7 องศาเซลเซียส ถ้าการออกดอกผันผวนตามระดับอุณหภูมิซึ่งจะหมายความว่าในระดับที่ความสมดุลของอุณหภูมิระหว่าง chilling signal (vernalization) จะปลดปล่อยให้เกิดการชักนำตาสำหรับการพัฒนาต่อไป และในสภาพที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจะสนับสนุนในการเจริญเติบโตด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องโดยปราศจากผลกระทบการย้อนกลับของ chilling effect (vernalization) เป็นที่ทราบกันว่ารูปแบบนี้จะสามารถปรับใช้ได้ หรือหากระดับอุณหภูมิหรือระยะเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ เป็นที่ทราบกันว่าอย่างไรก็ตามความต้องการความหนาวเย็น (chilling requirement) ไม่ใช่คำตอบสมบูรณ์นักของการออกดอกในมะกอกน้ำมัน เนื่องจากการออกดอกของมะกอกน้ำมันและการติดผลในพื้นที่เขตกึ่งร้อนอื่นๆที่ต้องการ vernalization ยังไม่พบ

Rallo และ Cuevas (2008) พบว่าตาดอกถูกชักนำในปีที่ผ่านมา หากได้รับอุณหภูมิต่ำเพียงพอในการชักนำการออกดอก จะทำให้กายวิภาคของตาดอกพัฒนา และการสะสมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำให้อาตาดอก Malik และ Perez (2011) พบว่าในการสะสมชั่วโมงความหนาวเย็นเพื่อการออกดอก และอุณหภูมิที่สูงขึ้นใน

ระหว่างช่วงฤดูหนาวนั้น มีผลกระทบทางตรงข้ามต่อการแตกตาดอก ทำให้จำนวนชั่วโมงความหนาวเย็นน้อย และการแตกตาดอกน้อย ดังนั้น การออกดอกและติดผลจะลดลงเมื่อจำนวนชั่วโมงความหนาวเย็นไม่เพียงพอในระดับที่ละติจูดต่ำกว่า 30

จากผลการศึกษาการออกดอกและติดผล ในช่วงปี 2552 – 2560 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ตารางที่ 3, 4 และ 5) พบว่า

1. ปี 2552 พันธุ์ Koroneiki, Arbequina และ Taffahi ออกดอก เมื่อมีอายุประมาณ 1 ปี 2 เดือน (ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552) จำนวน 3 พันธุ์ 10 ต้น แต่มีเพียงพันธุ์ Koroneiki ที่มีการพัฒนาผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้

2. ปี 2553 พันธุ์ Koroneiki, Coratina, Arbequina และ Taffahi ออกดอกวันที่ 22 มกราคม 2553 จำนวน 4 พันธุ์ 8 ต้น แต่มีเพียงพันธุ์ Koroneiki ที่มีการพัฒนาผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้ ช่อดอกที่เกิดแบบ raceme เกิดในบริเวณซอกใบ มีจำนวนดอกมากกว่าปี 2552 ผลมีการพัฒนาในเดือน มีนาคม 2553 แต่บางส่วนแห้งกลายเป็นสีน้ำตาล ต่อมาวันที่ 17-19 มีนาคม 2553 เกิดฝนตกมากถึง 38.4 มิลลิเมตร ทำให้ผลที่มีขนาดเท่าหัวไม้ขีดร่วงเกือบหมด ส่วนที่เหลือพบว่ามีพัฒนาจนผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร เกิดการร่วงและแห้งกลายเป็นสีน้ำตาล เพราะหลังจากวันที่ 19 มีนาคม -31 พฤษภาคม 2553 มีความชื้นในอากาศเฉลี่ยน้อยมาก (32.4-45.6 เปอร์เซ็นต์) โดยเฉพาะช่วงเวลากลางวัน พบว่า แต่มีเพียงพันธุ์ Koroneiki ที่มีการพัฒนาผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้

3. ปี 2554 พันธุ์ Koroneiki ออกดอกเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2554 จำนวน 1 พันธุ์ 4 ต้น ได้แก่ ต่อมาติดผล และร่วงทั้งหมด เนื่องจากฝนตกหนักมากในเดือน มีนาคม -เมษายน 2553 คือ 200.1 และ 195 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4. ปี 2555 พันธุ์ Koroneiki จำนวน 10 ต้น พันธุ์ Arbequina จำนวน 3 ต้น และพันธุ์ Picual จำนวน 3 ต้นออกดอกเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2555-25 มกราคม 2555 จำนวน 3 พันธุ์ 16 ต้น พบว่าดอกมีการบานทั้งต้น มากกว่าทุกๆปี ที่ผ่านมา เริ่มติดผล 21-28 กุมภาพันธ์ 2555 และผลมีการพัฒนาทั้งหมด 61 ผล แต่ร่วงเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในเดือน มีนาคม 2555 มีพายุฝนรุนแรงมาก ทำให้ผลมีการสุกแก่สามารถเก็บเกี่ยวผลในวันที่ 30 กรกฎาคม 2555 ได้แก่ พันธุ์ Koroneiki 3 ต้นได้ 7 ผล และ พันธุ์ Arbequina 3 ต้นได้ 5 ผล

5. ปี 2556 พันธุ์ Koroneiki ออกดอก 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เริ่มออกดอกเมื่อวันที่ 20-30 มกราคม 2556 จำนวน 1 พันธุ์ 10 ต้น ตำแหน่งที่ออกปลายยอดกิ่ง ซึ่งเป็นช่อดอกที่ไม่สมบูรณ์ เริ่มติดผลเมื่อวันที่ 1-14 กุมภาพันธ์ 2555 และผลพัฒนาทั้งหมด 20 ผล สุกท้ายผลร่วง ครั้งที่ 2 ออกดอกเมื่อวันที่ 15-30 เมษายน 2556 ดอกร่วง แต่บางส่วนติดผลแต่เป็นผลไม่สมบูรณ์ ร่วงทั้งหมด

6. ปี 2557 พบว่า พันธุ์มะกอกน้ำมันที่มีการออกดอก พัฒนาผล และเก็บเกี่ยว จำนวน 4 พันธุ์ 7 สายต้น ได้แก่

(1) พันธุ์ Koroneiki ออกดอกจำนวน 4 ต้น เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557 (ออกดอก 100 เปอร์เซ็นต์) และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 4 มีนาคม 2557 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 2 เมษายน 2557 เปลี่ยนสีผิวผล วันที่ 17 กรกฎาคม 2557 และเก็บเกี่ยวผลวันที่ 29 กรกฎาคม-15 สิงหาคม 2557

(2) พันธุ์ Taffahi ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 4 มีนาคม 2557 เริ่มติดผลอ่อนเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2557 เปลี่ยนสีผิวผล วันที่ 17 กรกฎาคม 2557 และเก็บเกี่ยวผลวันที่ 22 กรกฎาคม 2557

(3) พันธุ์ Picual ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์วันที่ 4 มีนาคม 2557 เริ่มติดผลอ่อนวันที่ 8 เมษายน 2557 แต่ผลร่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2557

(4) พันธุ์ Unknown จากประเทศตุรกี ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 11 มีนาคม 2557 แต่ดอกร่วงวันที่ 8 เมษายน 2557

สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะกอกน้ำมันในปี 2557 พบว่า เก็บเกี่ยว ได้ 2 พันธุ์ 5 สายต้น 127 ผล ได้แก่ Koroneiki จำนวน 4 สายต้น และ Taffahi จำนวน 1 สายต้น โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 1.07 กรัม ความกว้างเฉลี่ย 10.73 มิลลิเมตร และ ความยาวเฉลี่ย 17.78 มิลลิเมตร

7. ปี 2558

(1) พันธุ์ Koroneiki ออกดอกจำนวน 4 ต้น เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 4 มีนาคม 2557 เริ่มติดผลอ่อนวันที่ 2 เมษายน 2557 เปลี่ยนสีผิวผล วันที่ 17 กรกฎาคม 2557 และเก็บเกี่ยวผลวันที่ 29 กรกฎาคม-15 สิงหาคม 2557

(2) พันธุ์ Coratina ออกดอกจำนวน 1 ต้น ดอกบานเต็มที่ วันที่ 16 มีนาคม 2558 วันเริ่มติดผล วันที่ 2 เมษายน 2558 แต่ดอกร่วงไม่ติดผล

(3) พันธุ์ Arbequina ออกดอกจำนวน 1 ต้น ดอกบานเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 16 มีนาคม 2558 แต่ดอกร่วงไม่ติดผล

(4) พันธุ์ Taffahi ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2558 ดอกบานเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 16 มีนาคม 2558 เริ่มติดผลอ่อนวันที่ 8 เมษายน 2558 แต่ดอกร่วงไม่ติดผล

(5) พันธุ์ Picual ออกดอกจำนวน 2 ต้น ดอกบานเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เดือนมีนาคม 2558 เริ่มติดผลอ่อนเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2558

8. ปี 2559

(1) พันธุ์ Koroneiki ออกดอกจำนวน 2 ต้น (Koroneiki B2T1, Koroneiki B2T6)

(2) พันธุ์ Coratina ออกดอกจำนวน 1 ต้น (Coratina B3T14)

(3) พันธุ์ Arbequina ออกดอกจำนวน 2 ต้น (Arbequina BT5, Arbequina B3T13)

(4) พันธุ์ Taffahi ออกดอกจำนวน 1 ต้น (Taffahi B11T5)

(5) พันธุ์ Picual ออกดอกจำนวน 3 ต้น (Picual B3T6, Picual B9T12, Picual B10T13)

(6) พันธุ์ Maraki ออกดอกจำนวน 1 ต้น (Maraki B1T4)

เริ่มแทงช่อดอกเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2559 (ออกดอก 100 เปอร์เซ็นต์) และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 เปอร์เซ็นต์เดือนมีนาคม 2559 จำนวน 7-14 ดอกต่อช่อ เริ่มติดผลอ่อนวันที่ 29 มีนาคม 2559 และเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือน กรกฎาคม- สิงหาคม 2559

9. ปี 2560 พบว่า พันธุ์มะกอกน้ำมันที่มีการออกดอก และพัฒนาผล จำนวน 7 พันธุ์ 13 สายต้น ได้แก่

(1) พันธุ์ Koroneiki ออกดอกจำนวน 3 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 ดอกบาน 100 % วันที่ 20 มีนาคม 2560 โดยมีจำนวน 9-15 ดอกต่อช่อ เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม – เมษายน 2560

(2) พันธุ์ Giza 91 ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 % เดือนมีนาคม 2560 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 7-9 ดอกต่อช่อ เมษายน 2560 ผลพัฒนาแบบไม่สมบูรณ์

(3) พันธุ์ Arbequina ออกดอกจำนวน 3 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 % เดือนมีนาคม 2560 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 9-13 ดอกต่อช่อ เดือนเมษายน 60 มีการพัฒนาผล เก็บผลผลิต จำนวน 26 ผล เดือนสิงหาคม 60

(4) พันธุ์ Coratina ออกดอกจำนวน 2 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 (ออกดอก 50 %) และใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงดอกบาน 100 % เดือนมีนาคม 2560 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 10-15 ดอกต่อช่อ

(5) พันธุ์ Taffahi ออกดอกจำนวน 2 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 พัฒนาจนถึงดอกบาน เดือนมีนาคม 2560 เริ่มติดผลก่อน วันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 9-22 ดอกต่อช่อ

(6) พันธุ์ Giza 92 ออกดอกจำนวน 1 ต้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2560 พัฒนาจนถึงดอกบาน 50 % เดือน กุมภาพันธ์ 2560 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 7-9 ดอกต่อช่อ เมษายน 2560 ผลพัฒนาแบบไม่สมบูรณ์ และผลร่วงในที่สุด

(7) พันธุ์ Aggizi ออกดอกจำนวน 1 ต้น เดือนกุมภาพันธ์ 2560 พัฒนาจนถึงดอกบาน 100% เดือนมีนาคม 2560 เริ่มติดผลก่อนวันที่ 29 มีนาคม 2560 จำนวน 9-13 ดอกต่อช่อ เมษายน 60 มีการพัฒนาผล พบว่าพัฒนาแบบไม่สมบูรณ์

ข้อสังเกตแบ่งกลุ่มพันธุ์ที่มีการออกดอกตามลำดับดังนี้

1. พันธุ์ Koroneiki พบต้นที่มีการออกดอกเกือบทุกปีมากที่สุด 7 ปี คือ KoroneikiB2T1 , KoroneikiB2T6 5 ปี คือ KoroneikiB2T15 และ 4 ปีคือ KoroneikiB1T2 KoroneikiB1T15 แสดงว่า สายต้นดังกล่าวมีลักษณะที่ดี แตกต่างจาก Koroneiki ต้นอื่นๆ และพบว่า การวางผังแปลงไม่มีผลต่อการออกดอกและติดผล แสดงว่า มะกอกน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ มีดอกที่สมบูรณ์เพศ พร้อมทั้งจะให้ผลผลิตได้

2. พันธุ์ Picual พบต้นที่มีการออกดอกเกือบทุกปีมากที่สุด 4 ปี คือ PicualB3T6 และ 3 ปี คือ Picual B9T12

3. พันธุ์ Taffahi พบต้นที่มีการออกดอกเกือบทุกปีมากที่สุด 4 ปี คือ TaffahiB11T5

Cimato et.al. (2001) กล่าวว่ามะกอกน้ำมันต้องการรูปแบบช่วงอุณหภูมิเฉพาะสำหรับการพัฒนาการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ระดับอุณหภูมิที่ต้องการต่ำสุด 2-4 องศาเซลเซียส สูงสุด 14-18 องศาเซลเซียส สำหรับการติดผล 25-28 องศาเซลเซียสเหมาะสมกับการสังเคราะห์แสงในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง ส่วนในช่วงฤดูหนาวไม่

ควรต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 32 องศาเซลเซียสพืชจะหยุดการเจริญเติบโต เซลล์จะเสียหาย (cellular damage) จะสังเกตได้ชัดเจนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 44 องศาเซลเซียส (Mancuso and Azzarello, 2002) 15-30 องศาเซลเซียสจะเป็นช่วงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสง (Krueger, 1994) Krueger (1994) พบว่าการหายใจซึ่งถูกกระตุ้นโดยเอนไซม์จะตอบสนองต่ออุณหภูมิมากที่ระดับ 10-30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงทุก 10 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะมีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสองเท่าทุกระดับ 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น มีนักวิจัยหลายรายรายงานวาระดับอุณหภูมิที่จำกัดการพัฒนาทาง reproduction ที่ระดับ 30-35 องศาเซลเซียส ได้แก่ การออกดอก การผสมเกสร การติดผล หากอุณหภูมิสูงจะมีผลกระทบเสียหายเมื่ออุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสภาพแวดล้อมแห้งและลมแรง ละอองเกสรของมะกอกน้ำมันจะงอกได้ดีอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส หากสูงกว่านี้จะมีผลต่อการงอกของละอองเกสร (Cuevas, 1994; Koubouris et.al., 2009) จากที่กล่าวเป็นการยืนยันได้ว่าช่วงอุณหภูมิที่ 15-30 องศาเซลเซียส เหมาะสมในการสังเคราะห์แสง และปฏิกิริยาต่างๆในพืช (Krueger, 1994) จากสาเหตุสภาพอากาศที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ มีช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงปี 2552-2561 ต่ำสุดในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม เฉลี่ยประมาณ 9.3- 10.5 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงต่ำสุดในปี 2557-2559 อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคมที่ระดับเฉลี่ยประมาณ 5.12-6.66 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าช่วงอุณหภูมิสูงกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในระหว่างการพัฒนาตาดอก พบว่าในวันที่มีการสะสมอุณหภูมิความหนาวเย็นที่เหมาะสม (adequate chilling hour accumulation) แต่ระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วงปี 2552-2561 พบว่า ประมาณ 24.2-28.5 องศาเซลเซียส ทำให้ทราบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงกว่า 21 องศาเซลเซียสบางวันทำให้กระบวนการ vernalization เกิดการย้อนกลับบางส่วน กระบวนการนี้จะเกิดก่อนที่สิ้นสุดกระบวนการ vernalization (De- Melo- Abreu et.al. , 2004; Malik and Perez, 2011) จึงเป็นสาเหตุให้การออกดอกไม่ออกดอกสม่ำเสมอในทุกปี

3. ผลผลิต จากผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ในช่วงปี 2552 – 2560 พบว่าพันธุ์ Koroneikei มีการออกดอกและติดผลเกือบทุกปี ในปี 2552, 2553, 2555, 2557, 2558, 2559 และ 2560 โดยในปี 2554 และ 2556 พบการออกดอกแต่ผลร่วง เนื่องจากช่วงติดผลมีลมแรงมาก ส่วนพันธุ์อื่น ได้แก่ พันธุ์ Arbequina ออกดอกติดผลในปี 2555 2558 และ 2559 พันธุ์ Corotina และ Picual ออกดอกติดผลในปี 2558 และ 2559 พันธุ์ Taffahi ออกดอกติดผลในปี 2557 2559 และ 2560 พันธุ์ Maraki ออกดอกติดผลในปี 2559 ส่วนพันธุ์ Agizzi, Giza 92, Giza 52 และ Unknown มีการออกดอกแต่ไม่ติดผล ทั้งนี้ในการติดผลในระยะ PS71 จะเห็นได้ในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกหลังดอกบานซึ่งจะติดผลประมาณ 10-15% และหลังจากดอกบาน 4-5 สัปดาห์การติดผลจะลดลงเหลือ 7-10% ระยะ PS75 และสุดท้ายเมื่อเก็บเกี่ยวจะเหลือผลประมาณ 5% (Rapoport and Rollo, 1991) ในขณะที่บางรังไข่มีการพัฒนา parthenocarpic โดยปราศจากการผสมเกสร จะมีส่วนน้อยพัฒนาได้จนถึงการเก็บเกี่ยว (Rapoport, 1998) อย่างไรก็ตามสภาพแวดล้อมและสรีรวิทยาต่างก็มีผลกระทบต่อการพัฒนาตาดอก การผสมเกสรและการปฏิสนธิ ตลอดจนความสมบูรณ์ของดิน การให้ปุ๋ย ผลมะกอกน้ำมันมักพบติดผลเพียงผลเดียวต่อช่อดอกก็มีประสิทธิภาพแล้ว (Rallo and Fernández-Escobar, 1985) ในการพัฒนาของผลมะกอกน้ำมัน (ผลแบบ drupe) ในช่วง 4-5 สัปดาห์ (PS71 – PS89) มีความเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดเซลล์ กระบวนการเมตาโบลิซึม หลังจาก 1-2 เดือนเป็นช่วงที่เซลล์มีการแบ่งตัวอย่างมากพบว่ามี 80% ของเซลล์มีการสร้างในช่วงนี้

(Manrique et. al. 1999) ในช่วง 2-3 เดือนหลังจากติดผลจะเป็นช่วงที่ผลจะปกคลุมด้วยชั้นของไข การพัฒนาของชั้น mesocarp ซึ่งจะพัฒนา vacuoles และ endocarpจนสิ้นสุดที่เมล็ดในพัฒนาจนแข็งตัว (pit hardening; PS75) และหยุดการขยายขนาด หลังจากนั้นจึงมีการสะสมปริมาณน้ำมันจนกระทั่งสุกแก่ ทั้งนี้ในกระบวนการพัฒนาผล ขนาดผล น้ำหนัก สัดส่วนเนื้อและเมล็ด ปริมาณน้ำมัน เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศ การติดผลมากน้อยหรือไม่ และที่สำคัญคือการจัดการแปลง และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ประกอบกัน

จากการติดผลและพัฒนาผลมะกอกน้ำมันที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จะเห็นว่าในพันธุ์ Koroneiki ในปี 2555 มีการออกดอกเต็มต้น แต่มีการติดผลน้อย และบางส่วนผลผลิตมีการพัฒนาผลแบบ parthenocarpic fruit ทำให้ร่วงก่อนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ความสมบูรณ์ของต้นเป็นปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนให้ต้นมีความแข็งแรง และพร้อมในการออกดอก และอุณหภูมิในปี 2555 พบว่าในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2554 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 15.9, 12.6, 10.6 องศาเซลเซียสตามลำดับ และในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม 2555 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 12.4, 12.9 และ 16 องศาเซลเซียสตามลำดับ พบว่ามะกอกน้ำมันออกดอกทั้งต้น จำนวน 16 ต้น ได้แก่พันธุ์ Koroneiki 10 ต้น Arbequina 3 ต้น Picual 3 ต้น โดยเริ่มเห็นตาดอกเริ่มพัฒนาตั้งแต่ 25 ธันวาคม 2554 และดอกบานเต็มที่ในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 และพบการติดผลในช่วงวันที่ 21-28 กุมภาพันธ์ 2555 แต่ในช่วงเดือนมีนาคม 2555 ฝนตกและลมแรงมากทำให้ผลร่วงไปจำนวนมาก มีเพียงบางส่วนที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ 2 พันธุ์เท่านั้น จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าระดับอุณหภูมิต่ำ 10-15 องศาเซลเซียส ช่วยให้เกิดการออกดอกจำนวนมาก และที่ระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วงดังกล่าว ได้แก่ เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2554 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 27.2, 27.1 และ 26.9 องศาเซลเซียสตามลำดับ และในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม 2555 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 26.8, 28.5 และ 29.7 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งระดับอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่เกิดการ devernalization จึงแสดงว่าต้นได้มีการสะสมความเย็นมากเพียงพอ และไม่เกิดการยับยั้งกระบวนการ vernalization จึงทำให้มีการออกดอกได้เต็มที่

ผลผลิตมะกอกน้ำมันพบว่าสามารถเก็บเกี่ยวได้ในปี 2557 2558 2559 และ 256 ในพันธุ์ Koroneiki, Picual, Arbequina, Coratina, Maraki และ Taffahi ซึ่งมีรายละเอียดลักษณะทั่วไปของแต่ละพันธุ์ ดังนี้

1) Koroneiki เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศกรีซ ขนาดผลเล็ก (ประมาณ 1-2 กรัม) ออกดอกติดผลได้เร็ว ปริมาณน้ำมันสูง ผลผลิตสูง สุกแก่ในช่วงกลางถึงปลายฤดูกลาง ทนทานต่อโรค ดูแลง่าย (<http://www.australisplants.com.au/olives/olivevarieties.htm>) ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 0.99-1.04 กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 10.4-11.5 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 17.2-18.5 มิลลิเมตร

2) Picual เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศสเปน ทรงพุ่มขนาดเล็ก ประมาณ 5 เมตร ขนาดผลปานกลาง (ประมาณ 3-4 กรัม) ออกดอกติดผลเร็ว ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำมันสูง สุกแก่ในช่วงกลางถึงปลายฤดูกลาง ทนทานอากาศเย็น เป็นพันธุ์ที่ผสมตัวเองได้ แต่หากผสมข้ามจะทำให้ติดผลผลิตได้ดียิ่งขึ้น กิ่งอ่อนมีสี Greish green ใบเรียวยาว มีส่วนกว้างครึ่งใบ ใบด้านบนเขียวเข้ม ด้านใต้ใบสีเขียวเงิน (silvery green) ผลแบบ drupe รูปทรง ellipsoidal บริเวณปลายผลแหลม (<http://www.australisplants.com.au/olives/olivevarieties.htm> และ

<http://www.aceitesborges.es/english/sa-aceitunas.php....6/6/2550>) ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีผลสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.0-4.8 กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 8.1-14.4 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 23.3-24.0 มิลลิเมตร

3) Arbequina เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศสเปน ขนาดผลเล็ก (ประมาณ 1-2 กรัม) ออกดอกติดผลเร็ว ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำมันสูง สุกแก่ในช่วงต้นถึงกลางฤดูการ เจริญเติบโตได้ดีในที่อากาศอุ่นและอากาศเย็น สามารถปลูกเป็นไม้กระถางได้ และเหมาะสมในการปลูกแบบประณีต เป็นพืชผสมตัวเอง มีกลิ่นหอม สีของกิ่งอ่อนมีสีเขียวเทาเข้ม ผลรูปไข่ สั้น (<http://www.australisplants.com.au/olives/olivevarieties.htm> และ <http://www.oliveoil.com/varieties.html>) ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีผลสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 1.95-2.97 กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 17.8-18.6 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 6.9-19.7 มิลลิเมตร

4) Coratina เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศ Apulia และอิตาลี ขนาดผลปานกลาง (ประมาณ 2-3.5 กรัม) ปริมาณน้ำมันสูง สุกแก่ในช่วงปลายฤดูการ ทนอากาศเย็นได้ดี มักใช้ในการดองผลสีเขียว (<http://www.australisplants.com.au/olives/olivevarieties.htm>) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2-2.2 กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 11.12-13.59 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 17-19.67 มิลลิเมตร

5) Maraki ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 13.1 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 17.1 มิลลิเมตร

6) Taffahi ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีสีม่วงดำ มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 1.3-4.67 กรัมต่อผล ขนาดความกว้างผลเฉลี่ย 10.8-18.7 มิลลิเมตร ขนาดความยาวผลเฉลี่ย 18.5-22.08 มิลลิเมตร

4. องค์ประกอบทางเคมี ในกระบวนการสะสมน้ำมันในผลมะกอกน้ำมันนั้น ในตอนเหนือของเมดิเตอร์เรเนียนการสะสมน้ำมันจะเริ่มในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกบาน และจะเก็บเกี่ยว 104 วันหลังดอกบาน ทั้งนี้การสุกแก่จะขึ้นกับน้ำและน้ำหนัสดที่หายไปเพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำมัน การสะสมน้ำมันจะสะสมทั้งในเนื้อและผล แต่กระบวนการสะสมน้ำมันแตกต่างกันในเนื้อผลและในเมล็ด สัดส่วนของน้ำมันจากเมล็ดต่อเนื้อผลจะน้อย ดังนั้นองค์ประกอบของน้ำมันส่วนใหญ่จะอยู่ในเนื้อผล ซึ่งการให้น้ำจะมีผลต่อการสะสมน้ำมันและสารประกอบฟีนอล นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมน้ำมันคือปริมาณแสงแดด หากมีน้อยจะทำให้อัตราการสะสมลดลง ส่วนอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดไม่มีส่วนกระทบเช่นกัน (Berton et. al., 2009) สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช (Osborne et.al., 2000) ความแตกต่างของปัจจัยสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาในระยะต่างๆของทางสรีรวิทยาของพืชแตกต่างกัน (Ritchie and Ne Smith, 1991) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิทำให้ชีวจักรชีวิตของพืชมีการเปลี่ยนแปลง (Phenological changes) (Young and Lees, 1992) อุณหภูมิที่สูงและระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้ลดการพัฒนาผลและการสะสมน้ำมันในมะกอกน้ำมัน (Arji, 2015)

ดังนั้นปริมาณน้ำมันที่วิเคราะห์ได้จากมะกอกน้ำมันที่ปลูกที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ผลผลิตมะกอกน้ำมันพันธุ์ Koroneiki จากต้นอายุ 8 ปี จากผลการวิเคราะห์ผลผลิตของพันธุ์ Koroneiki ที่เก็บเกี่ยวได้ในปี 2558 ไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อใน พบว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐาน CODEX แล้ว มีคุณสมบัติของน้ำมัน

องค์ประกอบที่วิเคราะห์ประกอบด้วย Palmitic acid C16:0; Palmitoleic acid C16:1; Stearic acid C18:0; Oleic acid C18:1 n9; Linoleic acid C18:2, n6; Linolenic acid C18:3 n3 อยู่ในค่ามาตรฐานของ CODEX ทั้งนี้ผลผลิตของไทยเป็นครั้งแรกที่นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมัน เพื่อทราบศักยภาพในการผลิตมะกอกน้ำมันในภาคเหนือ ว่าสามารถผลิตได้น้ำมันที่มีองค์ประกอบทางเคมีได้ตามมาตรฐาน

จากผลการดำเนินงานวัดความชื้นดินที่ระดับความลึกที่ 10 20 30 40 60 และ 100 เซนติเมตร ตั้งแต่ 20 ก.ย. 2559 – 17 พ.ค. 2561 ในแต่ละพื้นที่ พบว่า ความชื้นดินแต่ละชั้นดิน ดินชั้นบนที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร จะมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตามฤดูกาล ส่วนดินชั้นล่างระดับความลึก 40-100 ซม. มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละพันธุ์ อัตราการเจริญเติบโตของแต่ละพันธุ์ ได้แก่ การเจริญเติบโตสะสม และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เนื่องจากข้อมูลการเจริญเติบโตมีจำนวนน้อยไม่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินได้ ต้องใช้การอธิบายในแต่ละปัจจัยเอง ดูแล้วมีบางพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตดี โดยพบว่า พันธุ์ KoroneikiB2T6 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุด

5. การดูแลรักษา มะกอกน้ำมันสามารถปลูกได้ในดินหลายชนิด แต่ที่ดีควรเป็นเป็นดินร่วนปนทราย (loamy, sandy terrain) และจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่มีปฏิกริยาของมีความเป็นกลาง หรือด่างอ่อน (pH 7-8) หากอยู่ในดินที่มีปฏิกริยาของดินที่ต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 8.5 จะกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (<http://www.hellagroip.com/fertilization/olivetree>) มะกอกน้ำมันที่ศึกษานั้นพบว่า แปลงที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ พบว่าในช่วงแรกของการปลูกในปี 2550 ดินจะมี pH ประมาณ 3.5-4.0 ได้มีการปรับระดับความเป็นกรดต่างของดิน โดยใช้มูลสัตว์หมัก มูลวัว/มูลหมูหมัก อัตรา 5 กิโลกรัม/ต้น แกลบเผา และปูนขาว ร่วมกัน จนกระทั่งในช่วงปี 2560 ได้ปรับปรุงระดับความเป็นกรดต่างของดิน pH ประมาณ 6-6.5 ซึ่งใกล้เคียงกับความต้องการดินของพืชมะกอกน้ำมัน

ในการปฏิบัติดูแลรักษามะกอกน้ำมันในช่วงแรกพบว่า การดูแลในเรื่องด้านการระบายน้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตมาก ซึ่ง Fernández *et al.* (1994) ได้รายงานว่าจุดเจริญเติบโตรากของมะกอกน้ำมันจะเจริญเติบโตในสภาพแห้งได้ดีกว่าสภาพดินที่ชื้นแฉะ จึงต้องปรับปรุงดินให้มีการระบายน้ำดี ในการปรับปรุงดินให้มีสภาพความเป็นกรด-ด่าง ใกล้เคียงกับสภาพที่มะกอกน้ำมันต้องการ คือ pH 6 -7 ซึ่งแปลงที่ปลูกนั้น มีสภาพความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างเป็นกรด ประมาณ pH 4 ซึ่งเป็นเหตุให้เชื้อโรคในดินที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรครากเน่าโคนเน่า เช่น *Pythium sp.* , *Phytophthora sp.* , *Verticillium sp.* ทั้งนี้ในการดูแลได้ปรับใช้ในการปรับปรุงดินโดยใช้เชื้อราแกลบ ปูนขาว และหากพืชมีการผิดปกติที่สาเหตุเกิดจากระบบราก จะใส่สารป้องกันและกำจัดเชื้อรา polyaphos และ อะทราซีน เพื่อให้รากมีการพัฒนาได้ดีเนื่องจากมีงานวิจัยพบว่าในการปรับความเป็นด่างดีขึ้น หากมีการใส่อินทรีย์วัตถุจะช่วยให้การปรับความเป็นกรดต่างได้เสถียรภาพมากกว่า ร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบ (ไบโอฟอส ผสมไบโอเมอร์) อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นยากำจัดแมลงหนอน และด้วง คือ ไซเปอร์เมทริล อัตรา 30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร บริเวณลำต้นและรอบๆโคนต้นมะกอกน้ำมัน

วิจัยและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ ระยะที่ 2

Research and Development of Cashew Nut Phase 2

ชื่อผู้วิจัย

สมพงษ์	สุขเขตต์	Somphong Sukkhet
สำเริง	ช่างประเสริฐ	Samroeng Changprasert
สุภาวดี	สมภาค	Supawadee Sompak
เสาวณี	เขตสกุล	Saowanee Ketsakul
สุดใจ	ลือเจริญ	Sudchai Locharoen
รัชนี้	ศิริยาน	Ratchanee Siriyan
จันทนา	โชคพาชื่น	Jantana Chokpachuen
ประภาพร	ฉันทานุมัติ	Prapaporn Chantanumat
วีรยุทธ	ดัดตนรัมย์	Weerayuth Dadtonram
ธวัชชัย	นัมกิงรัตน์	Tawatchai Nimkingrat

คำสำคัญ (Keywords)

มะม่วงหิมพานต์พันธุ์ใหม่

Cashew nut new variety

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

การเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) ในแหล่งปลูกต่างๆ ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เริ่มดำเนินการ ตุลาคม 2558 สิ้นสุด กันยายน 2562 ระยะเวลา 4 ปี เพื่อหาสายพันธุ์มะม่วงหิมพานต์พันธุ์ใหม่ที่มีผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดี หรือเทียบเท่ากับพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร คือ ศรีสะเกษ 60-1 และศรีสะเกษ 60-2 เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี (พันธุ์) คือ กรรมวิธีที่ 1 สายต้นศก.38/16x34/4(1) กรรมวิธีที่ 2 สายต้นศก.38/16x34/4(2) กรรมวิธีที่ 3 สายต้นศก.17/3x34/13 กรรมวิธีที่ 4 สายต้นศก.17/3x37 w/2 กรรมวิธีที่ 5 สายต้นศรีสะเกษ 37w-2 กรรมวิธีที่ 6 สายต้นนครพนม 3-1 กรรมวิธีที่ 7 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และ กรรมวิธีที่ 8 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 โดยให้ กรรมวิธีที่ 7 และ 8 เป็นตัวเปรียบเทียบ ทำการทดลองโดยปลูกต้นพันธุ์ที่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการทาบกิ่ง (Grafting) ระยะปลูก 6x6 เมตร ผลการเปรียบเทียบพันธุ์ปรากฏว่าสามารถคัดเลือกได้มะม่วงหิมพานต์พันธุ์ดีจำนวน 1 พันธุ์ คือสายต้นศก.38/16x34/4(2) โดยการเจริญเติบโตของมะม่วงหิมพานต์ด้านขนาดเส้นรอบวงโคนต้นและขนาดทรงพุ่ม พบว่ามะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และศรีสะเกษ 60-2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนผลผลิตพบว่าผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี (2559-2561) ทั้ง 2 สถานที่ พบว่ามะม่วงหิมพานต์สายต้น

ศก.38/16x34/4(2) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 5.38 กิโลกรัมต่อต้น ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และศรีสะเกษ 60-2 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 และ 3.30 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ด้านขนาดเมล็ดทั้งเปลือกของมะม่วงหิมพานต์ พบว่า มะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 แต่สูงกว่าพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ด้านขนาดความกว้างเมล็ดเนื้อในและความยาวเมล็ดเนื้อในสายต้นศก.38/16x34/4(2) สูงกว่าพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ด้านน้ำหนักต่อเมล็ดเฉลี่ย พบว่าสายต้นศก.38/16x34/4(2) สูงกว่าพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และศรีสะเกษ 60-2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยน้ำหนักเฉลี่ยต่อเมล็ดเท่ากับ 2.63 กรัม

Abstract

The regional yield trials of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) were conducted at two different locations, Si Sa Ket Horticultural Research Center and Chantaburi Horticultural Research Center for eight years from 2016–2019. The objectives of these study were to evaluate yield potential of six new cashew nut cultivars with good agricultural characteristics equal with Si Sa Ket 60-1 and Si Sa Ket 60-2 cultivars which were the recommended cultivars by the Department of Agriculture. The experiment was designed in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. The treatment were eight cashew nut cultivars including SK38/16x34/4(1), SK38/16x34/4(2), SK17/3x34/13, SK17/3x37w/2, SK37w-2, Nakhon Phanom 3-1 with 2 control cultivars, Si Sa Ket 60-1 and 60-2. Grafted cashew nut cultivars were planted at spacing of 6x6 meters. The result could be selected good cultivar as SK38/16x34/4(2). The growth, circumference and canopy, of SK38/16x34/4(2) were equal with Si Sa Ket 60-1 and Si Sa Ket 60-2. SK38/16x34/4(2) had the highest yield averaged from 3 consecutive years (from 2016-2018) in two different locations was 5.38 kilograms per plant. It was higher yield than two control cultivars, Si Sa Ket 60-1 and Si Sa Ket 60-2 yield which were 4.37 and 3.30 kilogram per plant, respectively. The nut size of SK38/16x34/4(2) was equal with Si Sa Ket 60-1 but higher than Si Sa Ket 60-2. The kernel width and length of SK38/16x34/4(2) were higher than Si Sa Ket 60-1. SK38/16x34/4(2) had the highest nut weight as 2.63 grams. It was higher than both control cultivars.

บทนำ (Introduction)

มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชอุตสาหกรรมอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anacardium occidentale* L. มีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกาใต้แพร่กระจายไปยังอเมริกากลาง แอฟริกาตะวันออก ทางชายฝั่งตะวันตกของประเทศอินเดีย และกลุ่มประเทศต่างๆของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ผู้ที่นำมะม่วงหิมพานต์เข้ามาปลูกในประเทศไทยคือ พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) นำไปปลูกที่จังหวัดระนอง ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ ในปี 2559 มีพื้นที่ปลูก 91,904 ไร่ ผลผลิต 21,058 ตัน โดยจังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ปลูก 34,831 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.8 รองลงมา คือ จังหวัดชลบุรี พื้นที่ปลูก 12,231 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.3 จังหวัดอุบลราชธานี พื้นที่ปลูก 10,106 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 10.9 จังหวัดระนอง พื้นที่ปลูก 7,479 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.1 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

กรมวิชาการเกษตรได้มีการรับรองพันธุ์ คือ ศรีสะเกษ 60-1 และศรีสะเกษ 60-2 แต่พันธุ์ดังกล่าวได้รับการรับรองเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2530 ซึ่งเป็นเวลานานมากกว่า 30 ปี จึงสมควรปรับปรุงพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่มีศักยภาพสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม เพื่อเป็นทางเลือกและแนะนำให้เกษตรกรปลูกต่อไป

ระเบียบและวิธีการ (Research Methodology)

- อุปกรณ์

1. ต้นพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการคัดเลือก 6 สายพันธุ์ และพันธุ์รับรอง 2 พันธุ์ (ศก. 60-1 และ ศก. 60-2) เป็นกรรมวิธีควบคุม
2. ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี 15-15-15 ,13-13-21 และ 12-21-12
3. สารเคมีป้องกันกำจัดโรค และแมลง
4. วัสดุคลุมดิน ฟางข้าว
5. อุปกรณ์เก็บข้อมูล เครื่องชั่ง เทปวัด

- วิธีการทดลอง

ทำการทดลองใน 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี วางแผน การทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบไปด้วย 8 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 สายต้นศก.38/16 x 34/4 (1)
- กรรมวิธีที่ 2 สายต้นศก.38/16 x 34/4 (2)
- กรรมวิธีที่ 3 สายต้นศก.17/3 x 34/13
- กรรมวิธีที่ 4 สายต้นศก.17/3 x 37w/2
- กรรมวิธีที่ 5 สายต้นศก.37w/2
- กรรมวิธีที่ 6 สายต้นนครพนม 3-1
- กรรมวิธีที่ 7 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1
- กรรมวิธีที่ 8 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2

ขยายพันธุ์ต้นมะม่วงหิมพานต์ โดยวิธีการเสียบข้าง เพื่อให้ต้นพันธุ์มีขนาดสม่ำเสมอ และเพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนทางด้านพันธุกรรม นำมาอนุบาลจนต้นแข็งแรงแล้วนำลงปลูกในแปลงทดลอง ใช้ระยะปลูก (ระหว่างต้น x ระหว่างแถว) เท่ากับ 6x6 เมตร เตรียมหลุมขนาด (กว้างxยาวxลึก) เท่ากับ 60x60x60 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยคอกรองก้นหลุม 5 กิโลกรัมต่อหลุม หินฟอสเฟต 500 กรัมต่อหลุม ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 150 กรัมต่อหลุม ดูแลรักษามะม่วงหิมพานต์ตามเอกสารแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการคัดเลือกต้นพันธุ์

1. น้ำหนักต่อเมล็ดมากกว่า 6.30 กรัม
2. เปอร์เซ็นต์กะเทาะมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์
3. จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมไม่น้อยกว่า 159 เมล็ด

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ได้แก่ เส้นรอบวงโคนต้นที่ระดับสูงจากพื้นดิน 15 เซนติเมตร ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม ปีละ 2 ครั้ง
2. บันทึกข้อมูลระยะเวลาการออกดอก และติดผล
3. บันทึกข้อมูลผลผลิตต่อต้น และขนาดทรงผล
4. บันทึกข้อมูลน้ำหนักต่อเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อใน
5. บันทึกข้อมูลการระบาดของโรคและแมลง

- เวลาและสถานที่

เริ่มดำเนินการเมื่อเดือนตุลาคม 2554 และสิ้นสุด เดือนกันยายน 2562 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ผลการวิจัย (Results)

1. การเจริญเติบโต

1.1 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

การเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงโคนต้นการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 72.95-95.17 เซนติเมตร

การเจริญเติบโตด้านความสูงการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 712.25 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 692.92 และ 670.42 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต่ำที่สุดคือสายต้นศก.38/16x34/4(1) อยู่ที่ 614.45 เซนติเมตร

การเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 694.58-748.13 เซนติเมตร

1.2 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

การเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงโคนต้นการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงโคนต้นสูงที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 สายต้นศก.17/3x37w/2 สายต้นศก.17/3x34/13 และสายต้นศก.37w-2 อยู่ที่ 76.05 72.95 72.85 72.80 และ 72.60 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างจากสายต้นศก.38/16x34/4(2) และ สายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 66.29 และ 65.13 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงโคนต้นต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(1) อยู่ที่ 60.43 เซนติเมตร

การเจริญเติบโตด้านความสูงการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงสูงที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 อยู่ที่ 738.93 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างจากสายต้นศก.17/3x34/13 สายต้นศก.17/3x37w/2 สายต้นนครพนม 3-1 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 และ สายต้นศก.37w-2 อยู่ที่ 693.72 684.26 678.18 677.28 และ 671.78 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีความสูงต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(1) อยู่ที่ 628.70 เซนติเมตร

การเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 8 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางด้านทรงพุ่มสูงที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 754.20 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างจากสายต้นศก.38/16x34/4(1) สายต้นศก.37w-2 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 สายต้นนครพนม 3-1 และสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 715.13 675.17 672.47 651.39 646.93 และ 633.92 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 471.77 เซนติเมตร

ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้น

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุต้น 5-7 ปี (2559-2561) พบว่าผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีข้อมูลดังนี้ เมื่ออายุต้น 5 ปี (2559) ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.07-4.35 กิโลกรัม เมื่ออายุต้น 6 ปี (2560) ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.43-4.14 กิโลกรัม และเมื่ออายุต้น 7 ปี ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.54-3.77 กิโลกรัม

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุต้น 5 ปี (2559) พบว่าพันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นสูงที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(1) อยู่ที่ 6.51 กิโลกรัม โดยไม่แตกต่างกับ สายต้นศก.37w-2 สายต้นศก.17/3x37w/2 และพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 อยู่ที่ 6.23 5.54 และ 5.50 กิโลกรัม ตามลำดับ พันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นต่ำที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 3.43 กิโลกรัม เมื่ออายุต้น 6 ปี (2560) พบว่าพันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นสูงที่สุดคือ สายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 8.70 กิโลกรัม โดยไม่แตกต่างกับสายต้นศก.38/16x34/4(1) สายต้นศก.38/16x34/4(2) และพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 อยู่ที่ 7.00 6.90 และ 5.85 กิโลกรัม ตามลำดับ พันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นต่ำที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 3.76 กิโลกรัม เมื่ออายุต้น 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นสูงที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 8.94 กิโลกรัม พันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นต่ำที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 4.25 กิโลกรัม

ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อตันเฉลี่ย 3 ปี ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่า สายต้นศก.17/3x37w/2 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 4.05 กิโลกรัม ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อตันเฉลี่ยสูงสุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) เท่ากับ 7.35 กิโลกรัม

จำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) สายต้นศก.17/3x34/13 เท่ากับ 130 เมล็ดต่อกิโลกรัม พันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 152.3 เมล็ดต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พันธุ์ที่ให้จำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 133.3 เมล็ดต่อกิโลกรัม พันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 161.3 เมล็ดต่อกิโลกรัม

จำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 131.7 เมล็ดต่อกิโลกรัม พันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดทั้งเปลือกต่อกิโลกรัมเฉลี่ยสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 156.8 เมล็ดต่อกิโลกรัม

น้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ด

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดสูงที่สุดคือสายต้นศก.38/16x34/4(2) และสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 9.48 และ 9.41 กรัม ตามลำดับ พันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 7.40 กรัม

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.64-7.83 กรัม

น้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุดคือสายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 8.58 กรัม พันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือกต่อเมล็ดเฉลี่ยต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 7.02 กรัม

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อใน

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในสูงที่สุดคือสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 30.73 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 25.81 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.78-32.86 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่า พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเฉลี่ยสูงที่สุดคือสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 31.79 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 26.79 เปอร์เซ็นต์

ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือก

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.38-2.68 เซนติเมตร

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดสูงที่สุดคือ สายต้นศก.37w-2 สายต้นศก.38/16x34/4(2) และสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 2.05 2.01 และ 2.00 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกต่ำที่สุดคือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 1.85 เซนติเมตร

ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ยสูงที่สุดคือ สายต้นศก.37w-2 อยู่ที่ 2.36 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดคือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 2.11 เซนติเมตร

ความยาวเมล็ดทั้งเปลือก

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าความยาวเมล็ดทั้งเปลือกไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.06-3.66 เซนติเมตร

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความยาวเมล็ดทั้งเปลือกสูงที่สุดคือสายต้นนครพนม 3-1 สายต้นศก.38/16x34/4(2) สายต้นศก.17/3x34/13 พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 สายต้นศก.38/16x34/4(1) อยู่ที่ 3.41 3.37 3.30 3.28 และ 3.14 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีความยาวเมล็ดทั้งเปลือกต่ำที่สุดคือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 2.45 เซนติเมตร

ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความยาวเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ยสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 3.47 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีความยาวเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดคือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 2.75 เซนติเมตร

ความหนาเมล็ดทั้งเปลือก

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความหนาเมล็ดทั้งเปลือกสูงที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 1.92 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีความหนาเมล็ดทั้งเปลือกต่ำที่สุดคือสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 1.70 เซนติเมตร

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าความหนาเมล็ดทั้งเปลือกไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.63-1.78 เซนติเมตร

ความหนาเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ย 2 สถานที่ เมื่ออายุ 7 ปี (2561) พบว่าพันธุ์ที่มีความหนาเมล็ดทั้งเปลือกสูงที่สุดคือ สายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 1.84 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีความหนาเมล็ดต่ำที่สุดคือ สายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 1.66

ความกว้างเมล็ดเนื้อใน เมื่ออายุ 7 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดเนื้อในสูงที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) อยู่ที่ 1.13 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างกับสายต้นนครพนม 3-1 และสายต้นศก.37w-2 อยู่ที่ 1.08 และ 1.05 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีความกว้างเมล็ดเนื้อในต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 0.85 เซนติเมตร

ความยาวเมสันเนื้อใน เมื่ออายุ 7 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีความยาวเมสันเนื้อในสูงที่สุดคือ สายต้นศก.38/16x34/4(2) สายต้นนครพนม 3-1 สายต้นศก.37w-2 และสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 2.84 2.81 2.76 และ 2.71 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีความยาวเมสันเนื้อในต่ำที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 2.43 เซนติเมตร

ความหนาเมสันเนื้อใน เมื่ออายุ 7 ปี พบว่าพันธุ์ที่มีความหนาเมสันเนื้อในสูงที่สุดคือ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ที่ 1.35 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างกับสายต้นศก.17/3x37w/2 เท่ากับสายต้นศก.37w-2 อยู่ที่ 1.32 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีความหนาเมสันเนื้อในต่ำที่สุดคือสายต้นศก.38/16x34/4(1) เท่ากับสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 1.22 เซนติเมตร

น้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสัน ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสันสูงที่สุดคือสายต้นศก.38/16x34/4(2) สายต้นนครพนม 3-1 และสายต้นศก.17/3x34/13 อยู่ที่ 2.84 2.83 และ 2.68 กรัม ตามลำดับ พันธุ์ที่มีน้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสันต่ำที่สุดคือ สายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 1.91 กรัม ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.84-2.46 กรัม น้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสันเฉลี่ย 2 สถานที่ พบว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสันเฉลี่ยสูงที่สุดคือสายต้นนครพนม 3-1 อยู่ที่ 2.64 กรัม พันธุ์ที่มีน้ำหนักเมสันเนื้อในต่อเมสันต่ำที่สุดคือสายต้นศก.17/3x37w/2 อยู่ที่ 1.87 กรัม

จากข้อมูลผลผลิตเมล็ดทั้งเปลือกต่อต้นเฉลี่ย 3 ปี ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สายต้นศก.17/3x37w/2 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 4.05 กิโลกรัม แต่เมื่อเทียบน้ำหนักต่อเมสัน ขนาดเมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อใน น้อยกว่าสายต้นศก.38/16x34/4(2)

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง
Research and Development on Cutting Machine and Drying Machine for the Production
Process black tea

ชื่อผู้วิจัย

เกรียงศักดิ์ นักผูก สถิตยพงศ์ รัตนคำ อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์ สมพล นิลเวศน์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม

คำสำคัญ (Keywords)

ชาฝรั่ง ตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง

Black tea, tea forming machine, tea drying machine

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ผลิตชาฝรั่ง มี 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และ 3) หัวตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลียววัด ใบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ใช้ใบชาสดมีความชื้นเฉลี่ย 80.19% ผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้น 18 ช.ม. มีความชื้น 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที และทำการตัดขึ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดละเอียด ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

การทดลองที่ 2 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อทดสอบ 2 แบบ คือ

1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ มีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง โดยใช้ชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วไว้หมัก 50 นาที มีลักษณะสีน้ำตาลอมแดงเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งถาดละ 2 กก. ลำเลียงเข้าวางตามชั้นจนเต็ม ตัวตั้งอุณหภูมิอบไว้ที่ 100°C เปิดชุดพัดลม ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 70.84% สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14°C. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ใช้เวลาอบแห้ง 164 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13%

2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ตู้ควบคุม ชุดระบบส่งกำลังเพลาใบคนและชุดพัดลม ใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ได้ดำเนินการทดสอบ คือ ใช้ชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วไว้หมัก 50 นาที มีลักษณะสีน้ำตาลอมแดง เกลี่ยลงในถังอบแห้ง 20 กก. ตั้งอุณหภูมิ 100°C. ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลงมาที่ 90°C. ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลงมาไว้ 80°C พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% เวลาในการอบแห้ง 175 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำชาออกสีแดงเข้มมากสุด

Abstract

This research consisted of 2 experiments on black tea processing machines. The first experiment was conducted to create a prototype of a western tea cutting machine. The component of cutting machine consist of main power structure that using a 1.5 kW motor : speed 1,450 rpm. and the cutting head. The cutting head consists of rough cutting part made from the grinding head no. 52 and the fine cutting part made from the grinding head no. 42. The components of cutting part are frame, spiral shaft, cutting blades and face plates. On the experiment, tea leaf shoots must drying to reduce moisture for 18 hours with 71.68 %moisture and then massage with a cylindrical massage machine for 20 minutes. Formed tea shape by cutting was test by 2 treatment ; 1st cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore of 8 mm. The 2nd cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore 6 mm. The test was done 10 replications with 5 kilogram per replication. The result found that the machine can work continuously without interruption while continuing cutting both the upper and lower heads. The capacity of machine to cut tea was 91.22 kg/hr and 69.53 kg/hr., respectively.

The second experiment was conducted to construct the prototype of 2 types of tea dryers. The first one was cubic cabinet dryer, consisted of 3 important components, 1) drying room covered with galvanized sheets, inner wall is stainless steel sheet with 10 trays 2) the fan set uses a motor with a power of 0.75 kilowatts with 3) temperature controller (0-300°C). The tea leaves was fermented until the color was reddish brown then spreading for drying 2 kilogram per tray. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 70.84% moisture at temperature of 21.1 °C and 84.5% relative humidity that after taked 164 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The second dryer was consisted of 3 components 1) semicircle drying tank 2) temperature controller and 3) power transmission set using stirrer and fan of 0.75 kilowatts

motor. The experiment was put 20 kilograms of fermented tea into drying tank. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 73.02% moisture at temperature of 27.1°C and 55.7% relative humidity that after took 175 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The color of tea was dark reddish brown that after tea making the color was red liked ripe areca-nut.

บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 120,000 ไร่ จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทยสามารถผลิตชาได้ 80-90% ของผลผลิตชาทั้งหมดภายในประเทศ มีการส่งออกมากที่สุดไปประเทศไต้หวัน 607,404 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 27 ล้านบาท และการส่งออกชาไทยคิดเป็น 0.002 % ของมูลค่าการส่งออกของชาโลก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีความคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กิโลกรัม สมพล และคณะ 2558 ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องมือเนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้ว และใช้เครื่องอบแห้งแบบหกล้อของสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใน พื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการสะดุดติดขัดขณะทำงานบ่อยและการอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็น 600-800 บาท/กิโลกรัม หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้าจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งหรือทดสอบพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ จะทำให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตนั้นคือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้อง

ลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรง ต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น การวิจัยทดสอบและพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งและวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง สำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เพื่อให้เป็นเครื่องจักรกลที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

ระเบียบและวิธีการ (Research Methodology)

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
5. เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง
6. ยอดใบชาสดพันธุ์อัสสัม
7. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม, ขนาด 7 กก. และขนาด 50 กก.

วิธีการดำเนินการ

1. ตรวจสอบเอกสารข้อมูลของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และ ศึกษาการทำงานของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งของต่างประเทศ
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบให้เป็นลักษณะเกลียววัด ที่มีใบเกลียวติดอยู่บนเพลาลมุน และมีใบเกลียวที่อยู่นิ่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวดและเกิดการพลิกกลับตัวของใบชา ขณะที่ไหลไปตามท่อ และที่ปลายท่อมีชุดใบมีดที่อยู่ปลายเพลาลมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก
3. ทดสอบเบื้องต้นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ขั้นแรกสุ่มความเร็วรอบไว้ประมาณ 360 รอบ/นาที เทียบเคียงมาจากเครื่องจักรของต่างประเทศ และการนวดอัดให้ยอดใบชาให้ไหลไปตามท่อ เพื่อให้ยอดใบชาถูกตัดขึ้นรูปด้วยใบมีดที่ปลายท่อ
4. แก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบ โดยทำการปรับปรุงชิ้นส่วนที่ทำงานได้ยังไม่ดี จากนั้นทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบทั้งระบบ ทำการทดสอบอีกครั้ง เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบที่ทำงานได้ดีตามความต้องการ
5. ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง หลังจากดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องและปรับแต่งเครื่องต้นแบบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง การทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องเพื่อดูการทำงานว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบและทดสอบในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น เพื่อดูการทำงานโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งว่าสามารถทำงานได้ดีตามความต้องการ

6.ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ในการทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง เก็บข้อมูลความชื้นในยอดใบชาสด ความชื้นในยอดใบชาสดหลังผึ่ง ความสามารถในการทำงานของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวน 8 และ 6 มม. ทดสอบ ตัวอย่างละ 5 กก. จำนวน 10 ซ้ำ และผลผลิตชาฝรั่งเทียบเคียงกับชาฝรั่งที่มีขายในท้องตลาดในส่วนของคุณลักษณะ และชิมรสชาติโดยผู้ที่มีความชำนาญในการชิม

7.วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบและทำการสังเคราะห์การทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัย สิ้นสุด

ผลการวิจัย (Results)

เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมากและเป็นเครื่องขนาดใหญ่ไม่เหมาะกับการผลิตในระดับกลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการรายย่อย ลักษณะของเครื่องอบแห้งชาที่นำเข้ามาใช้ในโรงงานชา (ภาพที่ 2.1 ก และ ข) ประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ มี แบบ หัวเผาแอลพีจี หรือ แบบหัวเผาน้ำมันดีเซล และอีกส่วน คือ โครงตู้อบเป็นแบบสายพานลำเลียงเข้าและออก สลับกันในแต่ละชั้นและชั้นสุดท้ายลำเลียงออก กระบวนการอบแห้งนี้เป็นการอบแห้งด้วยลมร้อนนั่นเอง สมพล และคณะ (2558) ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องอบแห้งแบบหกล้อของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการ เกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า เกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา เนื่องจากมีชุดพัดลมแบบ 3 ใบ ลมไหลในแนวแกน ติดตั้งไว้ภายในตู้อบ เพื่อดูดลมร้อนจากห้องเผาไหม้และอัดลมร้อนเข้าไปยังชั้นถาดอบแห้งและหมุนเวียนลมร้อนภายในตัวตู้อบแห้ง



ก



ข



ค

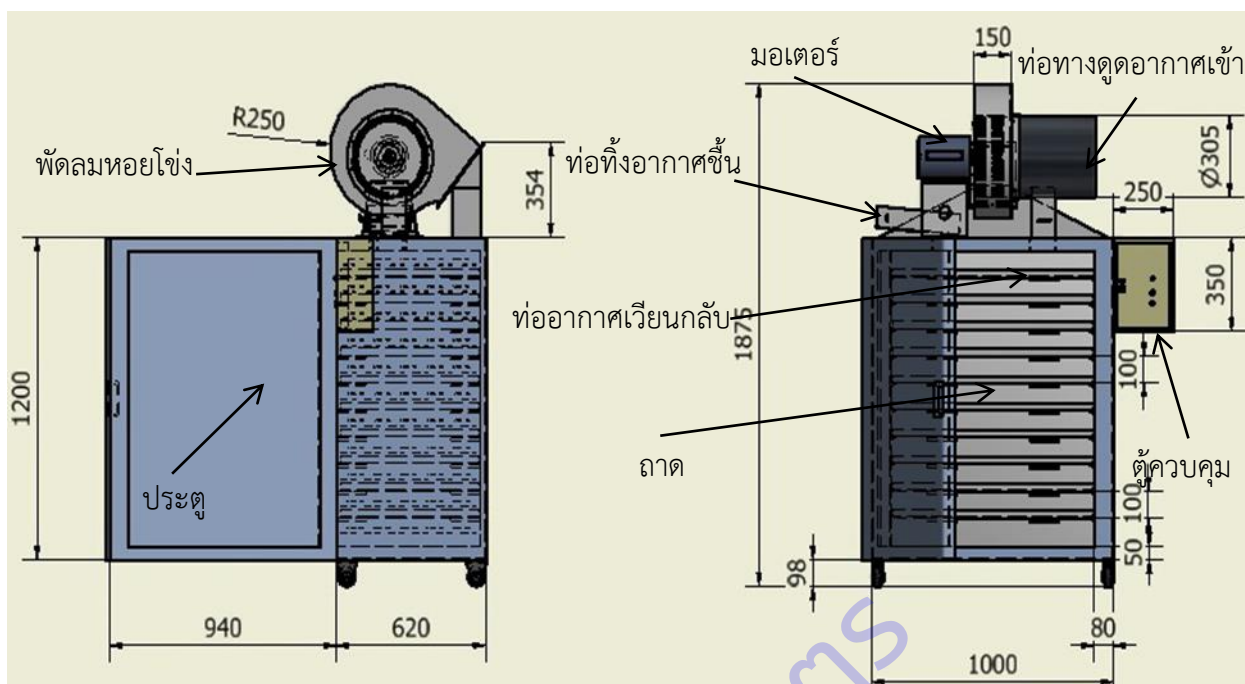
ภาพที่ 2.1 ก. เครื่องอบแห้งในโรงงานผลิตชาฝรั่ง ข. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ค. หัวเผาให้ความร้อน

การอบแห้งมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อหยุดปฏิกิริยาเคมีขั้นสุดท้ายของสารประกอบต่าง ๆ ในใบชาโดยความร้อนในการอบแห้งและเป็นการไล่ไอน้ำที่เหลือในใบชาออกจนแห้ง รอกการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ การนำเอาอากาศจากสภาวะแวดล้อม เข้ามาทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ในกระบวนการนี้เป็นการเพิ่มอุณหภูมิ ลดความชื้นสัมพัทธ์ ในส่วนความชื้นจำเพาะคงที่ และในกระบวนการอบแห้งในทางทฤษฎีเป็นกระบวนการอะเดียแบติกค่าเอนโทรปีคงที่ เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ ความต้องการระเหยน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ซึ่งมีเงื่อนไขเบื้องต้น คือ ชามฝรั่ง 20 กก. ความชื้นเริ่มต้น 70 % ความชื้นสุดท้าย 13 % ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย 13.1 กก.ต้องใช้ปริมาณอากาศแห้ง 0.17 ลบม./วินาที ใช้เวลา 3 ชม. ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งสำหรับการอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ คือ

1.เครื่องอบชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.2) โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสีผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ถาดทำจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ด้านบนติดตั้งชุดพัดลมดูดลมร้อนและอุปกรณ์หัวเผา โดยเครื่องอบแบบตู้สี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับลดความชื้นชาฝรั่ง มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1.1.ตู้อบแห้ง (ภาพที่ 2.2) ตู้อบแห้งมีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด (ก×ย×ส) เท่ากับ 1000×620×1200 มม. มีความหนา 620 มม. ด้านบนของตู้อบมีช่องรับอากาศเข้าขนาด (ก×ย) เท่ากับ 150×180 มม. ช่องอากาศไหลเวียนกลับขนาด เท่ากับ 100×100 มม. (ก×ย) และช่องระบายอากาศเป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม มีขนาดเท่ากับ 200×100 มม. (ก×ย) และท่อพันจากผนังด้านนอกยาว 400 มม. ทำมุมเอียงกับแนวระนาบ 20 องศา ภายในห้องอบแห้งผนังทั้งสองข้างมีช่องลมขนาดเล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด เท่ากับ 3×50 มม. (ก×ย) มีชั้นละ 11 ช่อง และมีชั้นวางถาดบรรจุใบชาทั้งหมด 10 ชั้น ถาดบรรจุมีขนาด (ก×ย×ส) เท่ากับ 580×840×30 มม. และมีประตูเปิด - ปิด ลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด (ก×ย) เท่ากับ 1000×1200 มม. ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง ที่ผนังนอกด้านข้างมุมบนขวามือ และผนังนอกด้านล่างเป็นฐานติดตั้งล้อไว้เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย

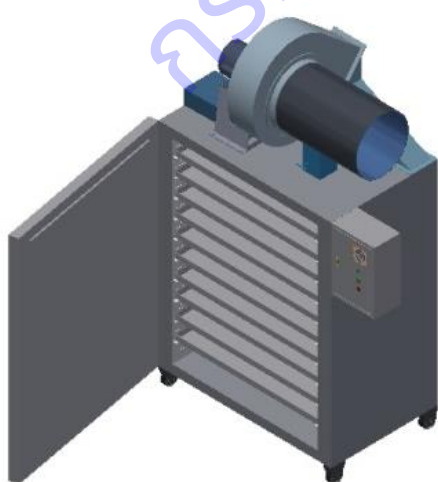
1.2.ชุดพัดลม (ภาพที่ 2.2) ท่อทางด้านเข้าของอากาศมีลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. ความยาว 500 มม. ที่ปลายทางเข้าของท่อมีหัวเผาไหม้แก๊สสูงตั้งติดอยู่เป็นตัวกำเนิดความร้อนให้กับอากาศ ก่อนไหลเข้าไปในชุดพัดลม ซึ่งเป็นพัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 1440 รอบ/นาที ส่งกำลังไปยังใบพัด เพื่อส่งอากาศไหลผ่านไปยังท่อทางออกของพัดลมหอยโข่ง มีขนาด 150×180 มม. (ก×ย) ที่ปลายทางออกต่อเข้ากับท่อยาว 320 มม. มีลักษณะเป็นปากแตร มีทางออกเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาด 116×950 มม. เพื่อต่อกับช่องอากาศด้านบนของตู้อบที่มีช่องขนาด 116×950 มม. และที่ด้านล่างของท่ออากาศเข้ามีช่องสำหรับต่อเข้ากับท่ออากาศร้อนไหลเวียนกลับที่ทะลุผ่านผนังตู้ด้านบนขึ้นมา มีขนาดช่องเท่ากับ 100×100 มม. (ก×ย) เพื่อนำอากาศร้อนบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ได้



ภาพที่ 2.2 เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

1.3.ตู้ควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟ ปุ่มสแตมป์มาด้านซ้ายเปิดไฟเข้าชุดควบคุม ปิดกลับในแนวตั้งตรง ปิดชุดควบคุม หน้าปัดปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ด้านบนเป็นแถบแสดงสถานะอุณหภูมิ ที่ทำการส่งสัญญาณให้โซลินอยด์ตัดต่อการปล่อยแก๊สหุงต้มไปยังหัวเผา กึ่งกลางมีสวิตช์สีเขียวและสีแดง เป็นสวิตช์เปิด-ปิด ชุดควบคุมอุณหภูมิ และสวิตช์เปิด-ปิด พัดลมดูดอากาศ

จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนที่สำคัญมาหมดแล้ว เมื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบกันขึ้นเป็นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.3 ก) และได้ดำเนินการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ เสร็จแล้วนำมาประกอบกันขึ้นเป็นต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมจนเสร็จตามภาพถ่าย (ภาพที่ 2.3 ข)



ก



ข

ภาพที่ 2.3 ก แบบรายละเอียดเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ข เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม



ก

ข

ค

ง

ภาพที่ 2.4 ก ใบชาสด ข การนวดใบชาหลังการผึ่ง ค ทำการตัดชิ้นรูป ง การหมักชาที่ตัดชิ้นรูปแล้ว



ก

ข

ค

ภาพที่ 2.5 ก ทดสอบการอบแห้ง ข ตัวควบคุมการทำงาน ค จำนวนชั้นที่ใช้อบแห้ง
การทดสอบใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง

1. เริ่มต้นจากการเก็บใบชาอัสสัมในแปลงปลูกชา โดยเก็บยอดชา ที่ระดับ ยอดตูม กับ 2 - 3 ใบ ทำการสุมตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบข้อมูลในส่วนของความชื้นในใบชาสด โดยเทียบจากใบชา 100 กก. ให้เหลือ 70-73 กก. โดยการทดสอบใช้ยอดชาอัสสัม มีขั้นตอน คือ ใช้ปริมาณใบชาสด 21 กก. (ภาพที่ 2.6ก) นำมาผึ่งลดความชื้นใช้เวลา 18 ชม. (ภาพที่ 2.6ข) เหลือน้ำหนักประมาณ 15 กก. จากนั้นทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกใช้เวลาในการนวด 20 นาที (ภาพที่ 2.6ค) เมื่อครบเวลานำยอดใบชาออกจากเครื่องนวดทรงกระบอก (ภาพที่ 2.6ง) จากนั้นทำการตัดชิ้นรูป (ภาพที่ 2.6จ) แล้วนำชาที่ได้มาเกลี่ยให้มีชั้นหนาประมาณ 25-30 มม. และผึ่งในบรรยากาศซึ่งเป็นกระบวนการหมัก เพื่อให้เกิดสีน้ำตาลอมแดงในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการหมักใบชาที่ตัดชิ้นรูปแล้วประมาณ 50 นาที (ภาพที่ 2.6ฉ)



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ



ช



ซ

ภาพที่ 2.6 ก ใบชาสด ข ยอดใบชาหลังการผึ่ง ค นวดยอดใบชาในเครื่องนวดทรงกระบอก ง ยอดใบชาหลังการนวด จ การตัดชิ้นรูปยอดใบชา ฉ ขั้นตอนการหมักชาให้ได้สีแดง ช เกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถาดๆละ 1 กก. ซ นำถาดที่บรรจุชาลงในถาดอบแห้งแล้วเข้าเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

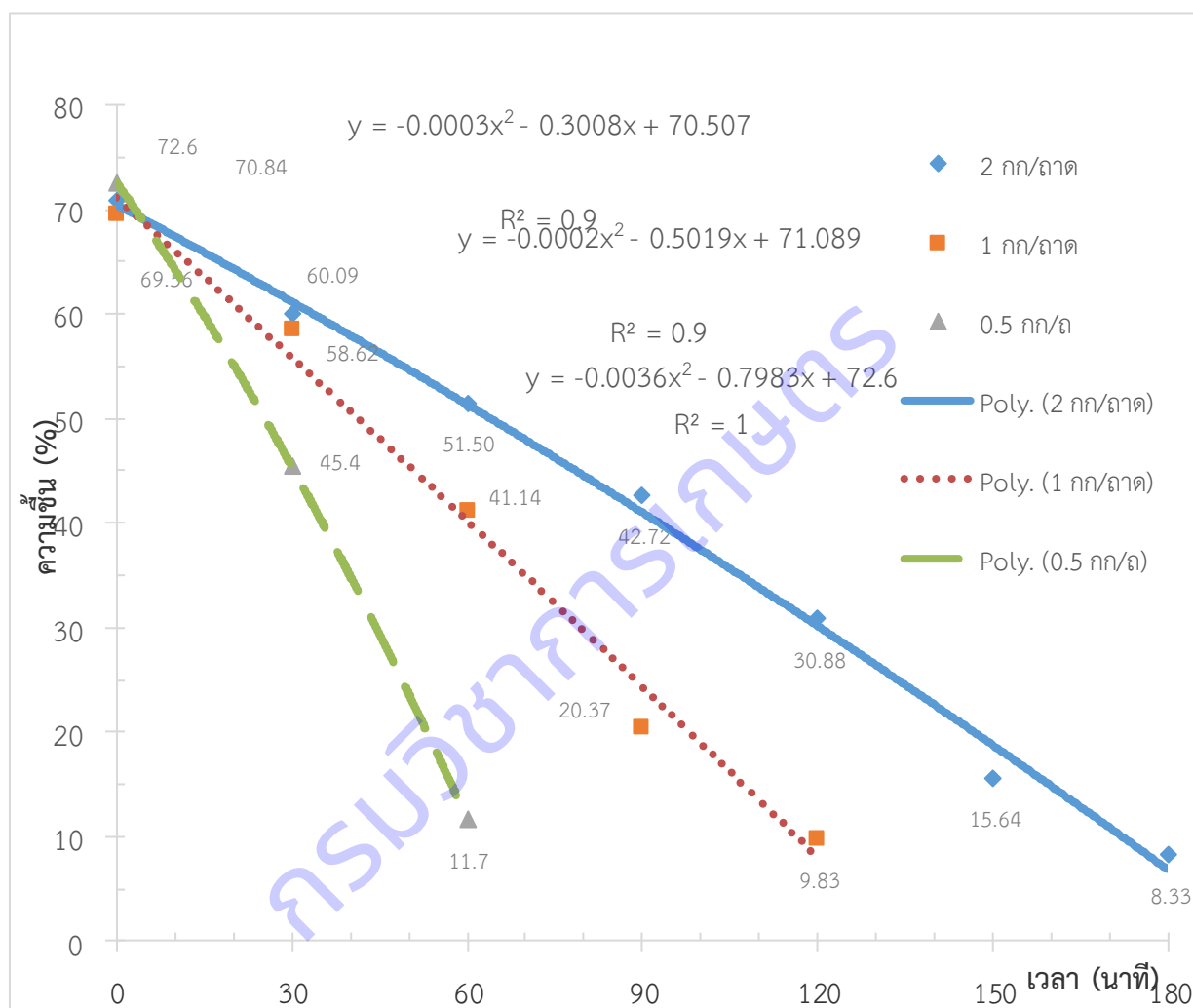
2.การทำงานของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง การเตรียมความพร้อมก่อนการใช้งาน คือ ปิดประตูเครื่องอบแห้ง ปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน เปิดวาล์วลมกลับ ต่อถังแก๊สหุงต้มเข้ากับสายต่อวาล์วแก๊สของเครื่องอบแห้ง เสียบปลั๊กสายและเปิดสวิทช์ไฟฟ้าที่ตู้ควบคุม เปิดวาล์วแก๊สหัวล่อจุดไฟหัวล่อ ปรับตัวตั้งอุณหภูมิขึ้นที่ 70°C . และเปิดชุดพัดลม ปล่อยให้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งทำงาน เพื่อดูความสมบูรณ์ในการทำงาน ประมาณ 15 นาที ปรับตัวตั้งอุณหภูมิลงที่ 0°C เปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน ปิดวาล์วลมกลับ จากนั้นประมาณ 5 นาที ปิดชุดพัดลม

3.นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งให้ได้ถาดละ 1 กก. เปิดประตูเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.6ช) นำถาดที่ใส่ชาได้ตามน้ำหนักแล้วลำเลียงเข้าวางตามชั้นจนเต็ม (ภาพที่ 2.7ซ) ปิดประตูเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°C . เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C . ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C . ปล่อยให้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการ

ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง (ภาพที่ 2.7) พบว่า ชาฝรั่ง สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดชิ้นรูป 10 15 และ 20 ก.ก/ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 72.60, 71.84 69.56 % และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% เมื่อพิจารณาลักษณะการลดลงของความชื้น มีลักษณะการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว แม้ว่าเส้นกราฟพรอตด้วยสมการโพลีโนเมียล ก็จะได้เห็นได้

จากลักษณะของความชันของเส้นกราฟเป็นเส้นตรง แต่มีอัตราการลดลงของความชันที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชันที่เร็วกว่า และใช้เวลาในการอบแห้ง 58,112 และ 164 นาที ตามลำดับ ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.2 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 27.1% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

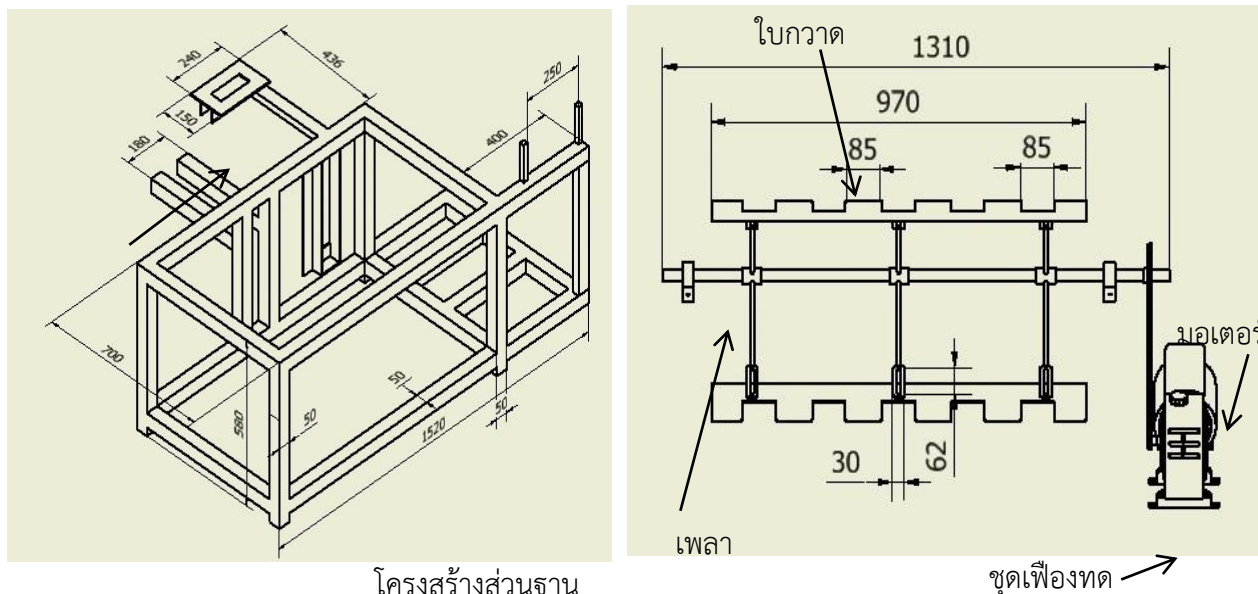


ภาพที่ 2.7 การลดความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10,15, 20 กก./ครั้ง

2.เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังวงกลมสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง มีส่วนประกอบสำคัญ คือ

1.1.โครงสร้างส่วนฐาน (ภาพที่ 2.8 ก) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากับ 700×1520×580 มม. (ก×ย×ส) ไว้เป็นตัวยึดตั้งสำหรับอบแห้งเครื่องวงกลม ด้านข้างส่วนบนเป็นฐานติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง และส่วนล่างเป็นฐานยึดชุดมอเตอร์ต้นกำลังและระบบส่งกำลังขับเคลื่อนเพลากวาด

1.2.ระบบส่งกำลังเพลากวาด (ภาพที่ 2.8 ข) มอเตอร์มีต้นกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) 1440 รอบ/นาที และเกียร์ทดขนาด 1:30 เพื่อลดความเร็วรอบการหมุนของใบกวาด ใช้โซ่ขนาดเบอร์ 40 และจานโซ่ขนาด 16, 32 ฟัน ทำให้เพลากวาดมีความเร็ว 24 รอบ/นาที



โครงสร้างส่วนฐาน

ก

ข

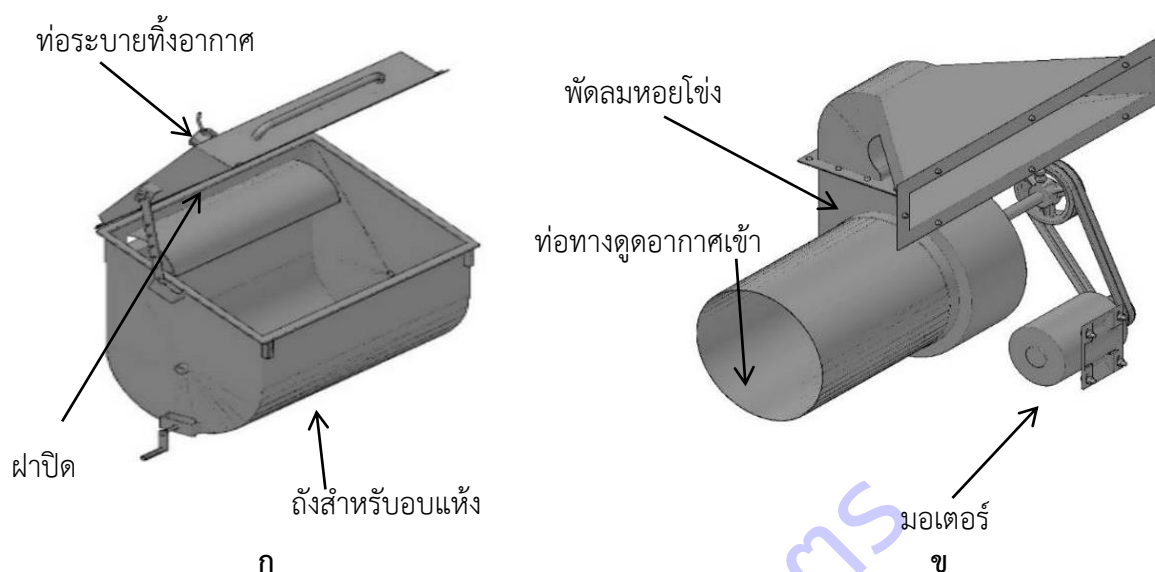
ภาพที่ 2.8 ก โครงสร้างส่วนฐาน ข ชุดเพลลานวดและระบบส่งกำลัง

1.3. ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม (ภาพที่ 2.9 ก) แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ 1) ส่วนล่างมีลักษณะเป็นถังครึ่งวงกลมมีขนาดรัศมี 350 มม. ยาว 1000 มม. 2) ส่วนบนถังมองจากด้านบนมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด (ก×ย) เท่ากับ 700×1000 มม. ถ้ามองจากด้านข้างมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ขอบปากถังอบแห้งมุมบนหลังเอียงลงมาถึงขอบปากถังอบแห้งมุมบนหน้าวัดจากแนวระนาบเป็นมุม 70 องศา ด้านหลังของถังมีช่องขนาดเท่ากับ 150×800 มม. (ก×ย) เพื่อต่อเข้ากับปลายท่ออากาศร้อนที่ออกมาจากชุดพัดลมสำหรับไหลเข้าภายในถังอบแห้ง และบนสุดเป็นฝาปิดรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 700×1000 มม. ถ้ามองจากด้านข้างจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ด้านบนฝามีท่อระบายทิ้งอากาศร้อน มีลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. และสูง 100 มม.

1.4. ชุดพัดลม (ภาพที่ 2.9ข) มีท่อทางดูดอากาศเข้าลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. ความยาว 500 มม. ที่ปลายทางเข้าของท่อมีหัวเผาไหม้แก๊สหุงต้มติดอยู่เป็นตัวกำเนิดความร้อนให้กับอากาศ ก่อนไหลเข้าไปในชุดพัดลม ซึ่งเป็นพัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) 1410 รอบ/นาที ส่งกำลังไปยังใบพัด ใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. เพื่อส่งอากาศไหลผ่านไปยังท่ออากาศที่มีลักษณะเป็นท่อโค้งมีขนาดมุมโค้ง 80 องศา ช่องอากาศที่ต่อออกจากพัดลมหอยโข่งกับท่ออากาศนี้มีขนาด (ก×ย) 140×140 มม. และปลายท่ออีกด้านที่ต่อเข้ากับช่องอากาศด้านหลังของถังอบแห้ง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมปากแตรมีขนาด 150×800 มม.

1.5. ตู้ควบคุมการทำงาน ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ในการควบคุมต่างๆ คือ สวิตช์ หลอดไฟ เมคเนติก คอนเทคเตอร์ ชุดควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ของชุดพัดลมกับชุดใบคน และปรับตั้งอุณหภูมิสั่งการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อให้ควบคุมความร้อนของห้องอบแห้ง คือ ควบคุมการตัดต่อแก๊สแบ่งการทำงานหลักๆ ออกเป็นการทำงานของหัวเผาหรือหัวพ่นทำหน้าที่เป็นตัวทำความร้อนให้ตู้อบ การทำงาน คือ

การควบคุมวาล์วเปิดปิดแก๊สหุงต้ม เมื่อความร้อนภายในห้องอบแห้งได้อุณหภูมิที่ต้องการใช้ในการอบแห้ง และชุดหัวล้อ เป็นตัวจุดระบบการสันดาปของหัวพ่น



ภาพที่ 2.9 ก ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ข ชุดพัดลม

ผลการทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง

1. การทดสอบสภาพการทำงานเครื่องเปล่า เพื่อดูสภาพการทำงานทั่วไป พบว่า ระบบลมร้อนและระบบการทำงานของแก๊ส ทำงานได้ดี สามารถทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้สูงถึง 100°C . เนื่องจากการอบแห้งชาฝรั่งต้องใช้อุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นอบแห้ง 100°C . ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ปลายปล่องทางเข้าพัดลม 8.33 ± 0.55 ม./วินาที (ตารางที่ 2.2) ในการทดสอบบ่งชี้ถึงความเร็วลมยังไม่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไปทำให้ชาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรบกวนเปลวไฟกวาด (ภาพที่ 2.9ก) จึงได้ดำเนินการปรับแต่งโครงสร้างชุดพัดลมและมอเตอร์ใหม่ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และสามารถทดสอบปรับเปลี่ยนความเร็วลมได้ โดยการเปลี่ยนพูลเลย์ ตัวขับและตัวตาม เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ปรับโครงสร้างส่วนที่ยึดพัดให้แข็งแรงขึ้นเพื่อลดการสั่นที่ส่งผลให้เกิดเสียงดัง จากเดิมที่ความเร็วพัดลมเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1450 รอบ/นาที (ภาพที่ 2.9ข) โครงสร้างที่ปรับเปลี่ยน คือ เพลามอเตอร์เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนส่งกำลังด้วยสายพานไปยังเพลตาม ซึ่ง เป็นเพลลาที่ขับเคลื่อนการหมุนของใบพัดลม (ภาพที่ 2.9ค)



ก



ข



ค

ภาพที่ 2.10 ก ขาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรูสวมเพลาลูกบิด ข ก่อนปรับแก้โครงสร้าง
ค หลังปรับแก้โครงสร้างแล้ว

2.2.การทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม โดยวัดความเร็วลมที่ท่อทางลมเข้า 5 จุด (ภาพที่ 2.11ก) มีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา เลือกความเร็วลมหรือปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสม คือ ดูที่ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของผงที่เป็นฝุ่นเมล็ดเล็ก ๆ ของชาหลุดออกมาที่ปล่องทางออกของเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้ 100°C . และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

1.ทดสอบความเร็วรอบ 1208 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีผงชาที่แห้งแล้วเป็นเม็ดลอยติดออกมากับลมร้อนทั้งเป็นจำนวนมาก และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

2.ทดสอบความเร็วรอบ 967 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีชิ้นชาที่แห้งแล้วเป็นเม็ดลอยติดออกมากับลมร้อนทั้งเป็นจำนวนมากจะเป็นผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

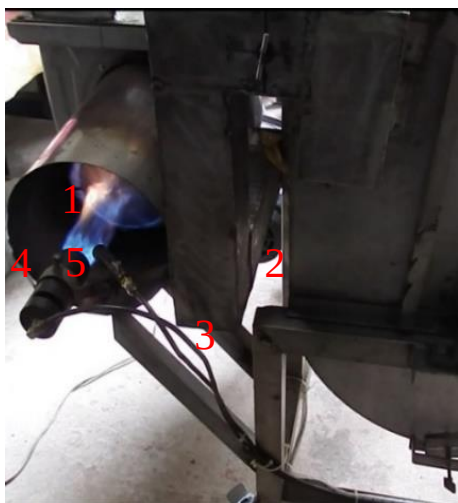
3.ทดสอบความเร็วรอบ 846 รอบ/นาที ปลายปล่องยังมีผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาและมีบางส่วนที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

4.ทดสอบความเร็วรอบ 725 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาและมีบางส่วนที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และการเผาแก๊สได้ไม่ดี คือ ลักษณะเปลวไม่ออกเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่าการสันดาปไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดเขม่าดำติดที่แผ่นกันไฟหน้าพัดลมจนเป็นสีดำเนื่องจากคลาบเขม่าจับ

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบเบื้องต้นในภาพรวมแล้ว จึงเลือกใช้ความเร็วรอบของพัดลม 846 รอบ/นาที เป็นรอบที่เหมาะสม เพราะภาพรวมการทำงานของเครื่องทำงานได้ดี (ตารางที่ 2.2) มีการสันดาปที่สมบูรณ์ ไม่เกิดเขม่าดำ การฟุ้งกระจายเกิดในระดับที่เป็นฝุ่นผงขนาดเล็กปะปนออกไปกับขนของใบชา

ในการอบแห้งชาฝรั่งโดยใช้ตู้อบแบบครึ่งวงกลมในเบื้องต้น (ภาพที่ 2.11ข) ใช้ใบชาสด 10 กก. ที่ทำการตัดขึ้นรูปแล้ว และผ่านกระบวนการผึ่งในอากาศแวดล้อมเป็นเวลา 50 นาที แล้วนำเข้าทำการอบแห้ง โดยตั้งอุณหภูมิ 100°C . ใช้เวลา 15 นาที จากนั้นลดลงเป็น 90°C . ขณะยกใบชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วลงในถังอบแห้งต้องเปิด

เพลาคีคนภายในถังอบแห้งให้หมุนไปด้วย เมื่อโยยใบชาลงไปหมดแล้ว ทำการจุดหัวล่อและเปิดชุดพัดลมทำงาน ระบบหัวเผาก็จะเผาไหม้ให้ความร้อนเพื่อทำการอบแห้ง มีอัตราการลดลงของความชื้นลดลงจาก 72.6% จนเหลือความชื้น 8.5% ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 นาที (ภาพที่ 2.11ค)



ก



ข



ค

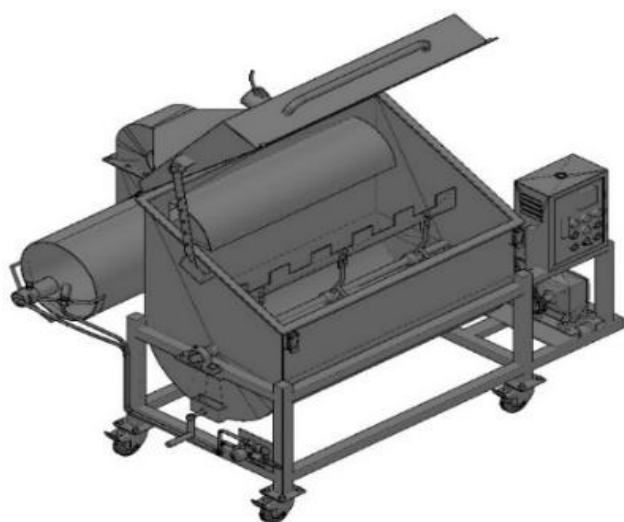
ภาพที่ 2.11 ก จุดที่วัดความเร็วลมและลักษณะเปลวไฟที่ให้ความร้อนขณะอบแห้ง ข ทดสอบอบแห้งชาฝรั่ง ค บนฝุ่นขนใบชาที่เกาะตามเครื่อง และล่างชาฝรั่งที่อบแห้งเสร็จแล้ว

ตารางที่ 2.2 ความเร็วลมที่เข้าปลายปล่องทางเข้าพัดลมที่ระดับความเร็วรอบพัดลมต่างกัน

ความเร็วรอบพัดลม (รอบ/นาที)	ความเร็วเฉลี่ยที่ทางเข้าพัดลม(ม/วินาที)	ปริมาณลม(ลบม./วินาที)
1450	8.33	0.55
1208	6.33	0.42
967	5.34	0.35
846	4.71	0.31
725	3.85	0.25

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งแรก มีข้อบกพร่องที่ได้ดำเนินการแก้ไข คือ ความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งสูงเกินไป ชาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรูสวมเพลากวาด โครงสร้างชุดพัดลมและมอเตอร์ไม่แข็งแรงพอ ทำให้เกิดการสั่นของโครงสร้างที่ส่งผลให้เกิดเสียงดัง และจากการทดสอบได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจนเครื่องอบแห้งสามารถทำการอบแห้งได้ตามเป้าหมาย และได้ออกแบบสร้างต้นแบบตัวใหม่ที่สมบูรณ์ขึ้น (ภาพที่ 2.12ก) เพื่อแก้ไขปรับปรุงต้นแบบให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยได้ตัดชิ้นส่วนที่ไม่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานออก ต้นแบบตัวใหม่ได้ตัดระบบท่อลมเวียนกลับมาอีกครั้ง เนื่องจากมีฝุ่นผงที่ย้อนกลับมาพร้อมกับ

ลมร้อนเกิดการสันดาปลุกไหม้ได้ง่ายที่ทางเข้าลมใหม่ที่มีเปลวไฟจากหัวเผา และเพลลาใบกวาดได้เปลี่ยนจากเพลลาที่เหล็ยมมาเป็นเพลากลมทั้งเส้น เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและออกแบบให้ก้านแขนกวาดแข็งแรงขึ้น สำหรับโครงสร้างหลักและพัดลมก็ติดตั้งยึดแน่นแข็งแรงมากขึ้น จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวมา เมื่อสร้างและนำชิ้นส่วนมาประกอบเข้ากันเป็นเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมจนแล้วเสร็จตามแบบ (ภาพที่ 2.12ข)



ก



ข

ภาพที่ 2.12 ก แบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม ข ภาพถ่ายเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

การทดสอบใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมในการแปรรูปชาฝรั่ง

1. เริ่มต้นจากการเก็บชาอัสสัมในแปลงปลูกชา โดยเก็บชา ที่ระดับ ยอดตูม กับ 2-3 ใบ ทำการสุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบข้อมูลในส่วนของความชื้นในใบชาสด ผึ่งใบชาประมาณ 18 ชม. โดยเทียบจากใบชา 100 กก. ให้เหลือ 70-73 กก. โดยการทดสอบใช้ชาอัสสัมมีขั้นตอน คือ ปริมาณใบชาสด 28 กก. นำมาผึ่งลดความชื้นให้เหลือน้ำหนักประมาณ 20 กก. จากนั้นทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกใช้เวลาในการนวด 20 นาที ต่อด้วยการตัดชิ้นรูปแล้วนำชาที่ได้มาเกลี่ยให้มีชั้นหนาประมาณ 25-30 มม. และผึ่งในบรรยากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการหมัก เพื่อให้เกิดสีน้ำตาลอมแดงในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการหมักใบชาที่ตัดชิ้นรูปแล้วประมาณ 50 นาที(ภาพที่ 2.13ก,ข)

2. การทำงานของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมแปรรูปชาฝรั่ง การเตรียมความพร้อมก่อนการใช้งาน คือ ปิดประตูเครื่องอบแห้ง ปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน ต่อถังแก๊สหุงต้มเข้ากับสายต่อวาล์วแก๊สของเครื่องอบแห้ง เสียบปลั๊กสายและเปิดสวิตช์ไฟฟ้าที่ตู้ควบคุม เปิดวาล์วแก๊สหัวล่อจุดไฟหัวล่อ ปรับตัวตั้งอุณหภูมิขึ้นที่ 70°ซ. เปิดชุดพัดลม และเปิดชุดเพลลาใบกวาด ปลอ่ยให้เครื่องอบแห้งทำงาน เพื่อดูความสมบูรณ์ในการทำงานประมาณ 15 นาที ปรับตัวตั้งอุณหภูมิลงที่ 0°ซ. เปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน จากนั้นประมาณ 5 นาที ปิดชุดพัดลม และชุดเพลลาใบกวาด(ภาพที่ 2.13ค)

3. นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเตรียมเกลี่ยลงในถังอบแห้งของเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง ในการอบแห้งคิดเป็นยอดชาสดได้ครั้งละ 28 กก. มีขั้นตอนในการเตรียมตู้อบ เริ่มจากการจุดไฟที่หัวท่อ เปิดพัดลมตามด้วยระบบเพลลาใบกวาด เปิดประตูเครื่องอบแห้ง เปิดชุดเพลลาใบคนแล้วเกลี่ยชาลงในถังอบแห้งจนหมด ปิดประตูถังอบแห้ง ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°C. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C. ปลอ่ยให้เครื่องอบแห้งทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการใช้เวลาประมาณ 175 นาที และสีของน้ำชาเป็นสีแดงเข้มมากสุด (ภาพที่ 2.12จ,ฉ)



ก



ข



ค



ง



จ



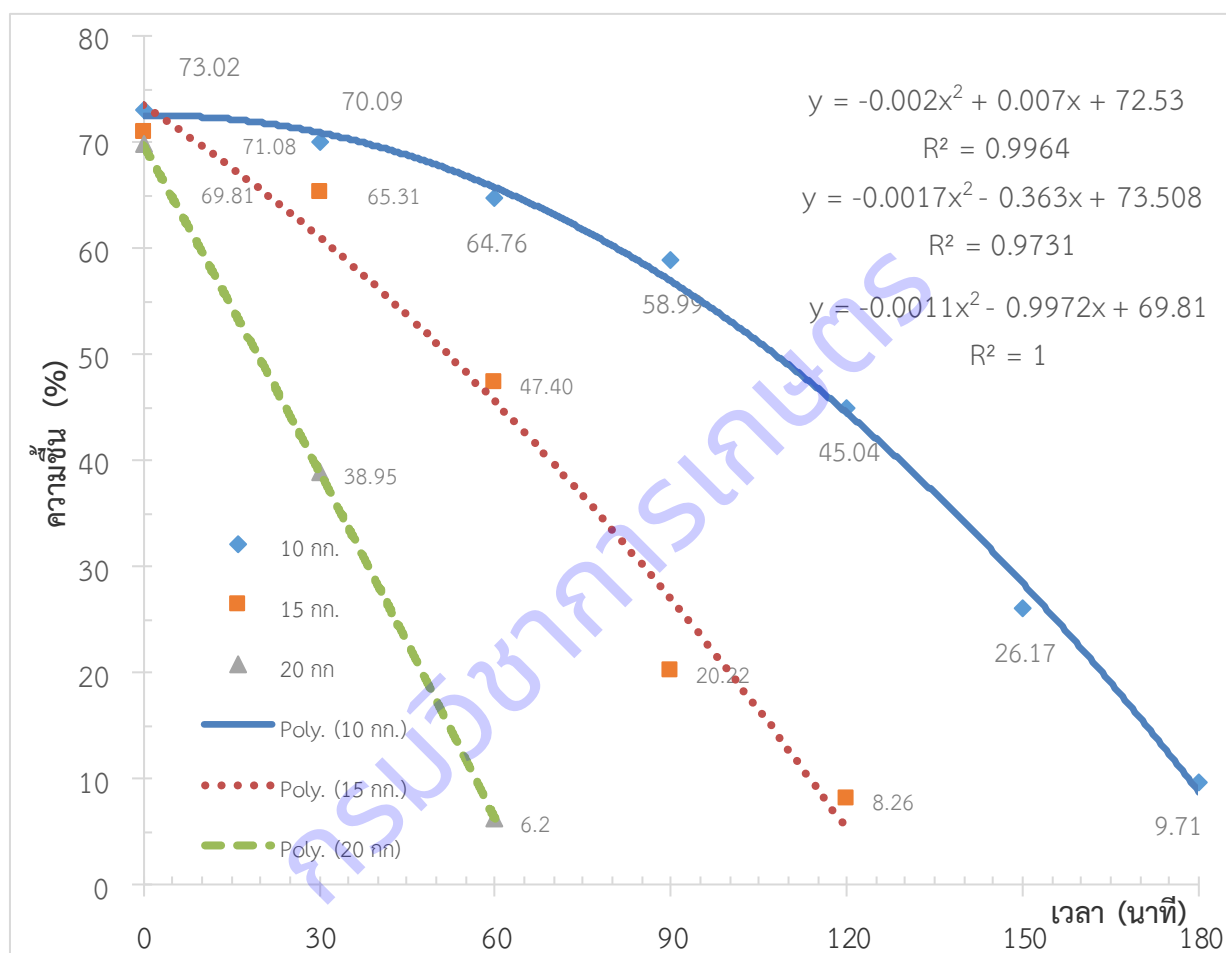
ฉ

ภาพที่ 2.13 ก การตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ข กระบวนการหมักชาหลังตัดขึ้นรูป ค ชาที่หมักเสร็จแล้วนำมาเทลงในถังอบแห้ง ค ลักษณะยอดใบชาที่ทำการอบแห้งได้ 30 นาที ง ลักษณะยอดใบชาที่ทำการอบแห้งเสร็จแล้ว จ สีของน้ำชาที่ชง

ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมในการแปรรูปชาฝรั่ง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง (ภาพที่ 2.14) พบว่า ปริมาณชาฝรั่งก่อนอบแห้ง 10 15 และ 20 กก./ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 69.81, 71.08 73.02% ตามลำดับ ขณะทดสอบสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% เมื่อพิจารณาลักษณะการลดลงของความชื้น ในช่วง 30 นาทีแรก ชาที่ใช้อบแห้ง 10 กก. มีลักษณะการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเห็นได้จากความชันของเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับปริมาณชาที่ใช้ในการอบแห้ง ปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 10 และ 15 กก. ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 และ 110 นาที มีเส้นกราฟพทอดด้วย

สมการโพลีโนเมียลแทบเป็นเส้นตรง ส่วนการอบแห้งปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก. ลักษณะเส้นแสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้าๆ มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0-60 นาที และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่มีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของชาที่ 13% เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจากเส้นแนวนอนคือ 175 นาที ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.6 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 22.9% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแสดหมากสุก

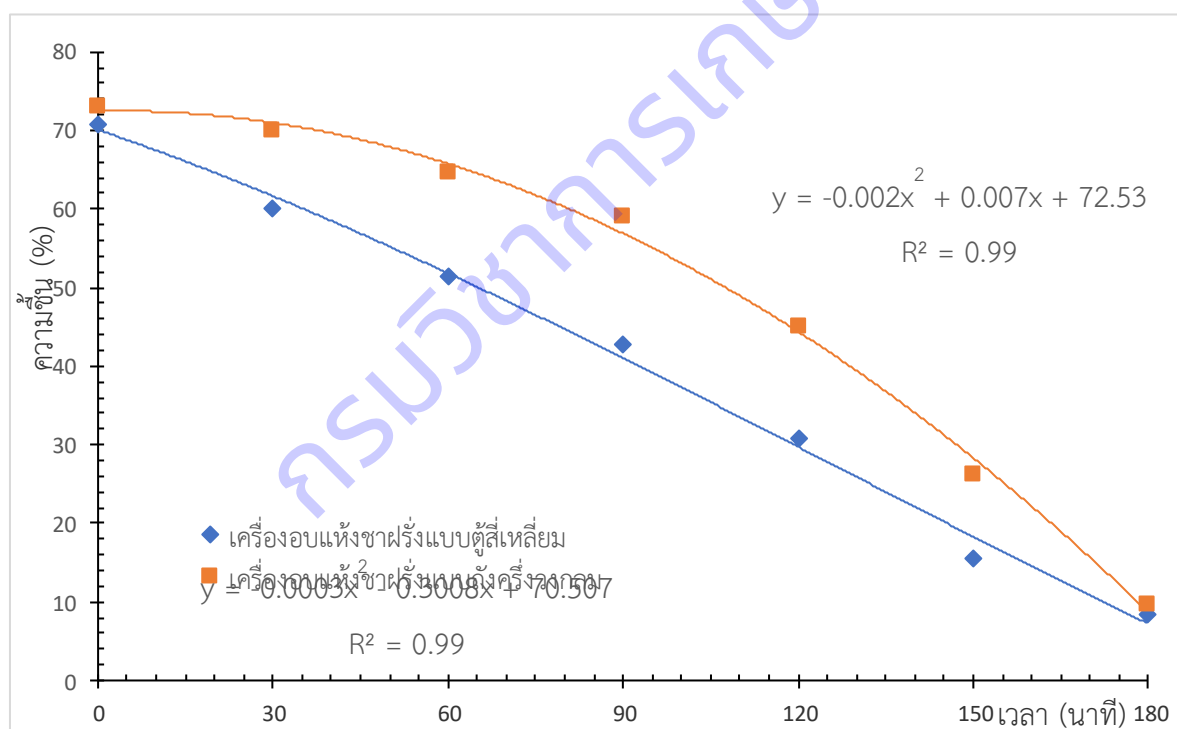


ภาพที่ 2.14 การลดความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10,15, 20 กก./ครั้ง

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้อบลมและเครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม โดยปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10 15 และ 20 กก./ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 69.56 - 73.02% และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% พบว่า เมื่อพิจารณาการอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้อบลมลักษณะการลดลงของความชื้น มีลักษณะเป็นเส้นตรงและความชันของเส้นกราฟเส้นตรงแสดงถึงอัตราการลดลงของความชื้นที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่า เมื่อพิจารณาเครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลมการลดลงของความชื้นมีลักษณะเป็นเส้นตรงเช่นกัน มีเพียงกราฟการอบแห้งปริมาณชาที่

ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก.ที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0 - 60 นาที แสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้า ๆ และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงมีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วในปริมาณที่เท่ากันจะใช้เวลาในการอบแห้งพอกๆกัน ไม่ว่าจะอบแห้งชาฝรั่งด้วยตู้แบบสี่เหลี่ยมหรือเครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม (ภาพที่ 2.15) หากพิจารณาในแง่ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตู้อบแห้งแบบสี่เหลี่ยมสูงกว่า แต่หากมองในแง่คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลมให้สีหลังอบแห้งสม่ำเสมอดีกว่า เมื่อพิจารณาในส่วนของกายภาพที่เกิดขึ้นในการอบแห้งจะเห็นว่าการอบแห้งโดยใช้ตู้แบบสี่เหลี่ยมเป็นการอบแห้งโดยไล่วัสดุอบแห้งลงในถาดแล้วเกลี่ยให้เป็นชั้นบางเท่า ๆ กัน ทำให้ลักษณะการลดลงของความชื้นค่อยลดลงอย่างสม่ำเสมอมีเส้นแนวโน้มเป็นเส้นตรง ต่อเนื่องกัน ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม ในช่วง 60 นาที ใบกาวดจะกวาดวัสดุอบแห้งให้เคลื่อนที่ขึ้นด้านบนแล้วตกลงที่ก้นถังอบในช่วงที่มีความชื้นสูงนี้ ชาฝรั่งที่ใช้ออบแห้งจะเกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ทำให้พื้นที่สัมผัสกับอากาศร้อนน้อยเป็นผลให้การลดความชื้นลงได้น้อย เมื่อความชื้นลงจนชาฝรั่งที่ใช้ออบแห้งไม่เกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่อัตราการลดลงของความชื้นจะเพิ่มขึ้นในช่วง 60-90 นาที และเพิ่มมากขึ้นเมื่อชาฝรั่งที่อบแห้งแตกตัวกระจายเป็นผงมากขึ้นหลังจากช่วง 90 นาทีไป ดังจะเห็นได้จากลักษณะเส้นกราฟ (ภาพที่ 2.15)



ภาพที่ 2.15 การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง

อภิปรายผล

เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อทดสอบไว้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมและเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

2.1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี พังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม มีชั้นวางจำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม 2) ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 3) ตัวควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง โดยนำชาหมักได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งมีปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. พบว่า อัตราการลดลงของความชื้นที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่า เส้นกราฟอัตราการลดลงของความชื้นเป็นเส้นตรง และใช้เวลาในการอบแห้ง 58, 112 และ 164 นาที ตามลำดับความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สสูงต้ม 2.2 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 27.1% และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

2.2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน, ชุดระบบส่งกำลังเพลากับเกวียน, ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม, ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์, ตัวควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ได้ดำเนินการทดสอบ คือ เกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถังอบแห้ง 20 กก. ตั้งอุณหภูมิ 100°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาที่ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ลมจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับปริมาณชาที่ใช้ในการอบแห้ง ปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 10 และ 15 กก. ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 และ 110 นาที มีเส้นกราฟพรอตด้วยสมการโพลีโนเมียลแบบเป็นเส้นตรง ส่วนการอบแห้งปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก. ลักษณะเส้นแสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้าๆ มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0-60 นาที และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่มีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของชาที่ 13% เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจากเส้นแนวโน้มคือ 175 นาที ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สสูงต้ม 2.6 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 22.9% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชาฝรั่ง สามารถนำเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ ไปใช้ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกว่าควรใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง แบบใดนั้น ควรพิจารณาว่าหากใช้ในการอบแห้งชาฝรั่งเท่านั้นควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม แต่หากต้องการใช้งานได้หลากหลายในการอบแห้งก็ควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ซึ่งการเลือกใช้ต้องที่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา ในส่วนของผู้ที่สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนของการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งชาฝรั่งที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของอัตราการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่ได้

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน คือ จุดที่รายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน คือ จุดที่กำไรเท่ากับศูนย์

$$C = F + kn \quad (1)$$

$$R = pn \quad (2)$$

C คือ ค่าใช้จ่าย k คือ ราคาของสินค้า(บาท/กิโลกรัม)

F คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ n คือ จำนวนที่ผลิต (หน่วย)

R คือ รายได้ p คือ ราคาของหน่วยสินค้า(บาท/กิโลกรัม)

1. ค่าใช้จ่ายคงที่

1.1 ประเมินราคาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง ประกอบด้วย

เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งราคา = 85,000 บาท

เครื่องนวดทรงกระบอกราคา = 95,000 บาท

เครื่องอบแห้งชาฝรั่งราคา = 90,000 บาท

ราคาเครื่องจักรกลที่ต้องใช้ในการแปรรูป = 85,000+95,000+90,000 = 270,000 บาท

1.2 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประมาณไว้ที่ 15 % ของราคาเครื่องมือแปรรูปชาฝรั่ง

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา = 0.15 × 270,000 = 40,500 บาท

$$F = 270,000 + 40,500 = 310,500 \text{ บาท}$$

2. หาค่าใช้จ่ายแปรผัน

2.1 แรงงานจำนวน 2 คน ค่าจ้างคนละ 300 บาท และเจ้าหน้าที่แปรรูป 1 คน ค่าจ้าง 500 บาท ทำงานวันละ 8 ชม. คิดเป็นค่าแรงงานรวม 1100 บาท/วัน

2.2 วัตถุดิบในการแปรรูปยอดชาอัสสัมสดวันละ 40 กิโลกรัม ราคา 20 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นค่าวัตถุดิบรวม 800 บาท/วัน (ได้ผลิตภัณฑ์ชาฝรั่งวันละ 10 กิโลกรัม ประมาณราคาขาย 800 บาท/กิโลกรัม)

2.3 ค่าเชื้อเพลิง

ค่าแก๊สหุงต้ม ถึงขนาด 15 กิโลกรัม ราคา 420 บาท อัตราการใช้แก๊สหุงต้มวันละ 6 กิโลกรัม

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม = $(420/15) \times 6 = 168$ บาท /วัน.

2.4 ค่าไฟฟ้าต้นกำลัง คิดราคาไฟฟ้าต่อหน่วย = 3.13 บาท

ค่าไฟฟ้า (มอเตอร์ 1.5 Kw จำนวน 2 ตัว เวลาใช้งาน ประมาณ 3 ชั่วโมง)

$$= 1.5 \times 2 \times 3 \times 3.1381 = 28.24 \text{ บาท /วัน.}$$

ค่าไฟฟ้า (มอเตอร์ 0.75 Kw จำนวน 2 ตัว เวลาใช้งาน ประมาณ 6 ชั่วโมง)

$$= 0.75 \times 2 \times 6 \times 3.1381 = 28.24 \text{ บาท /วัน.}$$

3. จุดคุ้มทุน

คำนวณค่าใช้จ่ายแปรผัน (k) = $(1100+800+168+28.24+28.24)/10 = 212.45$ บาท /กิโลกรัม. เมื่อนำค่าตัวเลขแทนค่ากลับในสมการ (1) ได้สมการที่ (3)

$$C = 310500 + 212.45n \quad (3)$$

อภิปรายผล (Discussion)

ในงานวิจัยนี้ได้รับการทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในกระบวนการผลิตชาฝรั่งที่สำคัญ มี 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และหัวขึ้นตัดขึ้นรูปประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกียร์วัด ไบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูป 2 วิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนวิธีการละ 10 ซ้ำ ใช้น้ำหนักตัวอย่างชาละ 4.8 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

การทดลองที่ 2 ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อเป็นต้นแบบทดสอบไว้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมและเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

2.1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ตู้อบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ถาดทำจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 1440 รอบ/นาที ส่งกำลังให้พัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า และ ตัวควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟฟ้า เข้าชุดควบคุม มีหน้าปัดปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ด้านบนเป็นแถบแสดงสถานะอุณหภูมิ ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งโดยตู้อบแบบสี่เหลี่ยม นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งให้ได้ถาดละ 2 กก. ลำเลียงเข้าวางตามชั้นจนเต็ม ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°C. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 70.84% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14°C. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ใช้เวลาในการอบแห้ง 164 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชาที่มีน้ำชาออกสีแดงหมากสุก

2.2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน ระบบส่งกำลังเพลาใบคน ใช้มอเตอร์มีต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์

กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ส่งกำลังไปลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า และตู้ควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ของชุดพัดลมกับชุดใบคน และปรับตั้งอุณหภูมิสั่งการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว เพื่อให้ควบคุมความร้อนของห้องอบแห้ง ได้ดำเนินการทดสอบ คือ เปิดชุดเพลลาใบคนแล้วเกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถังอบแห้งจนหมด ปิดประตูถังอบแห้ง ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°C. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ลดจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C. ปลอ่ยให้เครื่องอบแห้งทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการ พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°C. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% ใช้เวลาในการอบแห้ง 175 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนประเมินราคาเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง ประกอบด้วย เครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่งราคา 85,000 บาท เครื่องนวดทรงกระบอกราคา 95,000 บาท เครื่องอบแห้งชาฝรั่งราคา 90,000 บาท ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประมาณไว้ที่ 15 % ของราคาเครื่องมือแปรรูปชาฝรั่ง แรงงานจำนวน 2 คน ค่าจ้างคนละ 300 บาท และเจ้าหน้าที่แปรรูป 1 คน ค่าจ้าง 500 บาท ทำงานวันละ 8 ชม. ในรอบหนึ่งปีมีการตัดแต่งกิ่งและพักระยะเก็บเกี่ยวยอดชาประมาณ 4 เดือน ในฤดูแล้ง การผลิตชาประมาณ 8 เดือน ประมาณการผลิตเดือนละ 25 วัน ดังนั้น ในหนึ่งปีมีวันที่ทำงาน 200 วัน ถ้าความสามารถในการแปรรูปได้ชาฝรั่งวันละ 10 กิโลกรัม/วันที่จุดคุ้มทุน 528.47 กิโลกรัม ต้องใช้เวลาในการแปรรูปชาฝรั่ง คือ 52.8 วัน คิดเป็น 53 วัน นั้นแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในการผลิตชาฝรั่งนี้จะคุ้มทุนและมีกำไรตั้งแต่ปีแรกของการลงทุน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา สามารถสร้างลูกผสมกาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่และคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีแนวโน้มในการให้ผลผลิตสูง ในเบื้องต้นคัดเลือกได้จำนวน 16 ต้น ซึ่งเมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตได้ครบถ้วนจะนำมาทำการเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อคัดพันธุ์ดีอีกครั้ง สำหรับกาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีแนวโน้มดีอีก 6 พันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตครบถ้วนจะนำเสนอพันธุ์ที่ดีเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและเผยแพร่เป็นพันธุ์ปลูกแก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป และจะใช้เป็นฐานเชื้อพันธุ์กรรมสำหรับต่อยอดงานปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณภาพมีมูลค่าเป็นที่สนใจของเกษตรกรและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ข้อมูลการปลูกกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือ หรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกกาแฟโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกกาแฟเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ลดการนำเข้าเมล็ดกาแฟซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคเกษตรกรและภาคเอกชนตลอดห่วงโซ่มูลค่า (value chain) สินค้ากาแฟ

การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา

1. ได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ให้ผลผลิตและรสชาติดีที่พร้อมออกเป็นพันธุ์แนะนำ 2 พันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และได้เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 19 ก.ค. 2564 คือ พันธุ์เชียงราย 1 และ เชียงราย 2 ตามลำดับ

2. ได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนส สำหรับศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป 2565-2567 จำนวน 23 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFIC No.1-T8, CIFIC No.1-T15, CIFIC No.1-T16, CIFIC No.1-T51, CIFIC No.2-T10, CIFIC No.2-T14, CIFIC No.2-T21, CIFIC No.2-T27, 1/1 B2T5, 1/4 B3T3, 2/12 B1T3, 2/12 B2T1, 2/12 B2T3, 2/27 B4T5, 2/22 BC B5T1, 2/57 BC B6T76, ลูกผสมของ Catimor CIFIC 7963-13-28 x 1/4 B3 SF (Caturra vermelho), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 2/20 B2 SF (H.420/9 ML2/4-78-62-34), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T8 (Catimor CIFIC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/14-2 B7 T10 (Sanramon X H.420/9 ML2/4-78-62-26), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T9 (Catimor CIFIC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFIC 7963-13-28 x 3/2-1 B7 T6 (H.528/46ML2/10-29-65-29 X Sanramon), 3/2-1-T7-B7

3. ได้สายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส ในปี 2568-2570 จำนวน 18 สายต้น ได้แก่ 6-2 (51-269), Catuai km18, H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19, H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1, H7262/8-2 B6/1T3, H306 1/7EK, 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8, 5-4-2764 ต้นที่ 9 และ 4-1-130-35

4. ได้แหล่งรวบรวมพันธุ์กรรมของกาแฟอะราบิกา อย่างน้อย 4 แหล่ง 5,423 สายพันธุ์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาในอนาคต

5. ได้ข้อมูลว่า เมล็ด Peaberry สามารถเพาะและงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ และให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเช่นเดิม ซึ่งการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อ ร่วมกับพันธุกรรม

6. ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ได้แก่ วิธีการคัดเลือกกลุ่มสมกาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยีนต้านทานโรค, การคัดเลือกกลุ่มสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม และวิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation

7. ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะพบว่าเป็นเชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้ เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล

8. ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR มีความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 0.72 ถึง 1.00 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม โดยการสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยว และเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆ มีค่าระหว่าง $313 - 485 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง $19-73 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล การปลูกพืชร่วมเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ ($1,800-2,000 \mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับความเข้มแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชันในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชัน Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, $\mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-2}$) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างกิ่ง ใบและผลกาแฟที่แสดงอาการโรค จากพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน

ลำปาง เลย และ เพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง นำมาแยกเชื้อ พืชจำพวกโรคศึกษาลักษณะทางสัณฐานและศึกษาชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลต เมื่อนำมาพิสูจน์โรคโดยการปลูกเชื้อให้กับต้นกล้ากาแฟ ต้นกล้ากาแฟเริ่มแสดงอาการแผลสีน้ำตาลหลังปลูกเชื้อได้ 5 วัน ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเกี่ยวกับการใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980,1992) และวิรัช และคณะ (2528) จึงจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอาราบิก้าที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกชนิด ซึ่งพบปัญหาในการจำแนก เนื่องจากรา *Colletotrichum* spp. บางไอโซเลต มีลักษณะของโคโคนีแตกต่างกันแต่รูปร่างของโคโคนีคล้ายกัน และบางไอโซเลตมีลักษณะของโคโคนีไม่แตกต่างกัน แต่โคโคนีมีรูปร่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำเทคนิคทางอนุชีววิทยาเข้ามาช่วยในการจัดจำแนกชนิดรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอาราบิก้าที่รวบรวมจากต่างสถานที่และความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน เพื่อสนับสนุนให้ข้อมูลของชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อราที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอาราบิก้า ในการศึกษาพบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสทุกกรรมวิธี สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการจัดการตัดแต่งกิ่งมีผลใกล้เคียงกับการใช้สารป้องกันกำจัด ส่วนอาการบนผลจะพบมากในช่วงใกล้การเก็บเกี่ยว สารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสกาแฟอาราบิก้าได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การทดลองการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน พบว่า ทั้งในพื้นที่แปลงกาแฟอาราบิก้าของเกษตรกร อ.แมริม และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ ตัดแต่งกิ่งกาแฟมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟดีที่สุด รองลงมาคือ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดดังกล่าวเป็นการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เพื่อก้าวสู่การผลิตกาแฟแบบอินทรีย์ ยกกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟ สร้างมูลค่าเพิ่ม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และควรร่วมมือกันทำการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในทุกพื้นที่อย่างจริงจัง ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา เพื่อลดการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟที่จะระบาดในรุ่นต่อไป

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่เหมาะสม โดยศึกษาลักษณะสี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมาแกะห่อเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บ

รักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อย

ความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลา พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอนเป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษา คือ จาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกาแฟสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบสารที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.65 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา

ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 - 24 เดือน และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพการชิมสูงที่สุดในชนิดของถุงที่เก็บรักษาเมื่อ 31 เดือนวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่าวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบและการศึกษา

ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ โดยใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสาร acetochlor และ oxyfluorfen ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงหลังจากพ่นที่ระยะ 81 วัน พบปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสารตกค้างทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสอบสารตกค้างในดินพบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห่ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดรีวพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรูดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปล้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อเทียบกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

ผลการสำรวจ จึงแบ่งกระจายพันธุ์กาแฟอะราบิกาของกรมวิชาการเกษตรเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ในปี 2529-2549 และ ช่วงที่ 2 ในปี 2550-2559 คือ

ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 กรมวิชาการเกษตรดำเนินการผลิตต้นกาแฟอะราบิกาแจกจ่ายแก่เกษตรกรโดยตรงและผ่านหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นกาแฟอะราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ลูกผสมชั่วที่ 4-6 จำนวนไม่น้อยกว่า 2,830,000 ต้น

ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กรมวิชาการเกษตรพัฒนาพันธุ์จนได้กาแฟอะราบิกาพันธุ์รับรอง เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นกาแฟอะราบिकासายพันธุ์คาติมอร์ที่เป็นลูกผสมชั่วที่ 7 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และได้มีการกระจาย

พันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,860,713 ต้น ในพื้นที่หลัก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และ จังหวัดน่าน พบว่า พื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปาง พบน้อยมาก และพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกเป็นผู้ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์การถือครอง เป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นผู้ที่มีหนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ ระบบแปลงปลูกพบว่า ส่วนใหญ่ปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่น เช่น มะคาเดเมีย ถั่วลิสง อาโวคาโด และชาอัสสัม เป็นต้น รองลงมาคือ ปลูกร่วมกับพื้นที่ป่า และปลูกพืชเชิงเดี่ยว สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รองลงมาเป็นพื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบตามลำดับ ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินร่วน แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล การปฏิบัติดูแลรักษา แตกต่างในแต่ละจังหวัดคือ

1) จังหวัดเชียงราย เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะให้ปุ๋ยในช่วงที่ระยะการพัฒนามากที่สุด รองลงมาคือช่วงระยะติดผล และก่อนปลูกตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า เกษตรกรจะใส่สารปรับปรุงดินช่วงหลังการเก็บเกี่ยว จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนมากให้ปุ๋ยในช่วงก่อนปลูก รองลงมาคือ ช่วงระยะพัฒนา ช่วงติดผล ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว ทั้งนี้พบว่าช่วงหลังออกดอกเกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ย ระยะที่เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินสูงสุดคือช่วงการเตรียมดินก่อนปลูก และพบในช่วงระยะการพัฒนาล็กน้อยหลังจากออกดอกจนถึงหลังเก็บเกี่ยว ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดิน

2) จังหวัดแม่ฮ่องสอน เกษตรกรให้ปุ๋ยมากที่สุดช่วงระยะติดผล รองลงมาคือระยะการพัฒนา ช่วงก่อนปลูก และช่วงก่อนเก็บเกี่ยวตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเกษตรกรจะไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยในช่วงหลังออกดอกและหลังเก็บเกี่ยว ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดิน พบว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูก และเป็นระยะเดียวที่เกษตรกรมีการใส่สารปรับปรุงดิน

3) จังหวัดน่าน เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดช่วงการดูแลกาแฟ โดยเฉพาะการติดผล ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกสูงสุด

4) จังหวัดลำปาง เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ในช่วง ระยะการพัฒนา ช่วงติดผล และก่อนเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ พบกว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์คาติมอร์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ได้แก่

1. พันธุ์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ใน 18 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านฝิปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื้นน้อย ต.แม่ต๋น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล

2. พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่าง ใน 4 แปลง ได้แก่ H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-239 ของจังหวัด เชียงใหม่ (บ้านขุนวาง พิกัด 47Q 0447527 2069839 ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก พิกัด 47Q 0444380 2061933 และพิกัด 47Q 0444288 2061950 ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) และจังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง พิกัด 47Q 0559555 2190067 ต.วาวี อ.แม่สรวย) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล

3. พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ จำนวน 8 ตัวอย่าง ใน 7 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด, บ้านยางครก ต.ยางเปียง และ บ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมุเซอผาฮี ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ล่าน้อย) และจังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ พิกัด 47Q 06697272131175 และพิกัด 47Q 06678262130227 ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล

กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านฝิปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื้นน้อย ต.แม่ต๋น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง และบ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลอง ใน อ.แม่ฟ้าหลวง บ้านมุเซอผาฮี ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ล่าน้อย) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่ แปลงปลูก พิกัด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่วมเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดยแบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ (pH, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, manganese, iron และ boron) และด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนสะสม และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

สำหรับลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ มีความเหมือนและแตกต่างกันดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ที่ปลูกใน 18 แปลง พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.83 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.21 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.51 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.7 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.93 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.39 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 149.6 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 679 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 41.51 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 36.03 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 8.61 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 1.22 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 86.15 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 9.38 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 22.3 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 53.81 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 22.46 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 18.35 เปอร์เซ็นต์

2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนวาง ต.แม่วีน อ.แม่วาง จ. เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 7 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ต๋อนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย บ้านม่อนจอง ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านหมู่เซอผาฮี้ อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) พบว่า มีลักษณะแตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.85 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.25 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.53 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.99 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.42 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 176.23 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 582 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 68.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 19.97 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 3.35 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.65 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 91.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 6.4 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 14.23 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 18.53 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 28.94 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 38.41 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84 ± 0.04 ซม. (%RSD=4.27) ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.20 ± 0.10 ซม. (%RSD=9.29) ความหนากะลาเฉลี่ย 0.54 ± 0.08 ซม. (%RSD=14.74) ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.95) ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.27) ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40 ± 0.02 ซม. (%RSD=4.69) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 157.15 ± 4.8 กรัม (%RSD=3.03) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 648 ± 18 เมล็ด (%RSD=3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 (เมล็ดขนาด >7.1 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $48.82 \pm 5.43\%$ (%RSD=13.53) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 (เมล็ดขนาด $6.3 \leq 7.1$ มิลลิเมตร) เฉลี่ย $31.16 \pm 4.04\%$ (%RSD=16.07) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด $5.6 \leq 6.3$ มิลลิเมตร) เฉลี่ย $6.78 \pm 1.83\%$ (%RSD=26.02) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด ≤ 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $0.96 \pm 0.44\%$ (%RSD=44.27) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A (เมล็ดขนาด > 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย $86.37 \pm 2.58\%$ (%RSD=3.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย $9.55 \pm 2.29\%$ (%RSD=23.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย $21.76 \pm 4.63\%$ (%RSD=33.46) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย $18.34 \pm 5.96\%$ (%RSD=40.68) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย $32.29 \pm 6.1\%$ (%RSD=31.04) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย $35.95 \pm 6.47\%$ (%RSD=29.27)

2) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ มีกลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นธัญพืช กลิ่นขนมปัง กลิ่นเนย กลิ่นคาราเมล กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นดอกไม้ กลิ่นผลไม้ กลิ่นช็อกโกแลต และกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ. เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.27 ± 1.4 คะแนน (%RSD=1.78) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ มีกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ กลิ่นเนย กลิ่นถั่ว กลิ่นคาราเมล กลิ่นผลไม้แห้ง และกลิ่นธัญพืช

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.61 ± 1.69 คะแนน (%RSD=2.16) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นช็อกโกแลต กลิ่นดอกไม้อบแห้ง กลิ่น

กาแพคั่ว กลิ่นอบเชย กลิ่นถั่ว กลิ่นขนมอบ กลิ่นดอกไม้ว กลิ่นพีช กลิ่นแอ๊ปเปิ้ลเทศ กลิ่นพลัม กลิ่นฮาเซนนัท กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลด์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร กลิ่นโกโก้ กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นธัญญพืช และ กลิ่นผลไม้อบแห้ง

สำหรับกาแพะราปิการูปภัณฑ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.13 ± 1.16 คะแนน (%RSD=1.47) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นถั่ว กลิ่นดอกไม้ว กลิ่นพีช กลิ่นแอ๊ปเปิ้ลเทศ กลิ่นพลัม กลิ่นฮาเซนนัท กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลด์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร และกลิ่นโกโก้

สำหรับกาแพะราปิการูปภัณฑ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.31 ± 2.74 คะแนน (%RSD=3.45) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นคาราเมล กลิ่นถั่ว กลิ่นผลไม้แห้ง กลิ่นเนย และกลิ่นธัญญพืช

3) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านกายภาพ ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแพะราปิการูปภัณฑ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.22 ± 0.17 (%RSD = 3.35) Total Acid Content เฉลี่ย 2.21 ± 1.38 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 62.41) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.33 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.32) Color (L) เฉลี่ย 38.55 ± 1.50 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.9) Color (a) เฉลี่ย 6.96 ± 1.48 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 21.19) Color (b) เฉลี่ย 2.74 ± 1.51 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 55.87) Sugar Content เฉลี่ย 4.78 ± 1.53 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 32.08) Nitrogen contain เฉลี่ย 13.96 ± 0.68 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.87) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.15 ± 1.3^0 Brix (%RSD=31.27) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=39.41) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.17 ± 2.45 เปอร์เซ็นต์(%RSD=18.63) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.86 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.72)

(2) กาแพะราปิการูปภัณฑ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.23 ± 0.03 (%RSD = 0.51) Total Acid Content เฉลี่ย 1.44 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 10.03) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.49 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.92) Color (L) เฉลี่ย 36.49 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.07) Color (a) เฉลี่ย 5.96 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.27) Color (b) เฉลี่ย 2.36 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 20.82) Sugar Content เฉลี่ย 2.4 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 35.14) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.75 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 6.28) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.73 ± 2.4^0 Brix (%RSD=41.97) ปริมาณ

Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=38.51) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 14.83 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์(%RSD=4.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.29 ± 0.29 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.73)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.13 ± 0.1 (%RSD = 1.95) Total Acid Content เฉลี่ย 2.09 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 66.45) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.36 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 9.23) Color (L) เฉลี่ย 38.41 ± 0.59 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 1.53) Color (a) เฉลี่ย 7.02 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 13.22) Color (b) เฉลี่ย 2.7 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 42.58) Sugar Content เฉลี่ย 4.38 ± 1.47 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 33.65) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.94 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.76) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 7.62 ± 4.7^0 Brix (%RSD=61.68) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.48) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 12.57 ± 0.94 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.62 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.67)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.2 ± 0.15 (%RSD = 2.88) Total Acid Content เฉลี่ย 1.99 ± 1.21 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 60.68) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.37 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.21) Color (L) เฉลี่ย 37.99 ± 1.58 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.17) Color (a) เฉลี่ย 6.71 ± 1.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 18.97) Color (b) เฉลี่ย 2.61 ± 1.26 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 48.15) Sugar Content เฉลี่ย 4.1 ± 1.7 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 41.41) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.29 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.95) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.61 ± 3.42^0 Brix (%RSD=60.99) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.54) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.19 ± 1.96 เปอร์เซ็นต์(%RSD=14.86) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.69 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์(%RSD=8.15)

4) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 232.38 ± 53.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.87) Pyridine เฉลี่ย 691.47 ± 216.18 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=31.26) Caffeine เฉลี่ย $18,545.29 \pm 2,260.85$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.19) Quinic Acid เฉลี่ย $7,311.47 \pm 1,454.29$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=19.89) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.35 ± 28.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=23.26) Trigonelline เฉลี่ย $4,621.76 \pm 2,417.04$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=52.3) Pyrene เฉลี่ย 4.34 ± 1.38 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=31.81) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.76 ± 0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=24.07) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=43.41) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.12 ± 0.42 ppb unit (%RSD=19.63) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัมต่อลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 197.5 ± 11.84 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=6) Pyridine เฉลี่ย 553 ± 120.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.8) Caffeine เฉลี่ย $15,528 \pm 357.33$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.3) Quinic Acid เฉลี่ย $5,482 \pm 867$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.82) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 127 ± 20.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=16.31) Trigonelline เฉลี่ย $6,610 \pm 1,809.82$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=27.38) Pyrene เฉลี่ย 3.16 ± 0.19 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=6.08) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.57 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=8.48) Fluoranthene เฉลี่ย 0.2 ± 0.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.9) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.35 ± 0.24 ppb unit (%RSD=10.28) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.96) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=13.49) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.02 (%RSD=2.93)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 181.67 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=1.59) Pyridine เฉลี่ย 315 ± 69.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.05) Caffeine เฉลี่ย $15,450 \pm 476.97$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=3.09) Quinic Acid เฉลี่ย $4,135 \pm 103.32$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.5) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 95 ± 17.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=18.23) Trigonelline เฉลี่ย $3,543.33 \pm 385.53$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=10.88) Pyrene เฉลี่ย 4.15 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=1.2) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.68 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.04) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.03 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.37) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 0.67 ± 0.15 ppb unit

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 215.68 ± 44.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=20.73) Pyridine เฉลี่ย 607.67 ± 211.27 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=34.77) Caffeine เฉลี่ย $17,230 \pm 2,283.91$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=13.26) Quinic Acid เฉลี่ย $6,384 \pm 1,645.89$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=25.78) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 121.17 ± 26.15 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.58) Trigonelline เฉลี่ย $5,176.67 \pm 2,326.99$ มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=44.95) Pyrene เฉลี่ย 3.93 ± 1.17 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=29.78) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.69 ± 0.16 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=23.81) Fluoranthene เฉลี่ย 0.22 ± 0.09 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.23) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.05 ± 0.66 ppb unit (%RSD=32.25) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.01 (%RSD=2.77)

5) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) ด้วยเครื่อง E-nose ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $50.29 \pm 13.28\%$ (%RSD=26.41) Blackcurrent เฉลี่ย $21.76 \pm 7.06\%$ (%RSD=32.43) Butter เฉลี่ย $23.24 \pm 5.57\%$ (%RSD=23.99) Caramel เฉลี่ย $24.12 \pm 4.41\%$ (%RSD=18.3) Roasted peanuts เฉลี่ย $25.59 \pm 5.83\%$ (%RSD=22.79) และ Roasted coffee เฉลี่ย $33.24 \pm 8.09\%$ (%RSD=24.34)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $41.5 \pm 11.32\%$ (%RSD=27.27) Blackcurrent เฉลี่ย $25.5 \pm 6.43\%$ (%RSD=25.23) Butter เฉลี่ย $29 \pm 5.16\%$ (%RSD=17.81) Caramel เฉลี่ย $25.5 \pm 2.84\%$ (%RSD=11.13) Roasted peanuts เฉลี่ย $29 \pm 3.16\%$ (%RSD=10.9) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30% (%RSD=0)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $31.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=9.11) Blackcurrent เฉลี่ย $16.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=17.32) Butter เฉลี่ย $13.33 \pm 2.89\%$ (%RSD=21.66) Caramel เฉลี่ย $16.67 \pm 2.89\%$ (%RSD=17.33) Roasted peanuts เฉลี่ย 25% (%RSD=0) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30% (%RSD=0)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย $45.5 \pm 13.28\%$ (%RSD=29.2) Blackcurrent เฉลี่ย $22.5 \pm 6.92\%$ (%RSD=30.74) Butter เฉลี่ย $24.17 \pm 6.83\%$ (%RSD=28.28) Caramel เฉลี่ย $23.83 \pm 4.49\%$ (%RSD=18.83) Roasted peanuts เฉลี่ย $26.67 \pm 4.97\%$ (%RSD=18.64) และ Roasted coffee เฉลี่ย $31.83 \pm 6.23\%$ (%RSD=19.56)

6) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.18 ± 0.39 คะแนน (%RSD=12.37) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.24 ± 0.44 คะแนน (%RSD=13.51) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.97 ± 0.45 คะแนน (%RSD=15.14) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.12 ± 0.33 คะแนน (%RSD=10.65) และ คะแนนเฉลี่ย 3.13 ± 0.28 คะแนน (%RSD=8.79)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม

แบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.25 ± 0.26 คะแนน (%RSD=8.1) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.1 ± 0.21 คะแนน (%RSD=6.8) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.28 คะแนน (%RSD=9.6) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.05 ± 0.15 คะแนน (%RSD=5.18) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.14 คะแนน (%RSD=4.68)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.5 คะแนน (%RSD=0) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 2.83 ± 0.58 คะแนน (%RSD=20.38) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.83 ± 0.29 คะแนน (%RSD=10.19) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.17 ± 0.19 คะแนน (%RSD=9.12) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.26 คะแนน (%RSD=8.46)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.23 ± 0.34 คะแนน (%RSD=10.54) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.15 ± 0.4 คะแนน (%RSD=12.61) รสชาติ (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.38 คะแนน (%RSD=12.86) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.1 ± 0.28 คะแนน (%RSD=8.88) และ คะแนนเฉลี่ย 3.11 ± 0.23 คะแนน (%RSD=7.43)

7) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 กับพันธุ์คาติมอร์สายพันธุ์อื่นๆ (H4 2 0 /9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-23 และ H528/46 ML2/10-29-65-23)

ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลง ในองค์ประกอบทางเคมี ด้านคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, Total Acid Content, Ash Alkalinity, Sugar Content, Nitrogen contain, Furans, Pyridine, Caffeine, Quinic Acid, Chlorogenic Acid, Trigonelline, Pyrene, Benzo[a]pyrene, Fluoranthene, Ochratoxin A, kahwoel/cafestol ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose ได้แก่ Garden Peas (กลิ่นถั่ว) Blackcurrant (กลิ่นแบล็คเคอแร็นท์) Butter (กลิ่นเนย) Caramel (กลิ่นคาราเมล) Roasted peanuts (กลิ่นถั่วคั่ว) และ Roasted coffee (กลิ่นกาแฟคั่ว) ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ได้แก่ สายตา (Visual) กลิ่น (Olfactive) รสชาติ (Gustative) และความพึงพอใจ (General Impression) เนื่องจากวิเคราะห์ไม่ครบทุกตัวอย่างในแต่ละสถานที่และวิธีการแปรรูป ดังนั้นหากต้องการพัฒนาเพิ่มมูลค่า และคุณค่ากาแฟ โดยสร้างอัตลักษณ์กาแฟในแต่ละสถานที่ ทั้งกลิ่น รสชาติ วิถีชีวิต และถิ่นที่ปลูก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะดังกล่าวเพิ่มเติม รวมถึงปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดกาแฟดิบ ได้แก่ แคลเซียม ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม

แมงกานีส แมกนีเซียม สังกะสี โบรอน และ strontium (Sr) ในเมล็ดกาแฟดิบ ซึ่งสามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการจำแนกแยกถิ่นกำเนิดของเมล็ดกาแฟ

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา

การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา เป็นการรวบรวมทุกลักษณะประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ประวัติของพันธุ์ การปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะเฉพาะของกาแฟแต่ละพื้นที่และการกำหนดคุณภาพ รสชาติกาแฟเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพื้นที่ อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ตัวอย่างกาแฟในพื้นที่จังหวัดชุมพร และระนอง เป็นตัวแทนของกาแฟโรบัสตา โดยลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางถึงสูง ขนาดเมล็ดกาแฟจากการสีสดและตากแห้ง ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด พันธุ์ 84-4 เมล็ดกาแฟของจังหวัดชุมพรมีน้ำหนักตามเกณฑ์มาตรฐาน (15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนเมล็ดกาแฟจากจังหวัดระนองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเกินมาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ 84-4 ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสม ชุมพร 2, ชุมพร 84-5 จังหวัดชุมพร มีเมล็ดขนาดเล็ก ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 14 มากที่สุดเฉลี่ย 42.75 และ 50.11 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ 84-5 มีขนาดเมล็ดเบอร์ 16 23 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดระนอง ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเมล็ดเบอร์ 14 ส่วนพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเมล็ดเบอร์ 17 มากที่สุด 23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษาและสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ การจัดทำเอกลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่นหรือพื้นที่ ควรมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี การชิมรสชาติ ให้ครอบคลุมมากกว่านี้เพื่อประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไป

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้ง สารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 การจำแนกอัตลักษณ์กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol โดยสาร Kahweol จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิก้าและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสต้า นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิก้าที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมาก จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสตาของประเทศไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุดเมล็ดกาแฟอะราบิก้าและเมล็ดกาแฟโรบัสตา คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ

(Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับจำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) พบว่า ปริมาณเมล็ดดำและปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอาราบิก้า และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้ง และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบ และพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ การหมักเมื่อกาแฟจากจุลินทรีย์ถือเป็นการผลิตกาแฟอาราบิก้าให้ได้คุณภาพที่ควบคุมได้ โดยภาวะการหมักที่เหมาะสมรวมทั้งปัจจัยที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อการพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพนี้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่ที่ได้จากการทดลองได้แก่ AAF technique ที่ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine และการเติมอากาศในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักที่ 5 มิลลิลิตรต่อนาที่และควบคุมความเป็นกรดต่างให้อยู่ที่ pH 4.5 พบสารให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ที่เกิดจากการหมัก ได้แก่ กลุ่มกรดอินทรีย์และกลิ่นกลุ่มเอสเทอร์ปริมาณมากกว่าการหมักแบบปกติ โดยเมื่อทดสอบโดยวิธี SCAA cupping score methods คะแนนการทดสอบชิมสูงถึง 83 -85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee) การหมักกาแฟอาราบิก้าในระบบปิด โดยใช้หัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ในการเร่งการหมักและการหลุดลอกของเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติที่มีอุณหภูมิระหว่าง 14-27 °C และระบบหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5-8 สามารถทำให้เมื่อกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง และกาแฟที่ได้จากการหมักโดยใช้หัวเชื้อยีสต์มีคะแนนการชิม (Cupping score) ดีกว่าการหมักที่เกิดขึ้นเองตาม ถังหมักกาแฟต้นแบบที่พัฒนาโดยหลักการ Single stage pilot ประกอบด้วยการตัวถังที่ผลิตจากสแตนเลส 304 เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ระบบเติมอากาศที่ไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาที่จากปั๊มลมจากภายนอกเพื่อให้เกิด flux air ที่ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวัน ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อ มิลลิลิตร การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรกสนในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Streptococcus* spp. เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซอส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ การทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัด

แยกได้และทดสอบการหมักโดยใช้เอนไซม์ จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในชีวมวลประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum*, ยีสต์และจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเมื่อหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟสั้นกว่าจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม

โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพ ประกอบด้วยการวิจัยต้นแบบกระบวนการใหม่ระดับกิ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 กระบวนการ ได้แก่ เทคโนโลยีการหมักจำลองกระเพาะอาหารสัตว์ (Bio-processing techniques) และเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากการหมักกาแฟ, ต้นแบบผลิตภัณฑ์ระดับอุตสาหกรรมและกิ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 ต้นแบบ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์สำหรับหมักกาแฟคุณภาพจำนวน 1 ชนิดและสารเคลือบส้มจากเพคตินสกัดจากเชอร์รี่กาแฟและเมือกกาแฟ, องค์ความรู้ใหม่ จำนวน 1 องค์ความรู้ได้แก่ เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบอัตลักษณ์กาแฟโดยหลักการ Chemometric โดยการวิเคราะห์สาร Diterpenes นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะและการฝึกอบรม ได้แก่ เทคโนโลยีการหมักกาแฟคุณภาพ ภายใต้โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟพรีเมียมปี 2564

แผนงานย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้

โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนาชา มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาชาพันธุ์ดี รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตชา และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาคุณภาพ และสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ชา เพื่อเป็นพืชทางเลือก และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรอย่างยั่งยืน ประกอบด้วย 4 กิจกรรม 16 การทดลอง ได้แก่

ด้านวิจัยและพัฒนาพันธุ์ชา ได้พันธุ์ชาที่มีแนวโน้มเป็นชาพันธุ์ดี ได้แก่ ชาอัสสัมอำเภอฟาง ชาพื้นเมืองสายต้นประเทศจีน และ ชาเขียวจากต้นคัดเลือก ต้นที่ 77 ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการชิม และประเมินความพึงพอใจ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ด้านเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต การปลูกชาส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ป่า หรือตามไหล่เขา ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในกลุ่มอินทรีย์วัตถุ เกษตรกรผู้ปลูกชาส่วนใหญ่ มักไม่ได้มีการให้ปุ๋ยกับต้นชา ทำให้ในการให้ปุ๋ยชาอาจต้องพิจารณาถึงความต้องการธาตุอาหารของต้นชาที่แท้จริง (ratio N:P:K) จึงจะทำให้การให้ปุ๋ยชาในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพมากที่สุด และในการปลูกชามักเจอแมลงศัตรูที่เข้าทำลายผลผลิตของชา ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycyines* Glover มักเข้าทำลายดูดกินน้ำเลี้ยงบนยอดและใบอ่อน เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบอ่อน หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner) เข้าทำความเสียหายต่อยอดและใบ พบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน โดยพบสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ฝนทิ้งช่วง ไรแดง *Oligonychus coffeae* (Nietner) ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบ โดยพบสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง แมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp. เข้าทำความเสียหายต่อใบและยอด โดยพบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต และ มวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบ โดยพบสูงสุดใบช่วงที่ชาให้ผลผลิต และยังพบร่องรอยการ

เข้าทำลายของมวนยุงชา *Helopeltis* spp. ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน โดยพบสูงสุดในช่วงแตกยอด และพบได้ทั้งปี แต่การเข้าทำลายของแมลงศัตรูดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตขึ้นมา

ด้านวิจัยการแปรรูปและสร้างมาตรฐาน ได้วิธีการแปรรูปชาขาว ชาเขียวคั่ว ชาเหียะกวนดิม และชาหมักจะคุณภาพ สามารถถ่ายทอด และขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย เพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกร สร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ชา สร้างมูลค่าเพิ่ม รวมทั้งสร้างรายได้ และสร้างงานให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

ด้านการพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ได้แนวโน้มชาอัสสัมที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคใต้ สำหรับปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์แนะนำต่อไป และได้วิธีการตัดแต่งต้นชาที่เหมาะสม ได้แก่ การตัดแต่งแบบโค้งครึ่งวงกลม

โครงการวิจัยที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

เริ่มดำเนินการในปี 2559-2564 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ **กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์** เพื่อทราบข้อมูลของพันธุ์มะคาเดเมียที่เหมาะสมกับพื้นที่ต่ำกว่า 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และได้แปลงอนุรักษ์พันธุ์กรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งมีทั้งหมด 3 การทดลอง ได้แก่ (1)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในแหล่งต่างๆ วางแผนแบบ RCB 8 กรรมวิธี (พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ได้แก่ MCL-829, CR -7, CR-5, KK-27, 660, 741, KW86 และFNG21 ตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400, 900, 750 และ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า พันธุ์ที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตต้นที่ดีที่สุด คือ พันธุ์ KK27, CR-7, 741 และ CR-5 ตามลำดับ ส่วนเรื่องผลผลิต ในระดับความสูง 400 ม. พันธุ์ MCL829 ให้จำนวนผลผลิตมากที่สุด ในระดับความสูง 750 900 และ1,400 ม. พบว่า พันธุ์ KW86 มีจำนวนผลผลิต น้ำหนักผลทั้งเปลือกต่อผลและน้ำหนักเมล็ดกะลาต่อเมล็ด และการวิเคราะห์ผลผลิตพันธุ์ดีที่สุด (2)การทดสอบพันธุ์มะคาเดเมียในภาคอีสานตอนล่างและภาคเหนือตอนล่าง วางแผนแบบ RCB คือ 9 กรรมวิธี(พันธุ์) 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น 9 กรรมวิธี ได้แก่ พันธุ์ 660, 741, A4 , 849, KW86, KK27, CR5, CR7 และ FNG21 ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ แปลงมะคาเดเมีย จ.นครราชสีมา อ.ปากช่อง ความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตร พบว่า พันธุ์ 660 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนผลผลิตให้ผลผลิตปีแรกในปี 2564 ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ CR-5, CR-7, 660 และ 741 ซึ่งพันธุ์ 660 มีน้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด และ แปลงมะคาเดเมีย จ.ตาก อ.แม่สอด ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร พบว่า พันธุ์ CR-5 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด ให้ผลผลิตทั้งหมด 8 พันธุ์ ยกเว้น พันธุ์ FNG21 โดยพันธุ์ KW86 ให้ น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือกรวมมากที่สุด และ(3)การอนุรักษ์และศึกษาเชื้อพันธุ์กรรมมะคาเดเมีย รวบรวมพันธุ์มะคาเดเมียจากแหล่งต่างๆ จากต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย จากต้นเพาะเมล็ดของพันธุ์ OC D4 และ H2 และจากงานวิจัยทดสอบพันธุ์ โดยทดลองใน 4 สถานที่ คือ 1)ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) มีการรวบรวมลักษณะมะคาเดเมีย 42 สายพันธุ์ สามารถนำมาวิเคราะห์คุณภาพได้ 15 พันธุ์ 2) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย มะคาเดเมียทั้งหมด 15 พันธุ์ ได้แก่ 294 508 741 788 791 792 849 A4 A16 CR1 DD KK6 KK7 KK8 และ WW3 โดย พันธุ์ WW3 3) ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) มะคาเดเมียทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ Daddow, A4, 924(A16), 294, 788, 791, 792, 849,. WW3, CHR1, KK6, KK7, 480(KK8), 508 และ 741 4) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาปี) เก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 10 พันธุ์ ได้แก่ 246 333 344 508 660 741 800 H2 HY และOC **กิจกรรมที่ 2 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย** เพื่อได้เทคโนโลยี

การขยายพันธุ์ การตัดแต่งกิ่ง และการจัดการแมลงและสัตว์ศัตรูมะคาเดเมียที่เหมาะสม มีทั้งหมด 6 การทดลอง ได้แก่ (1)การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย วางแผนการทดลองแบบ RCBD 8 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น มี 5 กรรมวิธี คือ 1) น้ำเปล่า (control) และ IBA ความเข้มข้น 2,000 4,000 6,000 และ 8,000 ppm 3 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และพฤศจิกายน ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง เชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหียะ และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า แปลงทดลองแม่เหียะ ช่วงเดือนพฤษภาคม ควรใช้ IBA 8,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายหลังการตัดชำ 30 วันสูงสุด 83.8% การทาบกิ่ง 3 ช่วงเวลามีน้ำหนัก รากสูงสุด คือ 15.7 7.38 และ 8.93 กรัม ตามลำดับ ส่วนที่แปลงทดลองขุนวาง พบว่า ให้ผลการทดลองทำนอง เดียวกับแปลงแม่เหียะ คือการใช้ IBA 8,000 ppm ในการทาบกิ่ง 3 ช่วงเวลา คือ พฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายหลังการตัดชำ 30 วันสูงสุด คือ 86.3 80.6 และ 85.0% และมีน้ำหนักสูงสุด 8.63 6.78 และ 9.60 กรัม (2)การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย 3 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และ พฤศจิกายน RCBD ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ต้น มี 4 กรรมวิธี คือ 1) ไม่ควั่นกิ่ง (control) และ ควั่นกิ่ง 4 6 และ 8 สัปดาห์ ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง เชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหียะ และแปลงทดลองขุนวาง พบว่า แปลงทดลองแม่เหียะ การเสียบกิ่งเดือนกรกฎาคม พบว่า ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของ กิ่งสูงสุดคือ 85 % สำหรับแปลงทดลองขุนวาง ช่วงเวลา คือ พฤศจิกายน ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 75% ตามลำดับ (3)การศึกษาระบบการตัดแต่งกิ่งมะคาเดเมีย วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น 6 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ตัดแต่งกิ่ง (control), ตัดแบบทรงพุ่มสูง (6 เมตร), ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ย (4 เมตร), ตัด แบบทรงพุ่มสูงร่วมกับตัดข้าง, ตัดแบบทรงพุ่มเตี้ยร่วมกับตัดข้าง และตัดแบบรูปทรงปิรามิด พบว่าปี 2562 กรรมวิธี ที่ 6 ตัดแบบรูปทรงปิรามิด มีน้ำหนักผลผลิตมะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 17.98 กก. ข้อมูลหนักกะลา มะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้น (กก.) กรรมวิธีที่ 6 มีน้ำหนักกะลามะคาเดเมียเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 10.60 กก. (4)ชนิดและฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูมะคาเดเมีย ดำเนินการในแหล่งปลูก จ.เชียงใหม่ เชียงราย ตาก เพชรบูรณ์ เลย และ นครราชสีมา พบว่า ในระยะดอกตูม พบเพลี้ยอ่อนดำส้ม ในช่วงดอกบาน พบเพลี้ยไฟ 4 ชนิด คือ เพลี้ยไฟหลากสี เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยไฟมะละกอ และ เพลี้ยไฟดอกแก้ว ในช่วงพัฒนาผลพบเพลี้ยไฟสูงสุด และ พบแมลงปากดูด 2 ชนิด (ยังไม่จำแนกชนิด) มักพบดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณก้านใบอ่อน และ ก้านข้อผล พบได้ ตลอดทั้งปี (5)การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและหนอนเจาะผลในมะคาเดเมีย ดำเนินการใน แปลงของเกษตรกร ต.แสนตม และ ต.ปลาปาก อ.ภูเรือ จ.เลย โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ จำนวน 7 กรรมวิธี คือ ฟ่นสาร imidacloprid 70% WG, fipronil 5% SC, emamectin benzoate 1.92% EC, spinetoram 12% SC, chlorfenapyr 10% SC และ carbaryl 85% WP ในอัตรา 3 กรัม 20 มิลลิลิตร 20 มิลลิลิตร 10 มิลลิลิตร 30 มิลลิลิตร และ 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ พบว่า โดยสารที่มีประสิทธิภาพในการ ป้องกันกำจัดดีที่สุด คือ สาร imidacloprid 70% WG อัตรา 3 กรัม/น้ำ 20 ลิตร สาร fipronil 5% SC อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สาร spinetoram 12% SC อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ สาร carbaryl 85% WP อัตรา 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ (6)ทดสอบเทคโนโลยีการจัดการการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและศัตรูมะคาเดเมีย โดยวิธีผสมผสาน จำนวน 2 สถานที่ ได้แก่ การทดลองที่ 1 ณ สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง พบว่า พบ ชนิดของ สัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระรอก กลุ่มหนู และ กลุ่มอื่น ความ

หนาแน่นประชากรของสัตว์ฟันแทะ จากการใช้กรงดักและปริมาณการกินเหยื่อล่อ หลังการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 37.5%, 14.29% และ 73.33%, 11% ตามลำดับ และ การทดลองที่ 2 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ พบชนิดของสัตว์ฟันแทะศัตรูมะคาเดเมีย จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระรอก และกลุ่มหนู ความหนาแน่นประชากรของสัตว์ฟันแทะ จากการใช้กรงดักกับปริมาณการกินเหยื่อล่อ และความเสียหายของมะคาเดเมีย หลังการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงในทั้ง 3 แปลงทดลอง เท่ากับ 90%, 65%, 12%; 87%, 68%, 29% และ 81.38%, 6.51%, 45.31% ตามลำดับ

โครงการวิจัยที่ 3 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโกโก้

โกโก้ ได้พันธุ์โกโก้ที่เหมาะสมสำหรับทำช็อกโกแลตและให้ผลผลิตสูง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ICS40 และ ICS6 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดแห้งเฉลี่ย 250 และ 202 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งจะมีการนำเสนอพันธุ์เพื่อพิจารณาขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเพื่อเผยแพร่พันธุ์ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ต่อไป ส่วนการศึกษาระบบปลูกและชนิดของต้นพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโกโก้ ในเบื้องต้นพันธุ์ชุมพร 1 สามารถปลูกได้ทั้งแบบพืชเดี่ยวและพืชร่วม ส่วนพันธุ์ ICS 95 และ UF 676 มีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับการปลูกแบบพืชร่วม ทั้งนี้ต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติมจึงจะสามารถสรุปผลได้ชัดเจน

โครงการวิจัยที่ 4 วิจัยและพัฒนาชาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

การเปรียบเทียบพันธุ์ชาน้ำมันพันธุ์การค้าจากต้นเพาะเมล็ดของประเทศจีน ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร (ขุนวาง) มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตดี ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 13.65 24.82 และ 22.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีการออกดอกและติดผลตลอดและต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี สามารถคัดเลือกต้นที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิต จำนวน 15 ต้น โดยมีสายต้นคัดรหัส 4-18-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 5 ปีสูงสุดเท่ากับ 656.35 กรัม/ต้น สายต้นคัดรหัส 166-12-15 มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย สูงสุดเท่ากับ 44.94 เปอร์เซ็นต์

การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ชาสำหรับผลิตน้ำมันจากแหล่งต่างๆของประเทศไทยและสายพันธุ์จากต่างประเทศ มีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่อปี ด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดรอบวงโคนต้น เฉลี่ย เท่ากับ 26.93 36.05 และ 25.23 ตามลำดับ โดยชาชนิด *Camellia gaulowensis* และ *C. vietnamensis* มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และสามารถคัดเลือกชา *C. gaulowensis* ต้นที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิต จำนวน 5 สายต้น โดยมีสายต้นรหัส GC-19-16 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,900.2 กรัม/ต้น และสายต้นรหัส GC-19-26 มีปริมาณน้ำมันโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 48.95 เปอร์เซ็นต์

การรวบรวมพันธุ์ชาน้ำมันพื้นเมือง จำนวน 11 สายต้น พบปริมาณน้ำมัน 39-47 % นำมาขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเสียบยอด ปลูกรวบรวมในพื้นที่ ศวพ.น่าน จำนวน 2 ไร่ รวม 150 ต้น เนื่องจากความแตกต่างกันในสภาพพื้นที่ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกรวบรวม ทำให้ชาน้ำมันบางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ หรือบางชนิดเจริญเติบโตช้า

การศึกษการขยายพันธุ์ชาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นชาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มของต้นชาน้ำมัน ในการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีน้ำหนักผลผลิตรวมมากที่สุดที่ 962.10 กรัม ในปี 2563 และ 2564 พบว่า การ

เจริญเติบโตด้านความสูงต้นของการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ ด้านขนาดทรงพุ่มของ ต้นชาน้ำมันการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ จำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองของต้นชาน้ำมัน พบว่า การขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด มีจำนวนกิ่งหลักและกิ่งรองมากที่สุด ที่ 8 และ 16 กิ่ง ตามลำดับ

การชักนำการออกดอกและติดผลชาน้ำมัน พบกว่า การควั่นกิ่งหลักให้มีความยาวของรอยควั่น 1 นิ้ว และ พ่นไฮโดรเจนไซยานาไมด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีจำนวนดอกและจำนวนผลผลิตรวมสูงสุด แต่ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า จำนวนการออกดอกและติดผล ไม่มีความแตกต่างกัน สรุปได้ว่าการควั่น กิ่งร่วมกับการใช้สารเคมีไม่มีผลต่อการชักนำการออกดอกและติดผลของชาน้ำมัน

อายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลชาน้ำมัน คือ อายุ 10 เดือนหลังดอกบาน สามารถสังเกตได้จากผิว ที่เปลือกผลชาน้ำมันจะเงาและไม่มีขน บางผลเริ่มมีรอยปริแตก ผลมีสีน้ำตาลแดงอมเขียวอ่อน มีขนาดผล เฉลี่ย 28.55 - 34.62 มิลลิเมตร ผลสดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมจะมีจำนวน 46-57 ผล เมล็ดชาน้ำมันมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อในเมล็ดมีสีเหลืองอมเขียวอ่อน และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน พบว่ามีปริมาณน้ำมัน 29.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถนำไปผลิตน้ำมันได้

ช่วงระยะก่อนการให้ผลผลิตเต็มที่เมื่ออายุ 4-6 ปีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้น ชา น้ำมันในด้านความสูงต้นและขนาดโคนต้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี ต้นชาน้ำมันมีความสูงเมื่ออายุ 6 ปี 293.3 ซม. ขนาดต้น 9.28 ซม. ผลผลิตชาน้ำมันสูงที่สุด 1,669.9 กก./ไร่ น้ำหนักเมล็ดรวม 424.5 กก./ไร่ เมื่อต้นชาน้ำมันอายุ 8 ปี คำแนะนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยชาน้ำมัน ควรใส่ในอัตราแนะนำ ดังนี้ ไนโตรเจน 20 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และโพแทส 24 กก./ไร่/ปี หรือปุ๋ย 46-0-0 44 กก./ไร่ (100 g/ต้น/ครั้ง) 18-46-0 28 กก./ไร่ (70 g/ต้น/ครั้ง) 0-0-60 40 กก./ไร่ (105 g/ต้น/ครั้ง) แบ่ง ใส่ 4 ครั้งในเดือน มิ.ย. ก.ย. ธ.ค. และ มี.ค.

การตัดแต่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มชาน้ำมัน พบว่า การตัดแต่งแบบลำต้นคู้ ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น และความกว้างทรงพุ่มดีที่สุด และในส่วนเรื่องของการ ออกดอกและสามารถพัฒนาเป็นผลได้ดีที่สุด คือ และ การตัดแบบทรงแจกัน (open center) ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และการตัดแบบทรงแจกันให้น้ำหนักรวมผลสด น้ำหนักรวมเปลือก และน้ำหนักรวมเมล็ดสดมากที่สุด

การสำรวจ และจำแนกชนิดแมลงศัตรูที่เข้าทำลายแปลงชาน้ำมัน ในจังหวัดเชียงใหม่ พบแมลงศัตรู จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง *Aphis glycines* Glover, เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood, เพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) และ มวนยุงชา *Helopeltis* spp. เข้าทำลายดูดกินน้ำ เลี้ยงบริเวณยอด และใบอ่อน พบมากในช่วงที่ต้นชาน้ำมันแตกยอดอ่อน และพบมวนหลังเต่าชา *Poecillocoris latus* Dallas, หนอนม้วนใบ *Homona coffearia* (Nietner), หนอนบุ้ง *Euproctis* sp. (The hairy-Caterpillar Moths), แมลงวันหนอนขนใบ *Liriomyza* sp., และ แมลงค่อมทอง *Hypomeces squamosus* Fabricius (Green weevil) เข้าทำลายใบอ่อน และใบเพศสด โดยพบมากในช่วงที่ชาเริ่มให้ผลผลิต

แผนงานย่อยที่ 3 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอกับความต้องการ

1. การประเมินสายพันธุ์ควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตจนกระทั่งมะพร้าวให้ผลผลิตเต็มศักยภาพ มีความสม่ำเสมอ และคงที่ของผลผลิต โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 5-8 ปี ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับอายุการให้ผลผลิต และประเภทของมะพร้าวแต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้การคัดเลือกสายพันธุ์มีความแม่นยำ และน่าเชื่อถือ สำหรับการประเมินพันธุ์ในการพัฒนาพันธุ์ต่อไป
2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมะพร้าวกะทิ ชนิดที่มีน้ำข้นหนืดไปผลิตอาหารทางเลือก (functional food) เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ แต่ไม่เหมาะจะผลิตเป็นเครื่องสำอาง ควรส่งเสริมการขยายผลการวิจัย ไปยังกลุ่มวิสาหกิจหรือกลุ่มที่มีศักยภาพ เพื่อให้มีการผลิต ผลิตภัณฑ์จากชุมชนมากขึ้น เนื่องจากงบประมาณที่จำกัด ในการดำเนินการโครงการนี้ ได้จัดอบรมเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าว ควรมีการศึกษาผลของประสิทธิภาพ การใช้ผลิตภัณฑ์กับผู้เป็นภูมิแพ้ เพื่อรักษาผิว ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้มีความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ และผู้ผลิตมั่นใจในผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น
4. การสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าว ควรมีการศึกษาในเชิงอุตสาหกรรม และ ศึกษาการเพิ่มมูลค่าให้เปลือกมะพร้าว เนื่องจากมีเหลือทิ้งในปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี และควรศึกษาเพิ่ม ในการนำสารสกัดแทนนินไปใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดหนอนหรือไข่แมลงวัน เนื่องจากปัจจุบันผู้ประกอบการต้องการสารอินทรีย์เพื่อล้างทำความสะอาดโรงงาน ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ออร์แกนิก

แผนงานย่อยที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟและชาประกอบด้วยการทำงานสองส่วน คือส่วนตะแกรงโยกทำความสะอาดเบื้องต้น ทำหน้าที่คัดแยกเศษวัสดุต่างๆ ได้แก่ เศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตร มีความยาว 1 เมตร และ คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงรูกกลม ขนาด 22 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร ผลกาแฟที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้วจะไหลไปสู่ส่วนที่สอง ได้แก่ ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ทำหน้าที่ในการคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ ออกจากผลกาแฟสมบูรณ์ โดยใช้คุณสมบัติด้านความถ่วงจำเพาะ ผลกาแฟด้อยคุณภาพจะเบากว่าน้ำเนื่องจากเมล็ดกาแฟภายในผลไม่สมบูรณ์และจะลอยที่ผิวน้ำผ่านออกไปทางท้ายรางผลกาแฟลอยที่มีขนาด 20 เซนติเมตร ส่วนผลกาแฟสมบูรณ์จะหนักกว่าน้ำเล็กน้อยและจะจมผ่านท่อรูปตัวยูออกไปที่รางผลกาแฟจมขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าระดับน้ำในรางควรสูงกว่า 10 เซนติเมตร ทำให้สามารถคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้ เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟนี้ สามารถใช้ทำงานทดแทนแรงงานในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และหากเพิ่มเติมอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เช่น รางสกรูลำเลียง ทำให้สามารถต่อเข้ากับเครื่องมือแปรรูปกาแฟในขั้นตอนต่อไป เช่น เครื่องสีเปลือกสด เครื่องขัดเมือกกาแฟกะลา จะทำให้สามารถทำงานต่อเนื่อง สามารถแปรรูปกาแฟตั้งแต่ต้นทางจากผลสด จนถึงขั้นตอนทำให้เป็นกาแฟกะลาแห้งได้ สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นโรงแปรรูปกาแฟขนาดเล็กได้เหมาะสมกับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน นอกจากนี้ยังอาจสามารถประยุกต์การใช้เป็นเครื่องล้างทำ

ความสะอาดกาแฟกะลาหลังจากผ่านเครื่องขัดเมื่อกาแฟแล้วได้ โดยใช้แยกเศษวัสดุ เปลือก เศษกะลา คัดแยกกะลา กาแฟเสียที่ลอยน้ำ ก่อนนำไปทำให้แห้ง ทำให้กาแฟที่แปรรูปมีคุณภาพที่สูงขึ้น

โรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกะยาแบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลา กาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% มาตรฐานเปียก ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลา กาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 % มาตรฐานเปียก อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 % มาตรฐานเปียก ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า โรงอบแห้งมีต้นทุนประมาณ 80,000 บาท (ไม่รวมค่าแรง) ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรส่วนมากยังไม่มีพื้นที่เพียงพอในการตากกาแฟ เนื่องจากพื้นที่ปลูกกาแฟ อยู่ในพื้นที่สูงและลาดชัน ทำให้ไม่พื้นที่ในการตากมากพอ ทำให้ผลผลิตกาแฟยังเหลือค้างต้นอยู่เป็นจำนวนมาก ในกรณีที่เกษตรกรใช้พื้นที่ขนาดเท่ากัน การใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยให้ผลผลิตกาแฟกะลาได้มากถึงประมาณ 5 เท่า เนื่องจากการใช้โรงอบแห้ง สามารถตากกาแฟกะลาได้ถึงสองชั้น

เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 2 ส่วน คือ 1) ตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบ ควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือนเมื่อหัวเผาจุดไฟไม่ติดป้องกันอันตราย 2) ชุดโครงสร้างรองรับถังอบ และถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66% มาตรฐานเปียก ให้เหลือประมาณ 36.57% มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแฟให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิตและลดควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ

เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1. โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3. ชุดเพลาลูกรีด และ 4. ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบ หาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความชื้นที่เหมาะสมความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที เครื่องรีดขึ้นรูปชาสามารถใช้ขึ้นรูปครั้งละ 2 กก ชาต้องผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนครั้งที่สองแล้ว

และต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 27.89-30.35% เป็นความชื้นที่เหมาะสม ใช้เวลาริดขึ้นรูป 30 นาที จึงนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้น 11.82% พิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำ มีรูปลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆอมสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย และเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873.19 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 2.91 ปี

โครงการเดี่ยวที่ 5. ศึกษาและทดสอบพันธุ์มะกอกน้ำมัน (ระยะที่ 2)

พันธุ์ Koroneiki จะเป็นพันธุ์ที่มีการออกดอกเกือบทุกปี คือ ต้นที่ B1T15 B2T1 B2T6 B2T15 B2T16 พันธุ์ Koroneiki พบต้นที่มีการออกดอกเกือบทุกปี (ปี 2552 2553 2555 2556 2557 2558 เว้นปี 2554) คือ Koroneiki B2T15 แสดงว่า สายต้นดังกล่าวมีลักษณะที่ดี แตกต่างจาก Koroneiki ต้นอื่นๆ และพบว่า การวางแผนปลูกไม่มีผลต่อการออกดอกและติดผล แสดงว่า มะกอกน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ มีดอกที่สมบูรณ์เพศพร้อมที่จะให้ผลผลิตได้ แสดงว่าพันธุ์นี้มีแนวโน้มในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของไทยได้ และอิทธิพลของการวางแผนปลูกไม่มีผลต่อการออกดอก เนื่องจากการวางแผนปลูกให้มีการปลูกกระจายและสลับพันธุ์ ทั้งนี้พันธุ์ชุดที่ได้รับมานี้เป็นพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วว่าสามารถออกดอกในเขตร้อนได้ เนื่องจากว่ามีการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์โดยใช้แหล่งพันธุ์จากประเทศอียิปต์ แต่ชุดพันธุ์ที่ได้มานั้น ไม่มีพันธุ์ใดออกดอก ซึ่งได้รับการยืนยันจาก Prof.Dr.Seif el Deen Boubak el Deen ว่าพันธุ์ที่มอบให้มานั้นเป็นพันธุ์ที่ได้จากการศึกษารวบรวมมะกอกน้ำมันจากทั่วโลก แล้วมีการคัดพันธุ์เพื่อให้ทนร้อน สามารถออกดอกได้ในสภาพที่อากาศหนาวเย็นน้อยได้

ดังนั้นช่วงระยะเวลาในการออกดอกมีความสอดคล้องกับสภาพอุณหภูมิ ดอกมะกอกน้ำมันเริ่มแทงช่อดอกส่วนใหญ่ในช่วงปลายเดือนมกราคม-เดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงเดือนธันวาคม ในการกระตุ้นในการแตกตาดอก ซึ่งตาดอกและตาใบ ได้มีการพัฒนาในช่วงปีที่ผ่านมาแล้วยังอยู่ในช่วงการพักตัว และได้รับการกระตุ้นโดยอุณหภูมิต่ำให้มีการแทงช่อดอก ซึ่งในระดับอุณหภูมิต่ำสามารถใช้อุณหภูมิสะสมได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตาใบเป็นตาดอกคือ ช่วงอุณหภูมิ 7-8 องศาเซลเซียส ในเวลากลางคืน และช่วงอุณหภูมิ 20-21 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และความแตกต่างกันของช่วงอุณหภูมิในเวลากลางวันและเวลากลางคืนมีอิทธิพลอย่างมากในการเปลี่ยนตาใบเป็นตาดอก

ในการดูแลรักษาด้านมะกอกน้ำมันจะต้องพิจารณาพื้นที่ปลูกให้สอดคล้องกับความต้องการของพืช (1) ต้องได้รับช่วงอุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยในการพัฒนาการแตกตา (2) สภาพพื้นที่ไม่เป็นกรดจัด (3) ดินควรระบายน้ำดี

ได้พันธุ์ที่มีแนวโน้มในการปลูกในประเทศไทยในภาคเหนือ และทราบวิธีการดูแลรักษามะกอกน้ำมัน ทั้งนี้แม้ว่าโอกาสในการพัฒนาเป็นการค้าค่อนข้างมีความจำกัดในพื้นที่ปลูก ในขณะนี้มีข้อมูลเฉพาะพันธุ์ที่จะปลูกได้ในพันธุ์ Koroneiki ทั้งนี้ในประเทศจีนได้มีการศึกษาการปลูกมะกอกน้ำมันในเขตต่างๆ พบว่าการเจริญเติบโตได้ดี และเขาได้เปลี่ยนแนวคิดจากพืชปลูกเศรษฐกิจเป็นพืชป่าเศรษฐกิจ เนื่องจากพืชมีความทนทานในสภาพดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ เป็นพืชไม่ผลัดใบ แม้ว่าผลผลิตอาจไม่ได้เต็มที่ แต่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เช่น สามารถนำส่วนของใบมาใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม เครื่องสำอาง และชา ได้ เพราะในแต่ละพันธุ์มีความจำเพาะของลักษณะเฉพาะ เช่นกลิ่นหอมเฉพาะพันธุ์แตกต่างกัน นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา

พันธุ์พืชให้น้ำมันชนิดอื่นๆ ได้แก่ ชาน้ำมัน ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในจีน และสามารถปรับตัวได้ดีในประเทศไทย ด้วยในชาน้ำมันมีปริมาณและคุณภาพน้ำมันในระดับใกล้เคียงกัน

โครงการเดี่ยวที่ 6. วิจัยและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ ระยะที่ 2

การเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ในแหล่งปลูกต่างๆ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. มะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) มีการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ
2. ด้านผลผลิตมะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบโดยผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี(2559-2561) เท่ากับ 5.38 กิโลกรัมต่อต้น
3. มะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) ขนาดเมล็ดทั้งเปลือกใกล้เคียงกับพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 แต่สูงกว่าพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2
4. มะม่วงหิมพานต์สายต้นศก.38/16x34/4(2) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเฉลี่ย 2 สถานที่สูงสุด เท่ากับ 30.82
5. สามารถคัดเลือกได้สายต้นมะม่วงหิมพานต์พันธุ์ดีจำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่สายต้นศก.38/16x34/4(2) เพื่อเสนอเป็นพันธุ์แนะนำ/พันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตรต่อไป

โครงการเดี่ยวที่ 7. วิจัยพัฒนาเครื่องตัดชิ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง

1) เกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา สามารถนำต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ไปใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกกว่าควรใช้ 1.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลำฉา 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลำฉา 8 มม. 2.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลำฉา 20 มม. กับหัวตัดละเอียดใช้รูลำฉา 6 มม.ควรต้องมีการทดสอบตลาดก่อนว่าผู้ซื้อต้องการขนาดผงชาขนาดใด เพราะเป้าหมายของการนำผงชาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันมักมีความต้องการขนาดผงชาที่ต่างกัน

2) เกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชาฝรั่ง สามารถนำเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ ไปใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกกว่าควรใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง แบบใดนั้น ควรพิจารณาว่าหากใช้อบแห้งชาฝรั่งเท่านั้นควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังวงกลม แต่หากต้องการใช้งานได้หลากหลายในการอบแห้งก็ควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ซึ่งการเลือกใช้ต้องที่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา

3) ผู้ที่สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนขอเทคนิคการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งชาฝรั่งที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของอัตราการการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่ได้

บรรณานุกรม

แผนงานย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา

ปานหทัย นพชินวงศ์ สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ และเสรี อยู่สถิตย์. 2561. เปรียบเทียบกาแฟโรบัสตา 10 สายพันธุ์ ชุดที่

7. เรื่องเต็มโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา ปี 2559-2564. (ยังไม่ได้ตีพิมพ์)

สถานีตรวจอากาศสว. 2558-2564. รายงานการตรวจสภาพอากาศประจำปี 2558-2564. กรมอุตุนิยมวิทยา.

กระทรวงคมนาคม กรุงเทพฯ

สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ และ เสาวนีย์ มีมูทา. 2548. การศึกษาพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของ

เมล็ดกาแฟโรบัสตา. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2545-2547, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 113-131.

สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ ปานหทัย นพชินวงศ์ เสรี อยู่สถิตย์ และยุพิน กลิ่นเกษมพงษ์. 2555. การคัดเลือกพันธุ์กาแฟ

โรบัสตาต่างประเทศ 12 สายต้น. งานวิจัยกาแฟโรบัสตา เล่ม 1, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 1-13.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการนำเข้ากาแฟ ปี 2564.

http://impexp.oae.go.th/service/import.php?S_YEAR=2564&E_YEAR=2565&PRODUCT_GROUP=5247&PRODUCT_ID=3810&wf_search=&WF_SEARCH=Y [1 ม.ค. 2565]

Cannell, M.G.R. 1985. Physiology of the coffee crop. pp. 108-134. In: M.N. Clifford and K.C.

Willson (eds.). Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Croom Helm, London.

Carvalho, A., F. P. Ferwerda, J. A. Frahm-Leliveld, D. M. Medina, A. J. T. Mendes and L. C. Monaco.

1969. Coffee. In: Ferwerda F. P. and F. Wit. (Eds.). Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics. 189-241 pp.

Charrier, A. and J. Berthaud. 1987. Principles and Methods in Coffee Plant Breeding: *Coffea*

canephora Pierre. In: Clarke, R.J. and R. Macrae. (eds.) Coffee Vol. 4: Agronomy. Elsevier Applied Science, London. 167-197 pp.

Cilas, C. and P. Bouharmont. 2005. Genetic studies on several bean traits of *Coffea canephora* in

Cameroon. J. Sci. Food Agric. 85: 2369-2374.

Cilas, C., P. Bouharmont and A. Bar-Hen. 2003. Yield stability in *Coffea canephora* from diallel

mating designs monitored for 14 years. Heredity. 91: 528-532.

Cilas, C. and C. Montagnon. 2011. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and

medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. Tree Genetics & Genomes. 7: 421-429.

Cilas, C., A. Bar-Hen, C. Montagnon and C. Godin. 2006. Definition of Architectural Ideotypes for

Good Yield Capacity in *Coffea canephora*. Annals of Botany. 97: 405-411.

- Clarke, R.J. 1988. International standardization. *In*: Clarke, R.J. and Macrae, R. (Eds.). Coffee Vol. 6: Commercial and Technico-Legal Aspects. Elsevier Applied Science, London. 105-143 pp.
- da Fonseca, A. F. A., T. Sedyama, C. D. Cruz, N. S. Sakiyama, R. G. Ferrão, M. A. G. Ferrão and M. B. Scheilla. 2004. Repeatability and number of harvests required for selection in robusta coffee. *Crop breeding and applied biotechnology*. 4(3): 325-329.
- Ferwerda, F. P. 1948. Coffee breeding in Java. *Econ. Bot.* 2: 258-272.
- Ferwerda, F. P. 1954. A Tentative Breeding Method for Robusta and Other Allogamous Coffee Species. *Euphytica*. 3: 12-19.
- Klein, A. -M., I. S. -Dewenter and T. Tschardt. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *J. Applied Ecology*. 40: 837-845.
- Le Pelley, R.H. 1973. Coffee insects. *Annual Review of Entomology* 18:121-142.
- Purseglove, J. W. 1968. Tropical Crops. Dicotyledons I and II. Longmans, London, UK.
- Van der Vossen, H. A. M. 2001. Agronomy I: Coffee Breeding Practices. *In*: Clarke, R.J. and O. G. Vitzthum (Eds.). Coffee: Recent Development. Blackwell Science Ltd, London. 184-201 pp.
- Wintgens, J. N. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. Wiley-VCH Verlag, Weinheim. 976 pp.

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้า

- กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2561. กาแฟ ประจำสัปดาห์ที่ 3 เดือนเมษายน 2561 (17-20 เมษายน 61). แหล่งข้อมูล: http://kbp.ops.moc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=748 (23 กรกฎาคม 2561)
- ณัฐณี ยมโชติ. 2561. สถานการณ์การผลิตและการตลาดกาแฟ. ใน เอกสารประกอบการประชุมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกาแฟ ณ วันที่ 27 มีนาคม 2561 กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- ประธาน สืบสุข กุหลาบ คงทอง ขนิษฐา วงศ์วัฒนารัตน์ จีราพร แก่นทรัพย์ และ กิตติภพ วายภาพ. 2558. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดข้าวเหนียวเพื่อการปรับปรุงพันธุ์. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ เรื่อง “การบริหารงานวิจัยสู่ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรและการอนุรักษ์ วันที่ 25-27 สิงหาคม 2558 ณ คำแสด ริเวอร์แคว รีสอร์ท อ.เมือง จ.กาญจนบุรี.
- ปูชากร ภูเกตุานนท์. 2549. การใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและ PCR based เพื่อจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของงา (*Sesamum indicum* Linn.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- วันชัย เอ็นเพชร ธานี ศรีวงศ์ชัย มณฑิการณีย์ สงจิต ศานนท์ สุขสถาน สรรเสริฐ จำปาทอง และชบา จำปาทอง. 2554. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดสายพันธุ์แท้ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยใช้

- เครื่องหมายโมเลกุล SSR. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35 วันที่ 24-27 พฤษภาคม 2554. ณ โรงแรมมารวย การ์เด็น กรุงเทพฯ. หน้า 70-76.
- ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วีระเดช โชนสันเทียะ รัชณี ชันธหัตถ์ เพียงเพ็ญ ศรวัต ประพิศ วงงเทียม ศุภชัย สารกาญจน์ และ อัจฉรา ลิมศิลา. 2552.ฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของมันสำปะหลังไทยพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ต่างประเทศ. ใน: ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า16-30.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2559. รายงานโครงการวิจัยประเมินผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. 210 หน้า.
- อุทัย นพคุณวงศ์, มานพ หาญเทวี, สนอง จรินทร์, สากล มีสุข, ศิริพร หัสสร้างสี และ ฉัตรดนยา ช่มอาวุธ. 2555. รายงานวิจัยและพัฒนารายการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิกาโดยวิธีการผสมพันธุ์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โดยทุนวิจัย สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) 179 หน้า.
- Bertrand-Desbrunais, A., Noirot, M., Charrier, A., 1991. Minimal growth in vitro conservation of coffee (*Coffea* spp.). *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 27, 333–339.
- Braghini, M. T., L.C. Fazuoli, C. Luiz, J.C. Mistro, C. Júlio and P.B. Paulo. 2014. Evaluation and Selection of *Coffea Arabica* Progenies Resistance to Coffee Leaf Rust in Mococa, SP, Brazil. p.168. *In The 25th International Conference on Coffee Science.* September 8-13, 2014. Armenia, Colombia
- CIFC. 2020. Coffee Leaf Rust (CLR). Available from <http://www.isa.ulisboa.pt/en/cifc/research>. Accessed 25 May 2020.
- Cortina, H., P. Moncada and J. Cardenas. 2014. Development and Adoption of Improved Varieties of Coffee with Resistance to Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. pp. 62-63. *In The 25th International Conference on Coffee Science.* September 8-13, 2014. Armenia, Colombia.
- Etienne, H., Anthony, F., Dussert, S., Fernandez, D., Lashermes, P., Bertrand, B. 2002. Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.)(review). *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 38, 129–138.
- Eulgem T, Somssich IE. 2007. Networks of WRKY transcription factors in defense signaling. *Current Opinion in Plant Biology* 10, 366–71.
- Frédéric Georgeta, Philippe Courtelb, Eduardo Malo Garcia, Martin Hidalgo, Edgardo Alpizarb, Jean-Christoph Breitlera, Benoît Bertranda, Hervé Etienne. 2017. Somatic

- embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficiently propagated by horticultural rooted mini-cuttings: A boost for somatic embryogenesis. *Scientia Horticulturae* 216 : 177–185. Available : www.elsevier.com/locate/scihorti.
- Georget, F., Bertrand, B., Malo, E., Montagon, C., Alpizar, E., Bobadilla, R., Dechamp, E., Jourdan, I., Etienne, H., 2010. An example of successful technology transfer in micro propagation: multiplication of *Coffea arabica* by somatic embryogenesis. In: Proceedings of the 23rd International Conference on Coffee Science (ASIC): 3–8 October 2010, Bali, Indonesia. ASIC, editor. Vevey, Switzerland, pp. 496–506.
- Heath MC, 1977. A comparative study of nonhost interactions with rust fungi. *Physiological Plant Pathology* 10, 73–88.
- Hendre, P.S., Phanindranath, R., Annapurna, V., Lalremruata A. and Aggarwal, K. 2008. Development of new genomic microsatellite markers from robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) showing broad cross-species transferability and utility in genetic studies. *BMC Plant Biology*. 8:51 (doi:10.1186/1471-2229-8-51)
- Ramiro, D.A., Escoute, J., Petitot, A.S., Nicole, M., Maluf, M.P. and Fernandez, D. 2009. Biphasic haustorial differentiation of coffee rust (*Hemileia vastatrix* race II) associated with defence responses in resistant and susceptible coffee cultivars. *Plant Pathology* 58(5): 944–955.
- Ramiro D, Jalloul A, Petitot A-S, De Sá MFG, Maluf MP, Fernandez D. 2010. Identification of coffee WRKY transcription factor genes and expression profiling in resistance responses to pathogens. *Tree Genetics & Genomes*. 2010;6(5):767–781. doi: 10.1007/s11295-010-0290-1.
- Silva MC, Nicole M, Guerra-Guimarães L, Rodrigues Jr CJ, 2002. Hypersensitive cell death and post-haustorial defence responses arrest the orange rust (*Hemileia vastatrix*) growth in resistant coffee leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 60, 169–83
- U., Noppakoonwong, C., Khomrui, M., Hanthawee, S., Jarintorn, S., Hassarungsee, S., Meesook, CH., Downruang, P., Naka, S., Lertwattanakit, K., Satrawut, A.P., Pereira, M.C. Silva and V.M.P. Varzea. 2014. Research and Development of Arabica Coffee in Thailand. 2014. Oral session in The 25th International Conference on Coffee Science(ASIC2014) on September 8th- 13th, 2014, Armenia, Colombia.
- Várzea, V. M. P. and D.V. Marques. 2005. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. pp. 53-74. In Durable resistance to coffee leaf rust. L. Zambolim, E. M. Zambolim and V. M. P. Várzea, eds. University of Viçosa, UFV, DEP.

Vieira Elisa S.N., Édila V. de R. Von Pinho, Maria G.G. Carvalho, Danny G. Esselink and Ben Vosman. 2010. Development of microsatellite markers for identifying Brazilian *Coffea arabica* varieties. *Genetics and Molecular Biology*: 33 (3) 507-514.

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอาราบิก้าโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟอาราบิก้า

ดวงรัตน์ ศตคุณ พูนพิภพ เกษมทรัพย์ Crozat Yves. 2542. อิทธิพลของแสง และอายุใบต่อการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบฝ้าย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาพืช สาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร 3-5 กุมภาพันธ์ 2542, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 27-23.

วิรัชณีย์ ออมทรัพย์สิน. 2558. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 207 หน้า.

Damatta F.M. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shade and unshade coffee. Review. *Field Crops Research*, v.86,p.99-114.

Francisco J.S.N., L. Bonfanti, R. Gazaffi and A. Fontanetti. 2019. Effect of shade trees spatial distribution and species on photosynthetic rate of coffee trees. *Coffee Science*, Lavras, v.14,n.3,p.326-337.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1985. *Plant Physiology*. 3d ed., Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 540 p.

Sassenarth-Cole, G.F., G. Lu, H.F. Hodges and J.M. Mckinion. 1996. Photo flux density versus leaf senescence in determining photosynthetic efficiency and capacity of *Gossypium hirsutum* L. leaves. *Env. Exp. Bot.* 33:335-340.

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร. 2548. เอกสารวิชาการกาแฟ. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 80 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, 2547. กาแฟ. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 90น.

กาแฟ. Available from: <https://th.wikipedia.org/>. Accessed 20 May 2017

กาแฟอาราบิก้า Available from: <http://www.doa.go.th/hrc/cmroyal> Accessed 20 May 2017.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2523. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม. กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

ธิดารัตน์ เมธาวรากุล, เบญญา มะโนชัย, ปรียานุช จุลกะ, ณัฏฐ พิษกรรม และ ประภาส ช่างเหล็ก. 2560.

อิทธิพลของการตัดแต่งกิ่งและการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในสถานี

- วิจัยเพชรบูรณ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48(2): 284-296.
- ประภาพร ฉันทานุมัติ ไพรัตน์ ช่วยเต็ม อรทัย ธัญชัย ยุพิน กลิ่นเกษมพงษ์ และ ฉัตรดนยา ช่มอาวุธ. 2558 .ศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธี somatic embryogenesis และ micro-cutting. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปรีดา พากเพียร และพิชิต พงษ์สกุล. 2535. บทบาทของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของพืชสวน. เอกสารวิชาการ 001. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. ISBN 974-7621-17-7. 86 หน้า.
- มานพ หาญเทวี, อุทัย นพคุณวงศ์, สากล มีสุข, ประสงค์ มั่นสูง, กำพล เมืองโคมพัส, เสี่ยงยม แจ่มจำรูญ, ปิยนุช นาคะ และ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2551. การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอาราบิก้าลูกผสมสายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28. วารสารวิชาการเกษตร, 26(2): 130-145.
- ไว อินตะแก้ว นันทินี ศรีจุมปา และสุภาพร ธรรมสุกุล. 2553. ผลของเชื้อไมโครไรซาเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของกาแฟอาราบิกา. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 (เรื่องเต็ม) ศูนย์วิจัยพืชสวน เชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 340-352.
- ศศิธร วรปิติรังสี และคณะ. 2563. การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอาราบิก้าตามผลวิเคราะห์ดินและพืช. ในรายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด ปี 2563. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2553. การจัดการความรู้เรื่องเทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ, 86 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2553. การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN:978-974-463-755-6. 86 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอะราบิกา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 31 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2552. เมล็ดกาแฟอะราบิกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. กาแฟ.สรุปภาวะการผลิต การตลาดและราคาในประเทศ. ข้อมูลระบบออนไลน์ www.oae.go.th ค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2558.
- Barry-Etienne, D., B. Bertrand, N. Vasquez and H. Etienne. 2002. Comparision of Somatic Embryogennesis-dirived Coffee (*Coffea arabica* L.) Plantlets Regenerated *in vitro* and *ex vitro*: Morphological, Mineral and Water Characteristics. Annals of Botany 90: 77 – 85.
- Berthouly, M., M. Dufour, D. Alvard, C. Carasco, L. Alemana and C. Teisson. 1995. Coffee micropropagation in liquid medium using the temporary immersion technique. In: ASIC Publishers (eds.) 16th International Scientific Colloquium on Coffee, Kyoto, Japon (pp. 514-519). Vevey, Switzerland.

- Browning, G. 1975. Shoot growth in *Coffea arabica* L. I. Responses to rain fall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. J. Hort. Sci. 3:1-11.
- Chemura, A. 2014. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. The International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 3:59.
- Crisosto, C. H., D. A. Grantz, and F. C. Meinzer. 1992. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). Tree physiology 10(2): 127-139.
- Drinnan, J. E. and C. M. Menzel, 1994. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) Following water stress during floral initiation. Journal of Horticultural Science. 69(5) 841-849.
- Etienne, H., Anthony, F., Dussert, S., Fernandez, D., Lashermes, P., Bertrand, B., 2002. Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.) (review). In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant 38, 129–138. In Frédéric Georgeta,, Philippe Courtelb, Eduardo Malo Garciab, Martin Hidalgo, Edgardo Alpizarb, Jean-Christophe Breitlera, Benoît Bertrand, Hervé Etienne. 2017. Somatic
- Gatica, A. M., Arrieta, E.G. and Espinoza, A. M. (2008a). Direct somatic embryogenesis in *Coffea arabica* L. cvs. 'Catura' and 'Catuai': Effect of triacontanol, light conditions and medium consistency. *Agronomia Costarricense*, **32**, 140–145.
- Gatica, Andres M., G. Arrieta and M. Espinoza. 2008. Direct somatic embryogenesis in *Coffea arabica* L. cas. Caturra and Catuai: effect of triacontanol, light condition, and medium consistency. *Agronomia Costarricense* 32(1): 139-147.
- Haarer, A. E. 1956. Modern coffee production. Leonard hill (Books) Limited. Printed in Great Britain by Ebenezer Baylis and Son, LTD. The trinity Press, Worcester and London. 467 pps.
- International Coffee Organization. 2007. Botanical Aspects. In กาแฟ. Available from <https://th.wikipedia.org/>. Accessed 20 May 2017.
- Kuit, M., D. M. Jansen and N. V. Thiet. 2004. Manual for Arabica Cultivation of Coffee. Tan Lam Agricultural Product Joint Stock Company, Khe Sanh, Vietnam, pp. 212.
- Mes, M.G. 1957. Studies on flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. II. Breaking the dormancy of coffee flower buds. Acta. Hort. Biol. 4: 328-356.
- Meynarti Sari Dewi Ibrahim, R Sri Hartati, Rubiyo, Agus Purwito AB A A B Raden oro,

- and Sudarsono. 2015. The Induction of Primary and Secondary Somatic Embryogenesis for Arabica Coffee Propagation. Journal of Tropical Crop Science Vol. 2 No.3 , October 2015 .www.j-tropical-crops.com embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficiently propagated by horticultural rooted mini-cuttings: A boost for somatic embryogenesis. Scientia Horticulturae 216 (2017) 177–185
- Naka, P., P. Ngankarunathikarn, M. Hantewee, S. Tuantawee, Y. Kasinkasamepong and P. wutthisin. 2004. The botanical and species of coffee plant. Dogbia printing, Bangkok.
- Pohlan, H. A. J. and M. J. J. Janssens. 2010. GROWTH AND PRODUCTION OF COFFEE, in Soils, Plant Growth and Crop Production, [Ed. Willy H. Verheye], in Encyclopedia of Life Support Systems. pp. 30.
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press, Melbourne. Sydney. Australia. 218 pps.
- Tesfaye Shimber G., M. Razi Ismail, H. Kausar, M. Marziah, and M. F. Ramlan. 2013. Plant water relations, crop yield and quality in coffee (*Coffea arabica* L.) as influenced by partial root zone drying and deficit irrigation. Australian Journal of Crop Science, 7(9): 1361-1368.
- USDA (2011). *Coffee: World Market and Trade*. USDA, Washington, D.C., USA. 26 pp.
- กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร. 2544. กาแฟ ผลงานวิชาการประจำปี 2543. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2544, เล่มที่ 1, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. กาแฟ ผลงานวิชาการประจำปี 2543. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2544, เล่มที่ 1, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.
- กลุ่มวิจัยวัชพืช 2554. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 149 หน้า.
- กาแฟ. เอกสารสัมมนาวิชาการ เรื่อง กลยุทธ์เพื่อความสามารถในการแข่งขันด้านพืชสวนเศรษฐกิจ. ณ โรงแรมโดมอนด์พลาซ่า อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. 58 หน้า.
- จรัสศรี วงศ์กำแหง วิชิต ตรีพันธ์ และ อานุกาฬ ธีระกุล. 2535. การศึกษาชีวประวัติของมอดกาแฟ
- จรัสศรี วงศ์กำแหง. 2535. การศึกษาชีวประวัติ- นิเวศวิทยาและการทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในมอดฉัตรันภา ช่มอาวุธ มานพ หาญเทวี สมคิด รัตนบุรี พรทิพย์ เลิศสมบัติพลอย ไพรินทร์ มาลา ปราณี เดชอุป และ รุ่งทิพย์ ดาวเรือง. 2558. ศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่เหมาะสม. รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2558 ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาการขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

- ฉัตรดนภา ช่มอาวุธ มานพ หาญเทวี สมคิด รัตนบุรี พรทิพย์ เลิศสมบัติพลอย ไพรินทร์ มาลา ปราณี เดช
อุป และ รุ่งทิพย์ ดาวเรือง. 2558. ศึกษาแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ. รายงาน
เรื่องเติมการทดลองสิ้นสุดปี 2558 ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาการขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยี
การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- บัณฑิต วาฤทธิ์ ขวลิต กอสัมพันธ์ เยาวลักษณ์ จันทรบาง วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิไทยสันทัด
สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ ถาวร สุภาวงศ์, 2551. การศึกษาการระบาดและป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟ
อาราบิก้าแบบผสมผสาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ.
- ประภาพร ฉันทานุมัติ ยุพิน กสินเกษมพงษ์ มานพ หาญเทวี และนัด ไชยมงคล. 2556. การทดสอบ
เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดมอดกาแฟในแหล่งปลูกภาคเหนือ. ใน เอกสารประกอบการปรับระดับ ของ
นางสาวประภาพร ฉันทานุมัติ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน.
- ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ เยาวลักษณ์ จันทรบาง. 2557. การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและแมลงศัตรู
ธรรมชาติในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 30(3): 233-242
- พงศ์ศรี ไบอดุลย์, มลิส เวชยานนท์, บังอร ธารพล, ธวัชชัย หงษ์ตระกูล. 2549. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารกำจัด
วัชพืช alachlor, bromacil, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, picloram และ pretilachlor ใน
ดิน โดยวิธี Gas Chromatography. ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549. กลุ่มวิจัย
วัตถุดิบพืชการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 119-130 น.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม. 351 หน้า
- ยุพิน กสินเกษมพงษ์, ประภาพร ฉันทานุมัติ และ ไพรัตน์ ช่วยเต็ม. 2545. ผลของเชื้อรา *Beauveria bassiana*
(Balssamo) Vuillemin ต่อการป้องกันกำจัดมอดกาแฟในห้องปฏิบัติการ หน้า 167 บทคัดย่อในการ
ประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 2.
- เยาวลักษณ์ จันทรบาง, 2554. มอดเจาะผลกาแฟแมลงศัตรูในแปลงปลูกที่ส่งผลเสียหายแก่รักษา.
วิจัย รักรวิทยาศาสตร์. 2546. รักรวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน
สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2560. การปลูกและการดูแลรักษา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล.
<http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/01-04.php> (8 ตุลาคม 2560)
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. เมล็ดกาแฟอาราบิก้า. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 13 หน้า.
- สิรินาฏ พรศิริประทาน. 2557. การส่งออกฝักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป. สถาบันระหว่าง ประเทศเพื่อ
การค้าและพัฒนา(ITD). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. <http://lib.dtc.ac.th/articletookitchen/ar2011-040-exporttoeu.pdf> (10 มกราคม 2558)
- อาภรณ์ ธรรมเขต. 2527. ประวัติความเป็นมาของพันธุ์กาแฟอาราบิก้า คาร์ติมอร์. วารสารกรม
วิชาการเกษตร. ปีที่ 2 (ฉบับที่ 3). หน้า 229-233.

- Anastassiades, M., Tasdelen, B., Scherbaum, E., Stajnbaher, D. 2007. Recent developments in QuEChERS methodology for pesticide multiresidue analysis. In: Ohkawa H, Miyagawa H, Lee PW (eds), Pesticide chemistry: Crop protection, public health, environmental safety. Wiley- VCH, Weinheim.
- Cabral P.G.C., E.M. Zambolim, L. Zambolim, T.P. Lelis, A.S. Capucho and E.T. Caixeta. 2009. Identification of a new race of *Hemilea vastatrix* in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*. 4: 129-130 p.
- Christensen, H. B., Poulson, M. E., Herrmann, S. and Granby, K. 2008. Analysis of glyphosate in cereals. Danish Institute for Food and Veterinary Research. Clebson Gomes Goncalves, Antonio Carlos Da Silva Junior, Maria Renata Rocha Pereira, Sidnei Roberto Marchi and Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production A Guidebook for Grower, Processors, Traders, and Researchers. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 976 p.
- Dagoberto Martins. 2016. Selectivity of Saflufenacil applied singly and in combination with Glyphosate on coffee and citrus crops. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/301224616_Selectivity_of_saflufenacil_applied_singly_and_in_combination_with_glyphosate_on_coffee_and_citrus_crops
- Elvin G. Boneta Garcia. 1982. Effect of three Post-Emergence Herbicide on Coffee Growth and Weed Control. [Online]. Available: Effect of Three Post-Emergence Herbicides on Coffee Growth and Weed Control | The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (upr.edu)
- Eshetu T. 2001. Weed flora and weed control practices in coffee. [Online]. Available <http://www.scielo.br/scielo.php>. (June 2015)
- Extoxnet 1993. Oxyfluorfen. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/oxyfluorfen-ext.html>. (November 2018)
- Extoxnet 1993. Pendimethalin. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/pendimethalin-ext.html>. (November 2018)
- Extoxnet. 1996. Acetochlor. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/acetochlor-ext.html>. (November 2018)
- Jean Nicolas Wintgens. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. ISBN: 3-527-30731-1.
- Kennedy, S. H. 1986. Paraquat. ICI Jealott's Hill Research Station.
- Lan C.C. and J.H. Wintgens, 2004. Major Pests of Coffee in the Asia-Pacific Region. P467-470. In

- Le Bot, B., Colliaux, K., Pelle, D., Brines, C., Seux, R., Clément, M. 2002. Optimization and performance evaluation of the analysis of glyphosate and AMPA in water by HPLC with fluorescence detection. *Chromatographia*. 56, p. 161-164.
- Mendes, F. K., Hall, K.E., Spokas, K. A., Koskinen, and Tornisielo, V. L. 2017. Evaluating Agricultural Management Effects on Alachlor Availability: Tillage, Green Manure, and Biochar. *Agronomy* 2017, 7, 64: doi:10.3390/agronomy7040064 [Online]. Available http://www.res.mdpi.com/agronomy-70-00064/article_deploy/agronomy-07-00064-v2.pdf. (November 2018)
- Moraima, G. S. 2001. A contribution to determine critical levels of weed interference in coffee crops of Monagas state, Venezuela. *Bioagro*, v. 12, p. 63-70, 2000.
- Mordue JEM, 1971. *Colletotrichum gloeosporioides*. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute: CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria no. 315.
- Muller R.A., Berry D., Avelino J., Bieysse D. 2009. Coffee diseases. *In* : Wintgens Jean Nicolas.(ed.). Coffee: growing, processing, sustainable production: A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Weinheim: Wiley-VCH, p. 495-549. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: https://www.researchgate.net/publication/230245135_Coffee_Diseases
- Navneet Kaur and Makhan S. Bhullar. 2015. Harvest time residues of pendimethalin and oxyfluorfen in vegetables and soil in sugarcane-based intercropping system. *Environ Monit Assess* (2015) 187:221
- NIPC. 1994. OSU Extension Pesticide Properties Database, National Pesticide Information Center. [Online]. Available <http://npic.orst.edu/ingred/ppdmmove.htm>. (November 2018) Pacific Pests and Pathogens - Fact Sheets (ระบบออนไลน์).
- Pelley, R.H. 1968. Pest of Coffee. Longman Green and Co. Ltd. London. 950 pp.
- Phattanit Tripet and Chaleeda Borompichaichartkul. 2019. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *Journal of Stored Products Research*. Volume 84, December 2019, 101510.
- PPDB. 2007. Acetochlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/12.htm>. (November 2018)
- PPDB. 2007. Alachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/17.htm>. (November 2018)

- PPDB. 2007. Oxadiazon in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/496.htm>. (November 2018)
- PPDB. 2007. Oxyfluorfen in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/502.htm>. (November 2018)
- PPDB. 2007. Pendimethalin in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>. (November 2018)
- PPDB. 2007. S-metholachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1027.htm>. (November 2018)
- PPDB. 2007. THE PPDB Ato Z List of Herbicide in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz_herb.htm. (January 2020)
- Ronchi, C.P. and Silva, A.A..2004. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. *Plant Daninha* V.22, n.4, p.607-615, 2004.
- Scot Nelson. 2008. Glyphosate Herbicide Injury to Coffee. Cooperative Extension Service. University of Hawaii. *Plant Disease* Nov.2008.
- Selmar Dirk, Gerhard Bytof and Sven-erik Knopp. 2008. The Storage of Green Coffee (*Coffea arabica*): Decrease of Viability and Changes of Potential Aroma Precursors. *Annals of Botany* 101: 31–38.
- Sutton BC, 1980. The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute. 695p.
- Sutton BC, 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: Bailey JA, Jeger MJ, eds. *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. Wallingford, UK: CAB International, p.1–26.
- US EPA. 2010. Method GRM 044.03A [Online]. Available <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/49193106-fluazifop-ilv-soil.pdf>. (October 2018)
- แหล่งที่มา: http://www.pestnet.org/fact_sheets/coffee_browneye_spot_142.htm

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

พิมล วุฒิสินธุ์. 2555. ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลา. เอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10. วันที่ 22-24 กุมภาพันธ์ 2555. ณ โรงแรมคุ้มภูคำ เรสซิเดนซ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

พุทธธินันท์ จารุวัฒน์. 2546. การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเมือกกาแฟอะราบิกา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 124 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งข้อมูล:

<http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล:

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

Eficio Seabridge. 2010. Picking Methods Machines. แหล่งที่มา:

<https://www.youtube.com/watch?v=RjTncA1ImD4&t=29s>. (สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ต.ค. 2559)

Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. แหล่งที่มา:

<https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s>. (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธ.ค. 2561)

โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2557. แหล่งสืบค้น : http://www.ipthailand.go.th/ipthailand/index.php?option=com_content&task=view&id=291&Itemid=248 (20 พฤษภาคม 2557).

ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. บทวิทยุรายการ "รู้ รัก ภาษาไทย" ออกอากาศทางสถานี

วิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2550 เวลา 7.00-7.30 น.

แหล่งสืบค้น : <http://www.royin.go.th/th/knowledge/detail.php?ID=1583> (24 ก.ย. 2557).

เกริกชัย ธนรักษ์ สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ ปานหทัย นพชินวงศ์ สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ ดารากร เผ่าชู เสรี

อยู่สถิตย์ ปาริชาติ พจนศิลป์ วีรา คล้ายพุก พุดนา รุ่งระวี อุไรวรรณ มาสพัตน์. 2559. การ

ประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกรต่อกาแฟโรบัสตาพันธุ์แนะนำ. น. 42-61. ใน รายงาน

โครงการวิจัยประเมินผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการ

เกษตร กรุงเทพฯ. 210 น.

ประชา เตชนันท์ วิษณุภาส สังพาสี สาวิกา กอนแสง และ ผานิตย์ นาขยัน. 2560. คุณภาพเมล็ดกาแฟอาราบิก้าภายใต้รูปแบบการปลูกแบบต่างๆ ของชาวเขาชาติพันธุ์อาข่า ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย.

ปิยบุษ นาคะ ผานิต งานกรณาธิการ สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ ยุพิน กสินเกษมพงศ์ มานพ หาญเทวี สอนง

- จรินทร ทิพยา ไกรทอง พิมล วุฒิสินธุ์ วิไลวรรณ ทวีศรี ประภาพร ฉันทานุมัติ ปานหทัย นพ
ชินวงศ์ ดร.นันทรัตน์ ศุภกานิต วีรา คล้ายพุก สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ สัจจะ ประสงค์ทรัพย์.
2553. การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร
กรุงเทพฯ. 86 น.
- ผานิต งานกรณาธิการ และ สุรรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2544. เอกสารขอเสนอพันธุ์แนะนำกาแฟสายพันธุ์ FRT 65
FRT 65 และ FRT 09. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ ฉัตรนภา ช่มอาวุธ ปาริชาติ พจนศิลป์ วีรา คล้ายพุก พุฒนา รุ่งระวี อุไรวรรณ
มาสพัฒน์ สมคิด รัตนบุรี พิจิตร ศรีปิ่นตา มานพ หาญเทวี สมพล นิลเวศน์ ทวีพงศ์ ณ น่าน
นริศรา อินทรจักร นัต ไซยมงคล ประสงค์ มั่นสูง อนันต์ ปัญญาเพิ่ม และอุทัย นพคุณวงศ์. 2559.
การประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกรต่อกาแฟอะราบิกา สายพันธุ์เชียงใหม่ 80. ใน รายงาน
โครงการวิจัยประเมินผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน : กาแฟอะราบิกา กาแฟโรบัสตา
มะพร้าวและพริก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. น. 5-40.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2552 เมล็ด
กาแฟอะราบิกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN 9789744036599.
- Cíntia Sorane Good Kitzberger, Maria Bri'gida, dos Santos Scholz, Luiz Filipe Protasio Pereira
c, Luiz Gonzaga Esteves Vieira, Tumoru Sera, Joa'õ Batista Gonc,alves Dias Silva,
Marta de Toledo Benassi. 2013. Diterpenes in green and roasted coffee of *Coffea
arabica* cultivars growing in the same edapho-climatic conditions. Journal homepage:
www.els evier .c om /lo cat e/jfc a. Journal of Food Composition and Analysis 30 (2013)
52-57.
- De Gues, J.G. 1973. Fertilizer guide for the Tropical and Subtropical Farming Centre. d' Etude de
L' Azote, Zurich. Switzerland. 440-473.
- Hou-Chun Liu, Chen-Feng You, Chiou-Yun Chen, Yu-Ching Liu, Ming-Tsung Chung. 2014.
Geographic determination of coffee beans using multi-element analysis and isotope
ratios of boron and strontium. Journal of Food Chemistry. Volume 142. P. 439-445.
- Jean Nicolas Wintgens. 2004. Crop Maintenance: Fertilizer, 247-269 p. In Coffee:
Growing, Processing, Sustainable Production. Switzerland.
- Smith, FW. 1986. Interpretation of plant analysis: Concepts and principles. In: Reuter DJ,
Robinson JB. (eds.), Plant analysis: An interpretation manual. Inkata, Melbourne.
19: 1-12.
- Roberto Mu'ñiz-Valenciaa, Jos  M. Juradob, Silvia G. Ceballos-Maga'nac,  ngela Alc zarb, Julio
Hern ndez-D aza. 2014. Characterization of Mexican coffee according to mineral

contents by means of multilayer perceptrons artificial neural networks. Journal of Food Composition and Analysis. Volume 34, Issue 1, May 2014, Pages 7–11.

Thierry Joët, Andréina Laffargue, Frédéric Descroix, Sylvie Doulbeau, Benoît Bertrand, Alexandre de kochko, Stéphane Dussert. 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem. Food Chemistry 118 (2010) 693–701.

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ยุทธศาสตร์การพัฒนางานวิจัยกาแฟ พ.ศ. 2559-2563. (วันที่ 16 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต

http://www.doa.go.th/hort/index.php?searchword=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search/strategycoffee

กรมวิชาการเกษตร¹. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์กาแฟ (วันที่ 17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต

<http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf>

กรมวิชาการเกษตร². 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (วันที่ 17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต

<http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf>

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. 2563. คู่มือการผลิตกาแฟพรีเมียม. กรมวิชาการเกษตร. 11 หน้า.

โกเมศ สัตยาวิฑู. 2559. Coffee taster and roaster level1. เอกสารประกอบการฝึกอบรม วันที่ 25-29 เม.ย.

2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

โกเมศ สัตยาวิฑู, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสร้อยญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำปีศรีสอรัท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.

โกเมศ สัตยาวิฑู, สุกัญญา นิตยรัตน์, สุกัทร เลิศวัฒนาเกียรติและฉัตรนภา ช่มอาวู, 2560. การหมักกาแฟโดยเชื้อจุลินทรีย์. รายงานการประชุมวิชาการการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ปี 2560, 18 หน้า.

- จิรสวัสดิ์ ภูวิกรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.
- นนทวัชร ชิตวิสัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า
- ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคตินเอสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.
- ปิยนุช นาคะ, ผานิต งานกรณาธิการ, ทิพยา ไกรทอง, สำเริง ช่างประเสริฐ, กมลภัทร ศิริพงษ์, นิตยา คงสวัสดิ์, วิไลวรรณ ทวีศรี, สุธีรา ถาวรรัตน์, เกริกชัย ธนรักษ์ และธวัชชัย นิมกิงรัตน์. 2561. รายงานเรื่องเดิมการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟโรบัสต้าในแหล่งปลูกต่างๆ ด้วยกาแฟพันธุ์ดี. กรมวิชาการเกษตร. 58 หน้า.
- ปราณี อานเปื้อง. 2551. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 341 หน้า.
- พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms
- ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอาราบิก้าบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สมเจตน์ ชัมเจริญ. 2546. ผลการวิเคราะห์ดินจากแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าในประเทศไทย. วารสารกาแฟเนสท์เล่, ฉบับที่ 2, หน้า 2-7.
- สถาบันวิจัยพืชสวน¹. 2548. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 22 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชสวน². 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชสวน³. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอาราบิก้า. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5700-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.
- สุรรัตน์ ทวนทวี และ เสาวนีย์ มีมุทา. 2543. การศึกษาพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า. รวมงานวิจัย “กาแฟโรบัสต้า” ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เล่ม 1. หน้า 183-202.
- Boot, W. 2005. Cupping for flavor vs. defects, roast magazine, Jan./Feb. 2005, 1-4.
- Burton, I. 2020. Quantitative NMR Methodology for the authentication of roasted coffee and prediction of blends, *J. Agri. Food Chem.* 68, 49, 14643-14651.

- Castro, R.D., and P. Marraccini. 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(1):175-199.
- Cavin, C. 2002. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. *Food Chem. Toxicol.* 40, 1151-1163.
- Clarke, R.J. 1986. *The Flavour of Coffee*. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.
- Craig, A.P, C. Fields, N. Liang, D. Kitts and A. Erickson. 2016. Performance review of a fast HPLC-UV method for the quantification of chlorogenic acids in green coffee bean extracts. *Talanta* 154. 481-485. (23 May 2016) search from https://www.researchgate.net/publication/299990734_Performance_review_of_a_fast_HP_LC-UV_method_for_the_quantification_of_chlorogenic_acids_in_green_coffee_bean_extracts
- Eloy-dias, R.C. Campanha, F.G. Vieira, L.G.E. Ferreira, L.P. Pot, D. Marraccini, P. and M. Toledo benassi. 2010. Evaluation of kahweol and Cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. *J. Agric. Food Chem.* 58, 88-93.
- Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT*, 38, 709-715.
- Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37, 225-232.
- Gordon, R.E. and J.M. Mihm. 1962. Identification of *Nocardia caviae* (Erickson) nov. comb. *Annals of the New York Academy of Sciences* 98, 628-636.
- Hameed, A., S.A. Hussain and H.A.R. Suleria. 2018. "Coffee bean-related" agroecological factors affecting the coffee. (11 Feb 2020) Search from https://www.researchgate.net/publication/328135364_Coffee_Bean-Related_Agro-ecological_Factors_Affecting_the_Coffee_In_Merrilon_J_M_Ramawat_KG_eds
- Keiko, I., S. Daiki, S. Harumichi, S. Hiroaki, F. Yoshinori, M. Daisuke, W. Hiroyaki, N. Chifumi and N. Koichi. 2014. World's First Elucidation of the Strong Correlation between Tryptophan in *Coffea arabica* green beans and the Maturity Level of Coffee Cherries, a Determinant of Coffee Flavor Quality. Presentation at the 25th International Conference on Coffee Science. (7 July 2016) search from <http://www.suntry.com/softdrink/news/pr/d/SBF0198.html?fromid=sic>

- Kwang-Geun, L. and T. Shibamoto. 2002. Analysis of volatile components isolated from Hawaiian green coffee beans (*Coffea Arabica* L.). *Flavour Fragr. J.* 17: 349-351. (17 July 2016) search from <http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/lhquang/file/Coffee/Analysis%20of%20volatile%20components.pdf>
- Martins, A.C., and M.B. Gloria. 2010. Changes on the levels of serotonin precursors-tryptophan and 5-hydroxytryptophan during roasting of Arabica and Robusta coffee. *Food Chemistry* 118 (3):529-533.
- Nasanit R. and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of *Coffea Arabica* var. *chiangmai 80*. *Kasetsart University Journal*.
- Pandey, A. Soccol, C.R. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*, 6, 153–162.
- SCAA. 2012. SCAA standard for cupping: cupping vessel v.06_20_2012. (7 Dec 2016) Search from <http://www.scaa.org>
- SCAA. 2014. Three varieties in El Salvador Production and Potential. (7 July 2016) Search from <https://static1.squarespace.com/static/53a8685ee4b0b60c01cf8b20/t/53b2d744e4b00f80139736bd/1404229444681/2014+SCAA+++Three+Varieties+Presentation.pdf>
- Schievano, E. Finotello, C. De Angelis, E. Mammi, S. and L. Navarini. 2014. Rapid authentication of coffee blends and quantification of 16-O-Methylcafestol in roasted coffee beans by nuclear magnetic resonance. *J. Agri. Food Chem.*
- Setoyama, D., K. Iwasa, H. Seta, H. Shimizu, Y. Fujimura, D. Miura, et al. 2015. High-throughput metabolic profiling of diverse green *Coffea arabica* beans identified tryptophan as a universal discrimination factor for immature beans. (11 Feb 2020) Search from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0070098>.
- Silva, C.F. Vilela, D.M. Cordeiro, C.L.D.S. Duarte, W.F. Dias, D.R. and R.F. Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World J Microbiol Biotechnol*, 29, 235–247.
- Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. *Coffee Processing Technology*. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.
- Skowron, M.J., A.Z. Grzeskowiak and T. Grzeskowiak. 2015. Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *Eur. Food Res. Technol* 240:19-31.

- Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Volume 1: Chemistry. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Sousa, D.A.G., J.L. Paes, J.P.B. Cunha and M.V.M. Oliveria. 2020. Classification of robusta coffee fruits at different maturation stages using colorimetric characteristics. (11 Feb 2020) Search from https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162020000400518&lng=en&nrm=iso
- Toledo, P., L. Pezza, H.R. Pezza and A.T. Toci. 2016. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. (11 Feb 2020) Search from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12205>.
- Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. Beverage Technology Chemistry and Microbiology. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.
- Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Wenjiang, D., T. Lehe, Z. Jianping, H. Rongsuo and L. Minquan. 2015. Characterization of fatty acid and amino acid and volatile compound composition and bioactive components of seven coffee (*Coffea robusta*) Cultivars grown in Hainan province
- Wintgens, J.N. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Druckhaus Darmstadt GmbH, Darmstadt. 976p.

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ

- โกเมศ สัตยาวิธ, ปิยนุช นาคะ และมาโนช หาญเทวี. 2554. ปริมาณสารไฟรีนและผลต่อความขมของกาแฟควบดในประเทศไทย; ประชุมวิชาการกาแฟแห่งชาติครั้งที่ ๑ โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ จังหวัดเชียงใหม่, 12 หน้า.
- โกเมศ สัตยาวิธ, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสร้อยญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยากรหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำปีสรีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.
- โกเมศ สัตยาวิธ, สุกัญญา นิตยรัตน์, ฉัตรนภา ช่มอาวิธ, สุกัทร เลิศวัฒนาเกียรติ. 2561. การวิจัยและพัฒนาการหมักกาแฟอาราบิก้าโดยจุลินทรีย์, รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561, กองวิจัยและพัฒนาวิทยากรหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า
- จิรสวัสดิ์ ภูวิกรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.

- นนทวัชร ชิตวิสัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า
- ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสืเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคตินเอสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.
- พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟแก้ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่รู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms
- ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอาราบิก้าบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สาวิตรี ลิ้มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุกัญญา นิตยรัตน์, โกเมศ สัตยาวิธ, ฉัตรนภา ช่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2562. การศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน), รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- Aprotosoaie, A.C., Luca S.V. and A., Miron. 2015. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products- An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15,73-91.
- Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2001. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252-256.
- Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 191-198.
- Bartlett, M.C. and P. Gerhardt. 1989. Continuous Antibiotic Fermentation – Design of a 20 litre, Single-stage Pilot plant and trials with two contrasting process, *journal of Biochemical and microbiological technology and engineering*, Vol I, No.4: 359-377.
- Batista, N., Ramos, C., Dias, D., Pinheiro, A. and R. Schwan. 2015. Dynamic behavior of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri* and *Hanseniaspora uvarum* during spontaneous and inoculated cocoa fermentations and their effect on sensory characteristics of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*. 63(1), 221-227
- Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.
- Crafack, M., Mikkelsen, M., Saerens, S., Knudsen, M., Blennow, A., et. al (2013). Influencing cocoa flavour using *Pichia kluyveri* and *Kluyveromyces marxianus* in a defined mixed starter

- culture for cocoa fermentation. *International journal of food microbiology*. 167(1), 103-16.
- Fitri, Tawali, A.B. and A. Laga. 2019. Luwak coffee in vitro fermentation: literature review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 230. 012096. 10.1088/1755-1315/230/1/012096.
- Flament, I. 2002. Coffee Flavor Chemistry. UK: John Wiley & Sons, Ltd. 396 pp.
- Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT*, 38, 709–715.
- Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37, 225–232.
- Gonzalez-Rios, O. Suarez-Quiroz M. Renaud, B. and S. Schorr-Galindo. 2007. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. *J. Food Comp. and Ana.* 20(3):289-296.
- Gordon, R.E., & Mihm, J.M. (1962). Identification of *Nocardia caviae* (Erickson) nov. comb. *Annals of the New York Academy of Sciences* 98, 628-636.
- Hadipernata, M. and S. Nugraha. 2018. Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 102. 012092. 10.1088/1755-1315/102/1/012092.
- Jagani, H. Hebber, K. Gang, S.S. Vasath Raj P. Chandrashekhar, R. and J. Venkata. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity. *Pharmacologyonline* 1:261-301.
- Jumhawan, U., Putri, P.P., Yusianto, Marwani, E., Bamba, T. and E Fukusaki. 2013. Selection of Discriminant Markers for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak): A Metabolomics Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (33), 7994-8001.
- López-Galilea, I. Fournier, N. Cid, C. and E. Guichard. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. *J Agric Food Chem.* 1;54(22):8560-6.
- Massimo, M.F. 2004. Composition and properties of Indonesian plam civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Research Intenational*, 37, 901-912
- Mondello, L. Costa, R. Tranchida P.Q. Dugo, P. Presti M.L. Festa, S. Fazio, A. and G. Dugo. 2005. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace

- solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrophotometry with the support of a dual-filter mass spectra library. *J. Separation science*. 28(9-10):1101-9.
- Moon, J.K. and T. Shibamoto. 2009. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. *J. Agric. Food. Chem.* 57(13):5823-31.
- Muzaifa, M., Hasni, D., Patria, A. Febriani and A. Abubakar. 2018. Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 8. 165-171.
- Nasanit R., and K. Satyawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of *Coffea Arabica* var. chiangmai 80. *Kasetsart Journal-Natural Science*. 49. 32-41.
- Nebesny, E. Budryn, G. Kula, J. and T. Majda. 2007. The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. *European Food research and technology*. 255(1):9-19.
- Paek, K.Y. Chakrabarty D. and E.J. Hahn. 2005. Application of bioreactor systems for large scale production of horticultural and medicinal plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 81, 287-300.
- Pandey, A. Soccol, C.R. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*, 6, 153–162.
- Padmapriya, R. 2013. Coffee waste management- An overview. *International Journal of Current Science*, vol.9, pp. 83-91.
- Silva, C.F., Vilela, D.M., Cordeiro, C.L.D.S., Duarte, W.F., Dias, D.R., and R.F., Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World J Microbiol Biotechnol*, 29, 235–247.
- Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. *Coffee Processing Technology*. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.
- Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. *Coffee Volume 1: Chemistry*. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Suhandono, S., Setiadi, H., Kristianti, T., Kusuma, A.B., Wedaringtyas, A.W., Djajadi, D.T., and I. Aryantha. 2016. Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaphrodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Microbiology Indonesia*, 10, 4.
- Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. *Beverage Technology Chemistry and Microbiology*. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.

- Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Von Enden, J.C. 2002. Review of coffee waste water characteristics and approaches to treatment. Coffee Research Report: Kainantu, Papua New Guinea.
- Wrigley, Gordon. 1988. Coffee. New York: John Wiley and Sons.

โครงการวิจัยและพัฒนากาแฟคุณภาพ

- โกเมศ สัตยาวิฑูรย์, ปิยนุช นาคะ และมาโนช หาญเทวี. 2554. ปริมาณสารโพรซินและผลต่อความขมของกาแฟคั่วบดในประเทศไทย; ประชุมวิชาการกาแฟแห่งชาติครั้งที่ ๑ โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ จังหวัดเชียงใหม่, 12 หน้า.
- โกเมศ สัตยาวิฑูรย์, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสร้อยญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำปารีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.
- โกเมศ สัตยาวิฑูรย์, สุกัญญา นิตยรัตน์, ฉัตรนภา ช่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2561. การวิจัยและพัฒนากาแฟหมักกาแฟอะราบิก้าโดยจุลินทรีย์, รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า
- จิรสวัสดิ์ ภูวิกรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.
- นนทวัชร ชิตวิสัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า
- ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคตินเอสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.
- พิทักษ์ อาภาศิริผล. 2529). *คำแนะนำการปลูกกาแฟ*. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms
- ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทยและ World Environment Center, พิมพ์ครั้งที่ 2.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟพันธุ์สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอาราบิก้าพันธุ์สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สาวิตรี ลิ่มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุกัญญา นิตยรัตน์, โกเมศ สัตยาวิฑูรย์, ฉัตรนภา ช่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2562. การศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน), รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- Aprotosoaie, A.C., Luca S.V. and A., Miron. 2015. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products- An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15,73-91.
- Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2001. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252-256.
- Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 191-198.
- Bartlett, M.C. and P. Gerhardt. 1989. Continuous Antibiotic Fermentation – Design of a 20 litre, Single-stage Pilot plant and trials with two contrasting process, *Journal of Biochemical and microbiological technology and engineering*, Vol I, No.4: 359-377.
- Batista, N., Ramos, C., Dias, D., Pinheiro, A. and R. Schwan. 2015. Dynamic behavior of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri* and *Hanseniaspora uvarum* during spontaneous and inoculated cocoa fermentations and their effect on sensory characteristics of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*. 63(1), 221-227
- Caprioli, G., Cortese M., Cristalli G., Maggi F., Odello L., Ricciutelli M., Sagratini G., Sirocchi V., Tomassoni G. & S. Vittori. 2012. Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS. *J. Food Chemistry* 135(3):1127-1133.
- Cavin, C., Mace, K., Offord, E.A. & B. Schilter. 2001. Protective effects of coffee diterpenes against aflatoxin B1-induced genotoxicity : mechanisms in rat and human cells. *Food Chem Toxicol*. 39(6):549-56.
- Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.
- Crafack, M., Mikkelsen, M., Saerens, S., Knudsen, M., Blennow, A., et. al (2013). Influencing cocoa flavour using *Pichia kluyveri* and *Kluyveromyces marxianus* in a defined mixed starter culture for cocoa fermentation. *International journal of food microbiology*. 167(1), 103-16.
- Eloy Dias R.C, A. Ferreira de Faria-Machado, A. Zerlotti Mercadante, N. Bragagnolo and M. de Toledo Benassi. (2014). Roasting Process affects the profile of diterpenes in coffee. *Eur. Food Res. Technol.* DOI 10.1007/s00217-014-2293.

- Fitri, Tawali, A.B. and A. Laga. 2019. Luwak coffee in vitro fermentation: literature review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 230. 012096. 10.1088/1755-1315/230/1/012096.
- Flament, I. 2002. Coffee Flavor Chemistry. UK: John Wiley & Sons, Ltd. 396 pp.
- Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT, 38, 709–715.
- Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. Enzyme and Microbial Technology, 37, 225–232.
- Gonzalez-Rios, O. Suarez-Quiroz M. Renaud, B. and S. Schorr-Galindo. 2007. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. J. Food Comp. and Ana. 20(3):289-296.
- Gordon, R.E., & Mihm, J.M. (1962). Identification of *Nocardia caviae* (Erickson) nov. comb. Annals of the New York Academy of Sciences 98, 628-636.
- Hadipernata, M. and S. Nugraha. 2018. Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 102. 012092. 10.1088/1755-1315/102/1/012092.
- Jagani, H. Hebber, K. Gang, S.S. Vasath Raj P. Chandrashekhar, R. and J. Venkata. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity. Pharmacologyonline 1:261-301.
- Jumhawan, U., Putri, P.P., Yusianto, Marwani, E., Bamba, T. and E Fukusaki. 2013. Selection of Discriminant Markers for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak): A Metabolomics Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (33), 7994-8001.
- López-Galilea, I. Fournier, N. Cid, C. and E. Guichard. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. J Agric Food Chem. 1;54(22):8560-6.
- Massimo, M.F. 2004. Composition and properties of Indonesian plam civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Research Intenational*, 37, 901-912
- Mondello, L. Costa, R. Tranchida P.Q. Dugo, P. Presti M.L. Festa, S. Fazio, A. and G. Dugo. 2005. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrophotometry with the support of a dual-filter mass spectra library. J. Seperation science. 28(9-10):1101-9.
- Moon, J.K. and T. Shibamoto. 2009. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. J. Agric. Food. Chem. 57(13):5823-31.

- Muzaifa, M., Hasni, D., Patria, A. Febriani and A. Abubakar. 2018. Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 8. 165-171.
- Nasanit R., and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of *Coffea Arabica* var. *chiangmai* 80. *Kasetsart Journal-Natural Science*. 49. 32-41.
- Nebesny, E. Budryn, G. Kula, J. and T. Majda. 2007. The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. *European Food research and technology*. 255(1):9-19.
- Paek, K.Y. Chakrabarty D. and E.J. Hahn. 2005. Application of bioreactor systems for large scale production of horticultural and medicinal plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 81, 287-300.
- Pandey, A. Soccol, CR. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*, 6, 153–162.
- Padmapriya, R. 2013. Coffee waste management- An overview. *International Journal of Current Science*, vol.9, pp. 83-91.
- Silva, C.F., Vilela, D.M., Cordeiro, C.L.D.S., Duarte, W.F., Dias, D.R., and R.F., Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World J Microbiol Biotechnol*, 29, 235–247.
- Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. *Coffee Processing Technology*. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.
- Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. *Coffee Volume 1: Chemistry*. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Suhandono, S., Setiadi, H., Kristianti, T., Kusuma, A.B., Wedaringtyas, A.W., Djajadi, D.T., and I. Aryantha. 2016. Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaprodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Microbiology Indonesia*, 10, 4.
- Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. *Beverage Technology Chemistry and Microbiology*. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.
- Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. *Coffee Vol. 2: Technology*. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.
- Von Enden, J.C. 2002. Review of coffee wastewater characteristics and approaches to treatment. *Coffee Research Report: Kainantu, Papua New Guinea*.
- Wrigley, Gordon. 1988. *Coffee*. New York: John Wiley and Sons.

แผนงานย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์และการจัดการการผลิตชา ชาน้ำมัน มะคาเดเมีย และโกโก้ โครงการวิจัยและพัฒนาชา

ธีรพงษ์ เทพภรณ์. 2560. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับชา. <http://www.mfu.ac.th/school/agro2012/events/299> สืบค้น
เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2560.

ภีรกาญจน์ ไค่นุ่นนา. 2548. ชาเจ๊ะเหม มรดกจีนที่ชุมชนมุสลิม.

http://wbns.oas.psu.ac.th/shownews.php?news_id=30411 สืบค้นเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2558

ศุภนารถ เกตุเจริญ และอัญชลี พัดมีเทศ.มปป.ชา. กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร. 51 หน้า.

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่.2560.ชา.

http://www.doa.go.th/hrc/cmroyal/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=108 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2560

สมพล นิลเวศน์. มปป. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชา. กรมวิชาการเกษตร.

สมพล นิลเวศน์. 2541. จากการฝึกงานเรื่อง การปลูก ดูแลรักษา และการแปรรูปชา ที่เมืองฮิโตโยชิ. จังหวัดคุมาโมโตะประเทศญี่ปุ่น.

สมพล นิลเวศน์ และ Shimokado Hisachi, 1990, รายงานผลการฝึกอบรม หลักสูตร Tea Cultivation, Quality and Chemical Analysis on Tea เสนอ Tea Research Institute. (in Japanese), Kumamoto Prefecture (ไม่ได้ตีพิมพ์) 39 pp.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2556. สดุดอาหารและเครื่องดื่ม

<http://service.nso.go.th/nso/web/thairanking/rank14.html>.

โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย

กรมวิชาการเกษตร. 2544. มะคาเดเมีย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 71 หน้า.

กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร. 2544. หนูและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 136 หน้า.

การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย (Technology of Macadamia Productin).2563. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN: 978-616-358-456-4. 109 หน้า

การเกษตร กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร. แห่งประเทศไทย 136 หน้า.

จำรอง ดาวเรือง. 2544. มะคาเดเมีย. เอกสารเผยแพร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 71 น.

- บุษบง มนัสมันคง สุนัดดา เขาวลิต สุเมธ พากเพียร และ ฉัตรนภา ช่มอาวุธ. 2561. ชนิดและฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูมะคาเดเมีย. หน้า 920-929. ใน : ผลงานวิจัยประจำปี 2561. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- พัชรียา บุญกอแก้ว. 2560. สารควบคุมการเจริญเติบโตในพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 230 หน้า
- ยุวลักษณ์ ขอบประเสริฐ. 2532. การทดสอบการป้องกันกำจัดสัตว์ฟันแทะศัตรูโกโก้. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัย ปี 2532. กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกัญและสัตววิทยาการกรมวิชาการเกษตร. หน้า 145-155.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2562ก. มะคาเดเมีย: ปีเพาะปลูก 2561. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2562ข. รายงานสถิติการนำเข้าส่งออกมะคาเดเมียประจำปี 2562. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร.
- Anonymous2. 2010. Macadamia Annual Investment Plan – 2010/2011. Available : <http://www.horticulture.com.au/librarymanager/libs/176/Annual%20Investment%20Plan%20-%20Macadamia%20Industry%20-%202010.PDF>. (25 December 202021).
- Beaumont JH, Moltzau RH (1937) Nursery propagation and topworking of the macadamia. Hawaiian Agric Exp Stn Circ 13:
- Fukunaga ET. Grafting and topworking the macadamia, University of Hawaii Agricultural Extension. Circ., 1951; 58.
- Hamilton R.A., W. Yee and P. Ito. 1980. Macadamia: Hawaii's desert nut. College of Tropical Agriculture and Human Resource. 10 p.
- Menzel, C.M. and B.F. Paxton. 1987. The effect of cincturing on growth and flowering of lychee several season in subtropical Queensland. Aust. J of Exp. Agri. 27: 733-738.
- Michael R. Bennell. 1984 Aspects of the Biology and Culture of the Macadamia. A Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Agriculture. Department of Agronomy University of Sydney and Horticultural Science
- Nagao MA, Hirae HH. Macadamia: Cultivation and physiology. Critical Reviews in Plant Sciences, (1992); 441-470.
- SAMAC. 2020. Macadamia South Africa NPC. Available: <https://www.samac.org.za/> (17 February 2021)
- Weaver, R.J. 1972. Plant Growth Substances in Agriculture. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Xavier T.P., T.S. Lira, J.M.A. Schettino and M.A.S. Barrozo. 2016. A study of pyrolysis of macadamia nut shell: parametric sensitivity analysis of the IPR model. Brazilian Journal of Chemical Engineering 33(1): 115-122.

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโกโก้

จรัสศรี วงศ์กำแหง, วิจิต ตรีพันธุ์ และอานูภาพ อีระกุล. 2536. การศึกษาความเสียหายของผลโกโก้ในระดับการทำลายต่าง ๆ กันของมวนโกโก้. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2536. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตร. หน้า 81-96.

จันทร์ทิมา ปิติพรชัย สุภาพร โควันฉมิตร วราวุธ ชูธรรมธัช และอานูภาพ อีระกุล. 2534. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนของต้นโกโก้ในแต่ละฤดูกาล. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 284-294.

ผานิต งานกรณาธิการ. 2536. เอกสารขอรับรองพันธุ์โกโก้เพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรอง

ผานิต งานกรณาธิการ. 2538. เอกสารประกอบการปรับระดับ นักวิชาการเกษตร 7 กรมวิชาการเกษตร.

ผานิต งานกรณาธิการ. 2548. การพัฒนาโกโก้ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร

ผานิต งานกรณาธิการ จรัสศรี วงศ์กำแหง ปิยนุช นาคะ ยุพิน กลสินเกษมพงษ์ รัตนา พลชาติ และอานูภาพ อีระกุล. 2538. การรวบรวมและศึกษาพันธุ์โกโก้ที่ชุมพร. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2537-2538 ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. 89-94.

ผานิต งานกรณาธิการ ปิยนุช นาคะ ยุพิน กลสินเกษมพงษ์ สกล เพชรธมณี และอานูภาพ อีระกุล. 2540. การเปรียบเทียบพันธุ์โกโก้ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ จ.สงขลา. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2539-2540. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 75-83.

ยุพิน กลสินเกษมพงษ์. 2534. โรคผลเน่าดำของโกโก้ (*Theobroma cacao* L.) ซึ่งเกิดจากเชื้อราไฟทอปธอราในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราวุธ ชูธรรมธัช พลุชัย ทีปะปาล ผานิต งานกรณาธิการ วิทย์ สุวรรณวุธ และอานูภาพ อีระกุล. 2534. การศึกษาแบบแผนการเจริญเติบโต การออกดอกและติดผลของโกโก้. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 295-316.

วิทย์ สุวรรณวุธ ประยูร พัฒน์ทอง ผานิต งานกรณาธิการ และถวิล ทวีรัตน์. 2534. การผลิตเมล็ดพันธุ์โกโก้ลูกผสมที่ตรึง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 354-355.

วิทย์ สุวรรณวุธ ผานิต งานกรณาธิการ มะลิวัลย์ รัตนพฤษ และอานูภาพ อีระกุล. 3535 การเปรียบเทียบพันธุ์โกโก้ลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 15 พันธุ์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535 ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. 170-187.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการนำเข้าช็อกโกแลต ปี 2560-2563.

http://impexp.oae.go.th/service/import.php?S_YEAR=2560&E_YEAR=2563&PRODUCT_GROUP=5398&PRODUCT_ID=4075&wf_search=&WF_SEARCH=Y

Afoakwa, E.O. Cocoa Production and Processing Technology. CRC Press. New York. 329 pp.

- Bekele, F. and D.R. Butler. 2000. Proposed list of cocoa descriptors for characterization. Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. In Eskes, A.B., J.M.M. Engels and R.A. Lass (eds.) Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI Project Workshop. Montpellier, France, February 1-6, 1998. IPGRI. 41-48.
- Carr, M.K.V. and G. Lockwoods. 2011. The Water Relations and Irrigation Requirements of Cocoa (*Theobroma cacao* L.): A Review. Expl. Agric. 47 (4): 653-676.
- Carvalho, C.G.P de, C.D. Cruz, C.M.V.C. de Almeida and P.F.R. Machado. 2002. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Vol. 2, No. 1: 149-156.
- CocoaPhil. 2013. Philippine Cacao Training Module. Quezon City. 88 pp.
- Dias, L. A. S. and P. Y. Kageyama. 1998. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia. Euphytica, 102: 29-35.
- Jinap, S., P. S. Dimick and R. Hollender. 1995. Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. Food Control, Vol. 6, No. 2: 105-110.
- Koko, K. L., D. Snoeck, T. T. Lekadou and A. A. Assiri. 2013. Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. Agroforest Syst, 87: 1043-1052.
- Lockwood, G . 1988. Cocoa Breeding and Seed Production.
- Murray, D. W. 1975. Shade and Nutrition. In G. A. R. Wood. Cocoa, 3rd Ed. Tropical Agriculture series. Longman, New York. 105-124 pp.
- Santosa, E., N. Sugiyama, S. Hikosaka, T. Takano and N. Kubata. 2005. Intercropping Practices in Cacao, Rubber and Timber Plantations in West Jawa, Indonesia. Jpn. J. Trop. Agr., 49 (1): 21-29.
- Somarriba, E., A. Su'arez-Islas, W. Calero-Borge, A. Villota, C. Castillo, S. Vilchez, O. deheuvelds and R. Cerda. 2014. Cocoa-timber agroforestry systems: *Theobroma cacao*-*Cordia alliodora* in Central America. Agroforest Syst.: DOI 10.1007/s10457-014-9692-7.
- Wintgens, J. N . 1991. Influence of genetic factors and agroclimatic conditions on the quality of cocoa. 2nd International Congress on Cocoa and Chocolate. May 1991, Munich.
- Wood, G. A. R. 1975. Cocoa. Tropical Agriculture series. Longman. London and New York.
- Wood, G.A.R. and R.A. Lass. 1985. Cocoa, 4th Ed, Tropical Agriculture Series. Longman, New York. 622 pp.
- Wu, J., W. Liu and C. Chen. 2016. Can intercropping with the world's three major beverage plants help improve the water use of rubber trees? Journal of Applied Ecology, 53: 1787-1799.

โครงการวิจัยและพัฒนาชาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร กองแผนงานและวิชาการ. (พฤศจิกายน 2558). IRRISTAT Version 92-1 และ 3/93. เอกสารประกอบคำบรรยายการฝึกอบรม หลักสูตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ, กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.

ขวัญจิรา ชีวานนท์. 2559. ชาน้ำมัน โครงการใหม่ของ มูลนิธิชัยพัฒนา. มูลนิธิชัยพัฒนา. สืบค้นจาก : https://www.chaipat.or.th/site_content/item/347-tea-oil.html. สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2564.
คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2523. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม. กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

ณัฐกร เสมสันทด. การขยายพันธุ์ไม้ป่า. 2553. งานวิจัยและจัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 35 หน้า

ศราวุธ พานทอง. 2555. การศึกษาชีววิทยาของดอก การพัฒนาของผล และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดชา น้ำมันดอกชา. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน. เชียงใหม่. บัณฑิตวิทยาลัยแม่โจ้.

ศศิธร วรปิตรังสี และคณะ. 2558. การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตชาน้ำมัน. ในรายงานผลงาน เรื่องเติมการทดลองสิ้นสุด ปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมพล นิลเวศน์. 2553. รายงานการฝึกอบรมชาน้ำมันหลักสูตร “2010 International Training Workshop on High-yield Cultivation Techniques of Oil-tea Camellia (*Camellia oleifera*)” ระหว่างวันที่ 9-28 สิงหาคม 2553 ณ เมืองฉางซา มณฑลหูหนาน ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน.

สมพล นิลเวศน์. การวิจัยและพัฒนาชาน้ำมัน (Research and Development on Camellia Oil Tea). 2558. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 64 หน้า

สายชล เกตุชา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาพืชสวน. นครปฐม. 364 หน้า.

สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิมพะยอม. 2559. การศึกษาคุณภาพเมล็ดชาน้ำมัน (*Camellia oleifera*) และ น้ำมันเมล็ดชา. ว.วิชาการเกษตร. 34(3): 270-285.

อุทัย นพคุณวงศ์ พิจิตร ศรีปิ่นตา สมพล นิลเวศน์ และ ฉัตรนภา ช่มอาวุธ. 2553. รายงานการไปราชการ ประชุม สัมมนา ศึกษา ฝึกอบรมปฏิบัติการวิจัย ดูงาน ณ ต่างประเทศ และการปฏิบัติงานองค์กรระหว่างประเทศ ของสำนักงานความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (สพร.) ภายใต้โครงการ Collaboration Project of Camellia Oil Tea Development in Thailand and China หมายเลข 19-511J) ระหว่างวันที่ 14-22 ธันวาคม 2553 ณ มณฑล Zhejiang ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน. 13 หน้า.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press, Melbourne. Sydney. Australia. 218 pps.

Wang, L., S. C. Frank, X. W. Xiaoru and Y. He. 2005. Feasibility study of quantifying and discriminating soybean oil adulteration in camellia oils by attenuated total reflectance MIR and fiber optic diffuse reflectance NIR. Food Chemistry 95: 529-536

แผนงานย่อยที่ 3 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอต่อความต้องการ

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. เขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจมะพร้าว. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน สืบค้นจาก <http://www.idd.go.th> [20 มกราคม 2555].

วรรณภา เสนาดี. 2559. มะพร้าวน้ำหอมอินทรีย์ ดาวเด่นของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลส่งออกจังหวัดราชบุรี. เกษตรการเกษตร 40(12): 139-141.

สมชาย วัฒนโยธิน. 2555. เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวลูกผสมพันธุ์ดี. ใน เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการมะพร้าวเรื่อง “มะพร้าว พืชเศรษฐกิจเพื่อสุขภาพและความงาม” ณ โรงแรมฮอติเดย์อินน์ จ.เชียงใหม่ 17 – 18 กุมภาพันธ์ 2555.

อัมพร วิโนทัย, พชรวิวัฒน์ จงจิตเมตต์, วลัยพร ศะศิประภา, ยິงนิม รียาพันธ์, สุวัฒน์ พูลพาน, สุเทพ สหยา, พงศธิชาติ ปุณณวัฒน์, เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์, ไพบูรณ์ เปรียบยิ่ง, นริรัตน์ ชูช่วย, พชรพร หนูวิสัย, ประภาพร ฉันทานุมัติ, ดารากร เผ่าชู, สุนี ศรีสิงห์, อุดม วงศ์ชนะภัย, ปิยนุช นาคะ, วีรา คล้ายพุก, หยกทิพย์ สุดา รีย์, ภัสชญ์ หมั่นแจ้ง และโกมินทร์ วิโรจน์วัฒนกุล. 2560 การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

De Nuce de Lamothe, M. 1990. Coconut research progress and prospects (1). Oleagineux 45(3): 119-129.

Syed K amaruddin, S.W.1997. Technologies on environment-friendly young tender coconut, environment friendly coconut and coconut products, pp. 34-42. In Proceeding of the XXXIV Cocotech Meeting, Manila, Philippines.

แผนงานย่อยที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

เกรียงศักดิ์ นักผูก, สถิตย์พงศ์ รัตนคำ,สมพล นิลเวศน์,และสมเดช ไทยแท้ 2559 พัฒนาและทดสอบเครื่องนวดทรงกระบอกสำหรับชาเขียว วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47 (3พิเศษ):421-424

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):462-465

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลตู้อบแห้งชาเขียวลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):466-469

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบไอน้ำชาเขียวระดับเกษตรกร วารสารวิชาการเกษตร 29 (2) 170-181

- เวียง อากรซี พิมล วุฒิสินธ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสต้าแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัยฉบับเต็ม, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เวียง อากรซี, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, วิบูลย์ เทเพนทร์, อนุชา เชาว์โชติ, อุทัย ธาณี, อัศพล เสนาณรงค์. 2559. การศึกษาการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (2559), 39-45 น.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2560. คู่มือโครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งการใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ปี 2560. สืบค้น 23 เมษายน 2561 จาก <http://www.solardryerdede.com/wp-content/uploads/2017/01/2560.pdf>
- กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการ "กาแฟ" ลำดับที่ 17
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2552 ขา แหล่งที่มา voc.dip.go.th/download/report3.pdf (14 พ.ค. 2558)
- ชนิตา ศิริรัตน์ และ พิไลรัก อินธิปัญญา. 2552. การผลิตน้ำผึ้งจากน้ำผึ้งดอกทานตะวันโดยการอบแห้งแบบสุญญากาศและแบบแช่เยือกแข็ง. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์.
- ประพันธ์พงษ์ สมศิลา, อำไพศักดิ์ ทิบุญมา, ประทีป ตุ่มทอง, สุริยา อุดดิ่งและมานะ วิฆาณม. 2555. ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์. ว. วิทย์. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 212-215 (2555)
- ปรีชา ศรีประภาคาร. 2558. การศึกษาการใช้ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษา : ตำบลหนองผักตบ อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด. การงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. ปีพ.ศ. 2547. 80 หน้า.
- พงษ์ศักดิ์ อังกลีทธิและบัณฑิต วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตอาราบิก้าที่. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า
- พงษ์ศักดิ์ อังกลีทธิ และบัณฑิต วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอาราบิก้าที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.
- พงษ์ศักดิ์ อังกลีทธิ และบัณฑิต วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอาราบิก้าที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.
- พิมล วุฒิสินธ์และคณะ. 2557. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด วิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟ, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร. 16 หน้า.
- มานพ หาญทวี. 2545ก. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอาราบิก้า. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.
- มานพ หาญทวี. 2545ข. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอาราบิก้า. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 56 หน้า.

- วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ภู่งาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า
- วสันต์ จินดา และพรชัย เพชรสงคราม. 2559. ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2560.
- วันไชย คำเสน,อานาจ ผัดวัง,ชูธง สัมมัตตะ,จิรพนธ์ ทาแกง, พงศกร สุรินทร์,สรายุทธ มาลัยพันธ์. 2559. โรงเรือนอบแห้งพลังงานร่วมด้วยรังสีแสงอาทิตย์และไฟฟ้า. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54
- วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล.รศ.ดร. 2529. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัท ซีอีดี ยูเคชั่น จำกัด.กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดรักพิมพ์.
- สมพล นิลเวศน์, ฉัตรดนยา ชุ่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ, นงคราญ โชติอิมอุดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์, 2558 เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สั๊กมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. 2551. การอบแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, ชีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อังวณิช 2550 การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา <http://www.teainstitutemfu.com/document/TR8.pdf> (11 ก.ย. 2557)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. หน้า 90-93.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอาราบิก้า (มกษ. 5701-2553). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 44 หน้า.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2561. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพฯ. 230 หน้า.
- สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล, จุฑารัตน์ ทะสระระ, เณลิมา ปานมา , รัชนิกร นำชัย และ ยุทธนา ฐิระวณิชกุล.2554. ปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน.งานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554
- อำไพศักดิ์ ทิบุญมา และ ศักชัย จงจำ. 2553. การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15 (2553) 2. หน้า 76-86.

- Degradation in Carrot Undergoing Different Drying Processes”, Journal of Food Science, Vol.70, No.8, pp.520-526
- Hunt, D. (1977). Farm power and machinery management: laboratory manual and work book/donnell hunt (No. S711. H 86 1973.). Iowa University. Ames. US.
- Sivetz, M. and N.W. Desrosier. 1979. Coffee Technology. The A VI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut 716 pp.
- Suvarnakuta, S., Davahastin, S., and Mujumdar, A.S, 2005, “Drying Kinetics and β -carotene
- Vincent. 1989. Gitimu 1995. Bui Hai Nhi 1997. Schoenholt. 1999

โครงเตี่ยวที่ 4 ศึกษาและทดสอบพันธุ์มะกอกน้ำมัน (ระยะที่ 2)

งานศึกษาทดลองปลูกมะกอกโอลีฟ (*Olea europaea* L.), 1 สิงหาคม 2553. (ออนไลน์) สืบค้นจาก http://www.rspg.thaigov.net/experimental_project/olive/olive12.htm.

สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553. รายงานความก้าวหน้ามะกอกน้ำมันที่นำมาปลูกในประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร. 10 หน้า

สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553. รายงานสรุปการประชุม เรื่อง การติดตามและประเมินผล การปลูกมะกอกน้ำมันในประเทศไทย วันที่ 13 กรกฎาคม 2553 ณ ห้องประชุม 321 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

Arji, I. 2015. Determining of growth and yield performance in some olive cultivars in warm conditions. Biological Forum, 7(1), 1865-1870.

Australian Olive Association Ltd. Growing Olive in Australia. Available Source :

<http://www.aceitesborges.es/english/sa-aceitunas.php....6/6/2550>) The Australian Olive Association. 7 p.

Australia Plants Olive Nursery. Olive Varieties. Available Source :

<http://www.australisplants.com.au/olives/olivevarieties.htm> สืบค้นเมื่อ 6 พฤษภาคม 2550. 4 p.

Breton, C., I. Souyris, P. Villemur and A. Berville. 2009. Oil accumulation kinetic along ripening in four olive cultivars varying for fruit size. OCL Vol. 16 (1 Jan-Feb 2009). Available Source : <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2009.0236>. 58-64 p.

Cimato, A., Baldini, A. & Moretti, R. (2001). Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche. ARSIA, Regione Toscana, Firenze.

Connor, D.J. & Fereres, E. (2005). The physiology of adaptation and yield expression on olive. Horticultural Reviews, 34: 155-229. Available Source :

http://digital.csic.es/bitstream/10261/11737/1/Connor_2005_The%20physiology%20of%20adaptation.pdf

- Denney J.O. and G.R. McEachern. 1983. An analysis of several climatic temperature variables dealing with olive reproduction. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 108: 578-581.
- Fernández, J.E. and F. Moreno. 1999. Water use by the olive tree. *J. Plant Prod.* 2: 101-162.
- Hackett, W.P. and H.T. Hartmann. 1967. The influence of temperature on floral initiation in olive. *Physiol. Plant.* 20: 430-436.
- Hartmann, H.T. 1953. Effect of winter chilling on fruitfulness and vegetative growth in olive. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62: 184-190.
- Hartmann, H.T. and I.C. Porlingis. 1958. Effect of difference amounts of winter chilling on fruitfulness of several olive varieties. *Bot. Gaz.* 119: 102-104.
- Hartmann, H.T. and J.E. Whisler. 1975. Flower production in olive as influenced by various chilling temperature regimes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 100: 670-674.
- Krueger, W. H. (1994). Carbohydrate and Nitrogen assimilation. In: L. Ferguson, G. S. Sibbett & G. C. Martin (Ed), *Olive Production Manual*. (pp. 35-38). University of California Agriculture and Natural Resources.
- Manrique, T., H.F. Rapoport, J. Castro, and M. Paster. 1999. Mesocarp cell division and expansion in the growth of olive fruits. *Acta Hort.* 474:301-304.
- Mancuso, S. and Azzarello, E. (2002). Heat tolerance in olive. *Advances in Horticultural Science*, 16 (3-4), 125-130.
- Mariela Torres, P. Pierluigi, P. Seartes, M.C. Rousseaux, G. Garcia-Inza, A. Miserere, R. Bodoira, C. Contreras, and D. Maestri, 2017. Olive Cultivation in the Southern Hemisphere: Flowering, Water Requirements and Oil Quality Response to New Crop Environments. *Front. Plant Sci.* 8: 1830. Published online 2017 Oct 27.
- Olive. June 6, 2009. (Online) Available Source: <http://www.crfg.org/pubs/ff/olive.html>.
- Newton, C., J. F. Terral and S. Ivorra. 2006. The Egyptian olive (*Olea europaea* subsp. *europaea*) in the later first millennium BC: origins and history using the morphometric analysis of olive stones. Revised : 14 July 2005. *Antiquity* 80(2006) : 405-414 p. Available Source : http://www.researchgate.net/publication/310133258_Potentials_of_a_sustainable_olive_industry_in_Egypt.
- Osborne, C. P., Chuine, L., Viner, D. & Woodward, F. I. (2000). Olive phenology as a sensitive indicator of future climate warming in the Mediterranean. *Plant cell and Environment*, 23, 701-710.

- Pojanagaroon, S. and C. Kaewrak. 2003. Varietal trial and comparison of introduced olive (*Olea europaea* L.) in Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference, 3-7 February, 2003. Subject: Plants and Agricultural Extension and Communication 2003 pp. 146-153: (Online) Available Source : <http://www.cabdirect.org/abstracts/20033062506.html;jsessionid=4E5613CE62EB486C05C59A7B6C45E668>
- Qianwen, X., Z. Li, Z. Lanying and W. Kaizhi. 2009. Study on Olive development in China. American-Eurasian J. Agric. & Environ.Sci, 5(3): 414-419.
- Rallo, L. and R.Fernández-Escobar. 1985. Influence of cultivar and flower thinning within the inflorescence on competition among olive fruit. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110: 303-308.
- Rapoport, H.F. 1998. Botánica y morfología. P.34-60. In:D. Barranco, R. Fernández Escobar, and L. Rallo (eds.). El cultivo del olivo. Junta de Andalucía y Mundi –Prensa, Madrid.
- Rapoport, H.F. and L. Rallo. 1991a. Fruit set and enlargement in fertilized and unfertilized olive ovaries. Hort. Sci. 26: 896-898.
- Ritchie, J. T. & Ne Smith, D. S. (1991). Temperature and crop development. Agronomy Journal. 31, 5-29.
- Renowden, G., 1999. The Olive Book. Canterbury University Press. 146 p.
- Sari El Deen, Seif El Deen A., 2009. Cultivation and Olive Production. เอกสารประกอบการประชุมและการบรรยายพิเศษ เรื่อง การปลูกมะกอกน้ำมันในประเทศไทย วันที่ 22 มิถุนายน 2552 ณ ห้องประชุม โรงแรมลองบีช อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
- Vossen, P. , VARIETY AND MATURITY THE TWO LARGEST INFLUENCES ON OLIVE OIL QUALITY . University of California, Davis. Available Source : <http://cesonoma.ucdavis.edu/files/27177.pdf> . 4 p.
- Varieties of Olive. Available Source : <http://www.oliveoil.com/varieties.html> สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2550
- Young, P. C. & Lees, J. (1992). The active mixing volume: a new concept in modelling environmental systems. In: V. Barnett & R. Tuekman (Edi), Statistics for the environment. (pp. 3-43). Wiley, Chichester.

โครงการเดี่ยวที่ 6. วิจัยและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ ระยะที่ 2

ประเสริฐ อนุพันธ์. 2530. แบบเสนอพันธุ์พืชเพื่อพิจารณารับรอง. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, มะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ ศก. 5-1 และ ศก. 5-10. 30 หน้า.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ ทวีเกียรติ ยิ้มสวัสดิ์ สพัส จินดาประเสริฐ ไพฑูรย์ กิจภาสงค์ และสมควร อินทรพาณิชย์.

2532. การปรับปรุงพันธุ์มะม่วงหิมพานต์. แก่นเกษตร 17 (4) : 226-23 กรมวิชาการเกษตร. 2542.

รายงานผลการวิจัย. สถาบันวิจัยพืชสวน

สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ อุทัย นพคุณวงศ์ ประเสริฐ อนุพันธ์ และปรีชา เขยชุม. 2542. ศึกษาและคัดเลือกพันธุ์มะม่วง

หิมพานต์จากต่างประเทศ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืช

สวน กรมวิชาการเกษตร. 167-170

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการค้าการเกษตรไทยกับต่างประเทศ. หน้า 28.

อุทัย นพคุณวงศ์ สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ รักชัย คุรุบรรเจตจิต วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ รัตนภรณ์ รัตนานุกุล ประสิทธิ์

ไชยวัฒน์ และประเสริฐ อนุพันธ์. 2542. การเปรียบเทียบมะม่วงหิมพานต์ลูกผสม. รายงานผลงานวิจัย

ประจำปี 2542. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 146-152

J.G. (1979) Cashew. Dept. of Agri. Res., Royal Tropical Institute, Amsterdam. 260 p.

Dept. of Agriculture. (1987). The Cashew Seminar. DOA 26-27 June 1989, Bangkok. 210 p.

โครงการเดี่ยวที่ 7. วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง

สมพล นิลเวศน์, ฉัตรดนยา ชุ่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์

ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ, นงคราญ โชติอัมมอดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์,

2558 เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรม

วิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สัมพันธ์ ไชยเทพและสามารถ วาวิชจรเกียรติ, 2547 การวิเคราะห์การกระจายของอุณหภูมิและประสิทธิภาพเชิง

ความร้อนของเครื่องคั่วใบชาแบบต่อเนื่อง การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย

ไทย ครั้งที่ 18 , 18-20 ตุลาคม 2547 จ.ขอนแก่น (5 หน้า)

วรวิทย์ อังภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

กรุงเทพฯ 451 หน้า

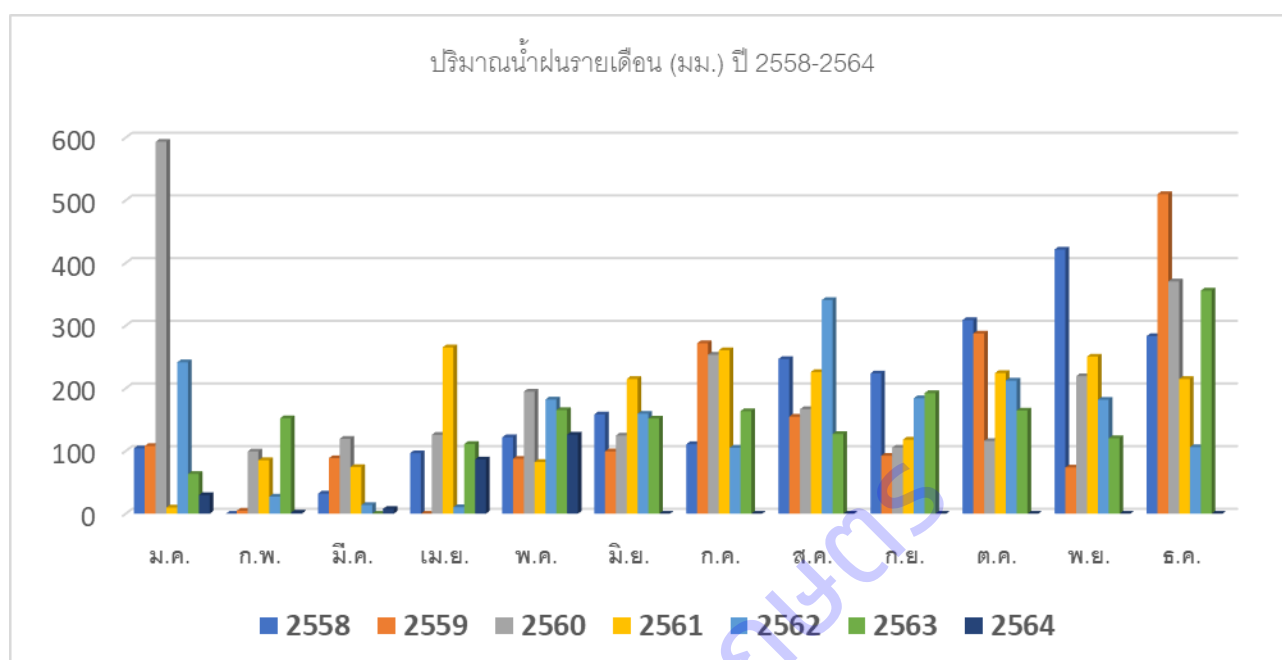
สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, อีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิช 2550 การศึกษา

สถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา <http://www.teainstitutemfu.com/document/TR8.pdf> (11 ก.ย. 2557)

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2552 ชา แหล่งที่มา <http://www.boc.dip.go.th/download/report3.pdf> (14 พ.ค. 2558)

ภาคผนวก

โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา



ภาพที่ ก แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มม.) ปี 2558-2564 จังหวัดชุมพร

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอาราบิก้าโดย Somatic Embryogenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม



ก) เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง



ข) เครื่องวัดความเข้มแสง



ค) เครื่องวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

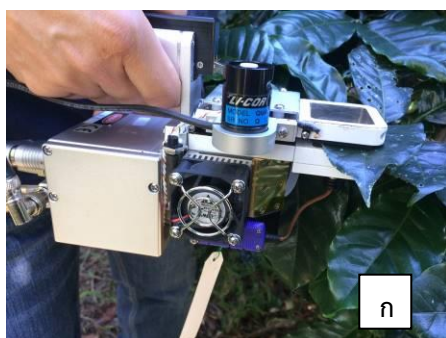


ง) เครื่องบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ



จ) เครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ

ภาพภาคผนวกที่ ก อุปกรณ์บันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยา และสภาพแวดล้อม



ก



ข



ค



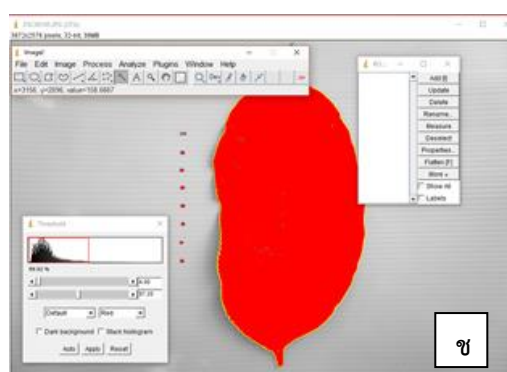
ง



จ



ฉ



ช

ภาพภาคผนวกที่ ข การวัดการสังเคราะห์แสง การคายน้ำของใบกาแพในรอบวัน(ก) การวัดการตอบสนองต่อแสงของใบกาแพด้วยแสง LED (ข) เครื่องวัดและการวัดดัชนีพื้นที่ใบ (ค, ง) การวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาด้วยเครื่องวัดการสังเคราะห์แสง(จ) การถ่ายภาพใบกาแพและการใช้โปรแกรมในการประเมินพื้นที่ใบกาแพ (ฉ,ช)

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยว

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยว

มูลค่าเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยว (P)	45,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องจักรกลเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยว	$= (P-L)/N$	
	$= (45,000 - 0)/10$	บาท/ปี
	$= 4,500$	บาท/ปี

- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)

ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	$= [(P+L)/2] \times i$	
	$= [(45,000+0)/2] \times 0.1$	บาท/ปี
	$= 2,250$	บาท/ปี
ดังนั้น ต้นทุนคงที่รวม	$= 4,500+2,250$	บาท/ปี
	$= 6,750$	บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

- ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 2 คน 300 บาท/คน เวลา 90 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน	$= 2 \times 300 \times 90$	บาท/ปี
	$= 54,000$	บาท/ปี

- ค่าน้ำ

ไม่มีค่าใช้จ่าย

- ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 4.5 W-h/Kg

มีอัตราการทำงานเฉลี่ย 701 Kg/h

พลังงานไฟฟ้า	$= 4.5 \times 701$	วัตต์
	$= 3,154.5$	วัตต์
ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง	$= 3,154.5 \times 5$	วัตต์×ชั่วโมง/วัน
	$= 15,773$	กิโลวัตต์×ชั่วโมง/วัน

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า	$= 15,773 \times 90 \times 3.5$	บาท/ปี

	= 4,968.5	บาท/ปี
- ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= $0.05 \times 45,000$	บาท/ปี
	= 2,250	บาท/ปี
- ต้นทุนผันแปรรวม	= 61,218.5	บาท/ปี
- ต้นทุนรวมทั้งหมด	= $6,750 + 61,218.5$	บาท/ปี
	= 67,968.5	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ฤดูกาล มีปริมาณกาแฟ	= $650 \times 5 \times 90$	กิโลกรัม/ปี
	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
- ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= $67,968.5 / 292,500$	กิโลกรัม/ปี
	= 0.23	บาท/กิโลกรัม

การคำนวณจุดคุ้มทุน

ราคาค่าจ้างในการขัดล้างเมือกกาแฟ	= 0.5	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 0.23	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 0.27	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณกาแฟ	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	$0.5 \times N = 0.23 \times 292,500$	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 134,550	กิโลกรัม/ปี
คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมือกกาแฟ*	= 134,550	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง	= $(292,500 - 134,550) \times 0.27$	บาท/ปี
	= 42,646.5	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= $45,000 / 42,646.5$	ปี
	= 1.05	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= $(\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ} / \text{มูลค่าเครื่อง}) \times 100$	%
	= $(42,646.5 / 45,000) \times 100$	%
	= 94.77	%/ปี

หมายเหตุ: คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมล็ดกาแฟเมือก 134,550 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นกาแฟผลสด 236,053 กิโลกรัม/ปี

โครงการวิจัยและพัฒนาขาน้ำมัน (ระยะที่ 2)

ตารางภาคผนวกที่ ก ชนิดของแมลงศัตรู การเข้าทำลาย จากการสำรวจบนยอดขาน้ำมัน ประจำปี 2563 ณ แปลงขาน้ำมันศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย)

แมลงที่พบบนยอดขาน้ำมัน	ม.ค.-63	ก.พ.-63	มี.ค.-63	เม.ย.-63	พ.ค.-63	มิ.ย.-63	ก.ค.-63	ส.ค.-63	ก.ย.-53	ต.ค.-63	พ.ย.-63	ธ.ค.-63	เฉลี่ย (ตัว/ต้น)
เพลี้ยจักจั่นเขียวชา	1.25	0.70	-	0.30	0.10	0.30	-	-	0.15	0.25	1.70	-	0.40
เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง	3.65	1.70	-	-	0.25	0.85	-	1.55	3.05	-	-	1.00	1.00
เพลี้ยไฟพริก	-	-	1.35	4.80	1.25	1.10	0.50	1.95	-	0.95	0.25	1.95	1.18
หนอนม้วนใบ	0.10	-	-	1.45	-	0.15	0.65	-	-	1.30	1.45	0.30	0.45
หนอนบุ้ง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-	-
แมลงวันหนอนซอนใบ	0.25	-	0.10	-	-	-	-	-	0.25	-	-	-	0.05
แมลงค่อมทอง	-	-	-	-	-	-	0.45	0.05	-	-	0.55	0.10	0.10

ตารางภาคผนวกที่ ข ชนิดของแมลงศัตรู การเข้าทำลาย จากการสำรวจบนยอดขาน้ำมัน ประจำปี 2563 ณ แปลงขาน้ำมันศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

แมลงที่พบบนยอดขาน้ำมัน	ม.ค.-63	ก.พ.-63	มี.ค.-63	เม.ย.-63	พ.ค.-63	มิ.ย.-63	ก.ค.-63	ส.ค.-63	ก.ย.-53	ต.ค.-63	พ.ย.-63	ธ.ค.-63	เฉลี่ย (ตัว/ต้น)
เพลี้ยอ่อนถั่วเหลือง	-	0.30	0.45	-	0.15	0.85	-	0.90	-	0.4	-	-	0.25
เพลี้ยจักจั่นเขียวชา	-	0.60	-	2.10	0.20	1.20	2.40	2.25	3.45	-	1.85	-	1.17
เพลี้ยไฟพริก	-	-	2.05	3.60	2.45	1.15	2.50	-	-	1.00	0.15	1.00	1.16
หนอนม้วนใบ	0.25	-	0.25	0.50	0.10	0.10	-	-	0.25	1.10	0.40	0.35	0.28
หนอนบุ้ง	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-	-	-	0.05	-	-
แมลงวันหนอนซอนใบ	0.20	-	-	-	-	-	-	0.15	0.50	-	-	0.25	0.09

ตารางภาคผนวกที่ ค ชนิดของแมลงศัตรู การเข้าทำลาย จากการสำรวจบนยอดขาน้ำมัน ประจำปี 2564 ณ แปลงขาน้ำมันศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย)

แมลงที่พบบนยอดขาน้ำมัน	ม.ค.-64	ก.พ.-64	มี.ค.-64	เม.ย.-64	พ.ค.-64	มิ.ย.-64	ก.ค.-64	ส.ค.-64	ก.ย.-54	เฉลี่ย (ตัว/ ต้น)
เพลี้ยจักจั่นเขียวชา	-	-	-	-	0.25	0.15	0.25	-	-	0.07
เพลี้ยอ่อนตัวเหลือง	2.45	0.90	2.35	4.20	-	3.35	4.95	2.25	1.10	2.39
เพลี้ยไฟพริก	0.35	0.75	-	-	1.70	0.40	-	-	-	0.36
หนอนม้วนใบ	0.15	1.15	1.15	1.05	-	-	-	-	-	0.39
แมลงวันหนอนขอนใบ	-	0.15	0.75	0.85	-	-	-	-	-	0.19
หนอนบุ้ง	0.45	0.05	-	0.25	-	0.35	0.10	0.10	0.65	0.22
แมลงค่อมทอง	-	-	0.10	-	-	-	0.35	0.10	0.20	0.08
มวนหลังเต่าชา	-	-	-	-	0.25	0.15	0.25	-	-	0.07

ตารางภาคผนวกที่ ง ชนิดของแมลงศัตรู การเข้าทำลาย จากการสำรวจบนยอดขาน้ำมัน ประจำปี 2564 ณ แปลงขาน้ำมันศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

แมลงที่พบบนยอดขาน้ำมัน	ม.ค.-64	ก.พ.-64	มี.ค.-64	เม.ย.-64	พ.ค.-64	มิ.ย.-64	ก.ค.-64	ส.ค.-64	ก.ย.-54	เฉลี่ย (ตัว/ ต้น)
เพลี้ยจักจั่นเขียวชา	-	-	0.15	0.75	2.55	0.10	0.15	0.85	0.15	0.52
เพลี้ยอ่อนตัวเหลือง	1.50	0.90	2.35	2.25	7.15	14.95	2.30	0.90	2.05	3.82
เพลี้ยไฟพริก	0.75	1.05	0.25	0.40	-	-	-	-	-	0.27
หนอนม้วนใบ	0.60	0.90	0.70	0.60	1.70	-	-	-	-	0.50
หนอนบุ้ง	-	-	-	0.05	-	0.10	0.05	0.05	-	0.03
แมลงค่อมทอง	-	-	-	0.05	-	0.20	0.15	1.75	0.05	0.24
มวนหลังเต่าชา	-	-	-	0.05	-	0.25	0.60	0.20	-	0.12

โครงการวิจัยและพัฒนาชา



เจาะเหม



0686



0689



0706



0711



0715



0719



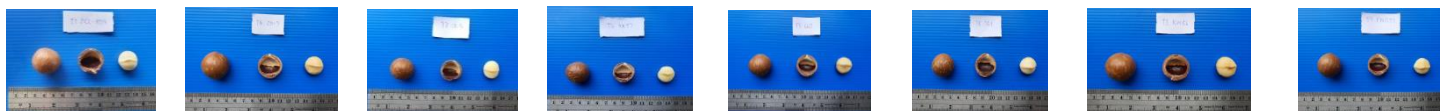
0720

ภาพภาคผนวกที่ ก ลักษณะต้นชาอัสสัมที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 8 สายต้น

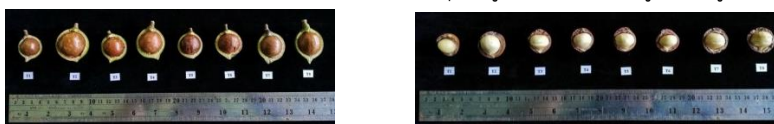
โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย



ภาพภาคผนวกที่ ข ลักษณะผลของมะคาเดเมียแต่ละพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ความสูงจากระดับน้ำทะเล 400 เมตร

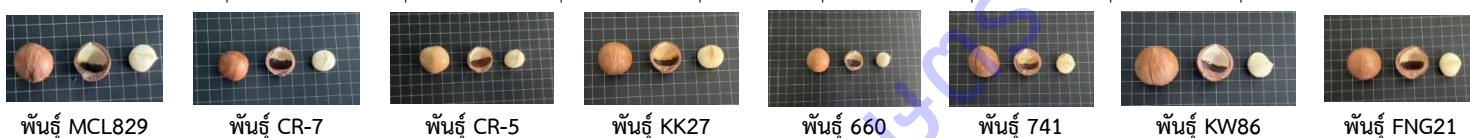


ภาพภาคผนวกที่ ค ลักษณะผลกลาและเนื้อในของมะคาเดเมีย จำนวน 8 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 750 เมตร

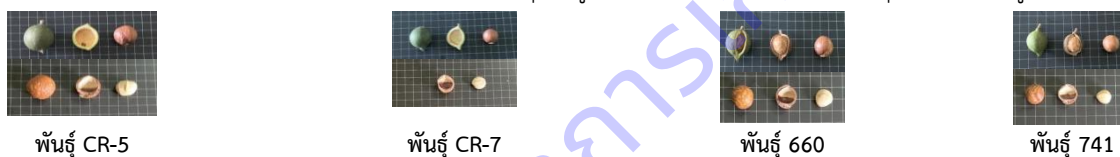


ภาพภาคผนวกที่ ง ลักษณะของผลและกะลามะคาเดเมียทั้ง 8 พันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย ความสูงจากระดับน้ำทะเล 900 เมตร

T1 : พันธุ์ MCL-829 T2 : พันธุ์ KW-86 T3 : พันธุ์ CR-7 T4 : พันธุ์ 660 T5 : พันธุ์ KK-27 T6 : พันธุ์ CR-5 T7 : พันธุ์ 741 T8 : พันธุ์ FNG-21



ภาพภาคผนวกที่ จ ลักษณะกะลาของมะคาเดเมียแต่ละพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 เมตร



ภาพภาคผนวกที่ ฉ ผลผลิตมะคาเดเมียแต่ละสายพันธุ์ แปลงมะคาเดเมีย อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



ภาพภาคผนวกที่ ช ผลผลิตมะคาเดเมียแต่ละสายพันธุ์ ณ แปลงมะคาเดเมีย อ.แม่สอด จ.ตาก



(ก) เตรียมสารละลาย IBA



(ข) ทาบกิ่งแบบเสียบข้าง



(ค) หลังทาบน้ำลงถุงเพาะ

ภาพภาคผนวกที่ ซ การทาบกิ่งมะคาเดเมีย



(ก) ต้นกล้าหลังเพาะเมล็ดอายุ 1 เดือน



(ข) คว้นกิ่งทิ้งไว้ ตามกรรมวิธี



(ค) ต้นพันธุ์ดีหลังเสียบกิ่งแบบเสียบลิ่ม



(ง) หลังเสียบกิ่ง 1 เดือนครึ่ง

ภาพภาคผนวกที่ ฉ การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย

โครงการวิจัยและพัฒนาชาน้ำมัน (ระยะที่ 2)



กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด



กรรมวิธีที่ 2 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง



กรรมวิธีที่ 3 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ T budding



กรรมวิธีที่ 4 ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาแบบ Ship budding

ภาพภาคผนวกที่ ๓ การขยายพันธุ์ต้นชาน้ำมันของทั้ง 4 กรรมวิธี ในการทดลองการศึกษากการขยายพันธุ์ชาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ต้นชาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ



กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด



กรรมวิธีที่ 2 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง

ภาพภาคผนวกที่ ๓ ลักษณะต้น และดอกของต้นชาน้ำมัน ในการทดลองการศึกษการขยายพันธุ์ชาน้ำมัน ด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์บนต้นชาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ



กรรมวิธีที่ 1 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอด



กรรมวิธีที่ 2 ขยายพันธุ์ด้วยการเสียบข้าง

ภาพภาคผนวกที่ ๓ ลักษณะผลผลิตขาน้ำมัน ในการทดลองการศึกษการขยายพันธุ์ขาน้ำมันด้วยเปลี่ยนยอดพันธุ์ ดิบตันขาน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่ำ



ภาพภาคผนวกที่ ฐ คัดเลือกต้นที่มีลักษณะ ขนาดที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด



ภาพภาคผนวกที่ ๗ รอยแผลจากการควั่นครั้งก่อนหน้านี้

ภาพภาคผนวกที่ ๘ รอยแผล
ใหม่จากการควั่นซ้ำ



ภาพภาคผนวกที่ ๙ รูปแบบการควั่นของต้นชาน้ำมันพันธุ์ *C. gaucowensis*



ภาพภาคผนวกที่ ๑๐ เตรียมสารเคมี ตามกรรมวิธี



ภาพภาคผนวกที่ ต พ่นสารเคมีในเดือนสิงหาคม 2561



ภาพภาคผนวกที่ ถ ผลของต้นชาน้ำมันพันธุ์ *C. gaucowensis* ที่ติดผล



ติดป้ายดอก



ดอกเริ่มบานและการติดป้ายดอก



ผลชาน้ำมันอายุ 1 สัปดาห์

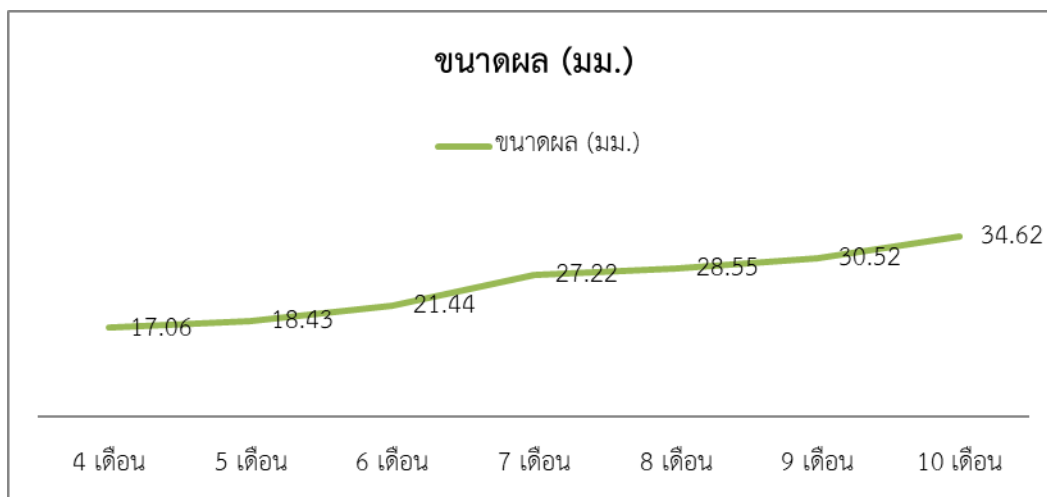


ผลชาน้ำมันอายุ 6 สัปดาห์

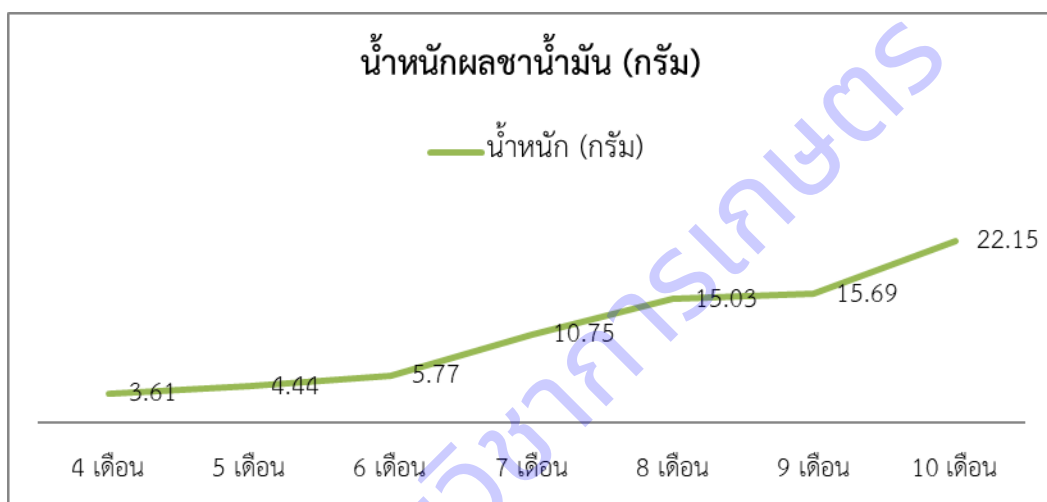


ผลชาน้ำมันอายุ 8 สัปดาห์

ภาพภาคผนวกที่ ท การเจริญเติบโตและการพัฒนาของขนาดผลชาน้ำมัน อายุ 4-10 เดือน



ภาพภาคผนวกที่ ๕ การพัฒนาการเจริญเติบโตด้านขนาดของผลชาน้ำมัน อายุ 4-10 เดือน



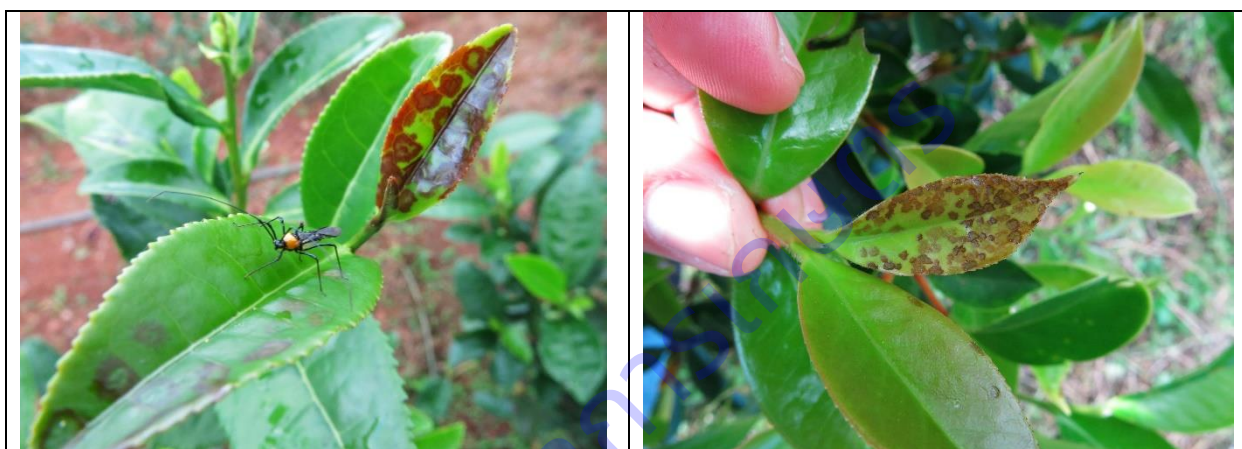
ภาพภาคผนวกที่ ๖ การพัฒนาการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของผลชาน้ำมัน อายุ 4-10 เดือน



ภาพภาคผนวกที่ ๖ การสำรวจแมลงศัตรูชาในพื้นที่แปลงชา ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (โป่งน้อย) อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่



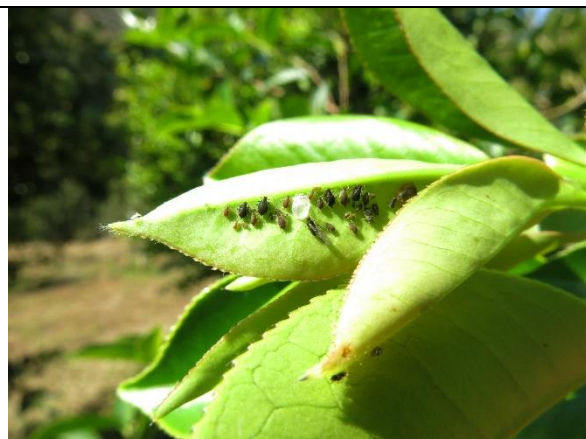
ภาพภาคผนวกที่ ป การสำรวจแมลงศัตรูชาในพื้นที่แปลงชา ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่



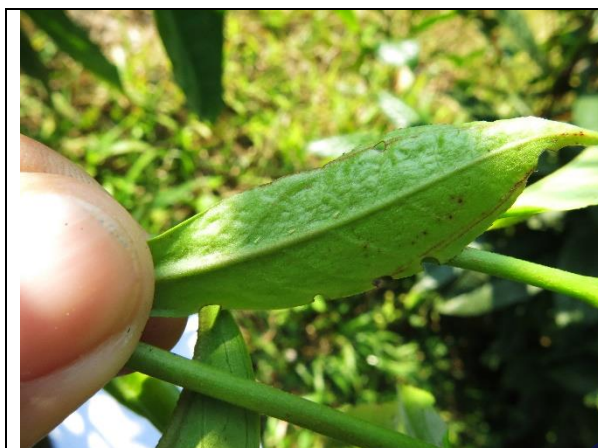
ภาพภาคผนวกที่ ผ ลักษณะของมวนยุงชา *Helopeltis* spp. และการเข้าทำลาย



ภาพภาคผนวกที่ ฝ ลักษณะตัวอ่อนของมวนหลังเต่าชา *Poecilocoris latus* Dallas และการเข้าทำลาย



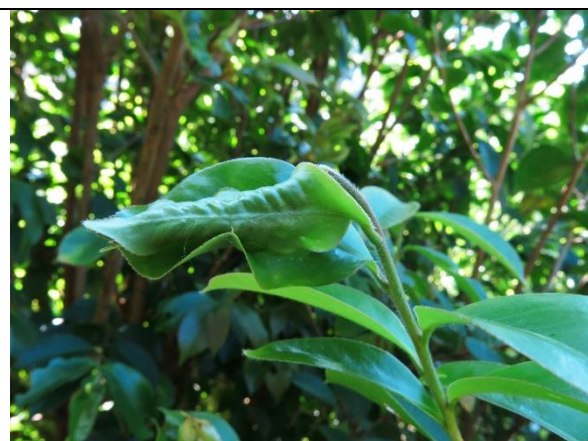
ภาพภาคผนวกที่ พ ลักษณะของเพลี้ยอ่อนฝ้าย *Aphis gossypii* Glover และการเข้าทำลาย



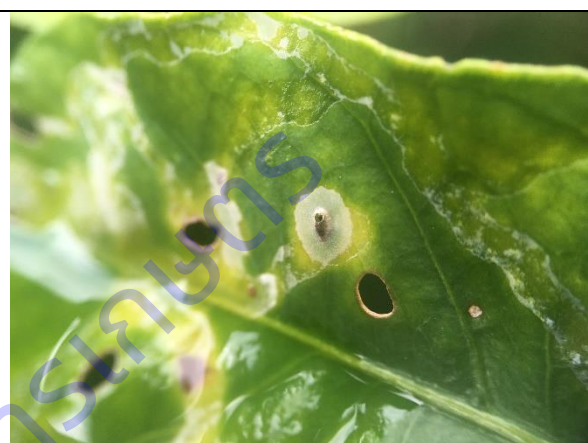
ภาพภาคผนวกที่ พ ลักษณะของเพลี้ยจักจั่นเขียวชา *Jacobiasca formosana* (Paoli) และการเข้าทำลาย



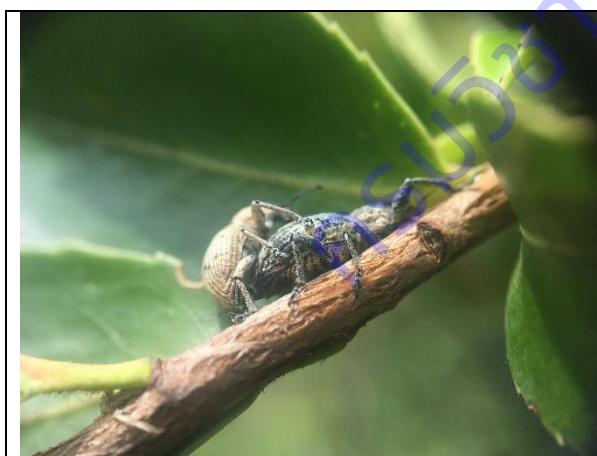
ภาพภาคผนวกที่ ภ ลักษณะการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* Hood



ภาพภาคผนวกที่ ม ลักษณะของหนอนมันใบ *Homona coffearia* (Nietner) และการเข้าทำลาย



ภาพภาคผนวกที่ ย ลักษณะของแมลงวันหนอนชอนใบ *Liriomyza* sp. และการเข้าทำลาย



ภาพภาคผนวกที่ ร ลักษณะของแมลงค่อมทอง *Hypomeces squamosus* Fabricius (Green weevil) และการเข้าทำลาย



ภาพภาคผนวกที่ ๓ ลักษณะของหนอนบุ้ง *Euproctis* sp. (The hairy-Caterpillar Moths) และการเข้าทำลาย

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง

คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 1

ในการออกแบบสร้างเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้ม เพลาส่งกำลัง และโซโรลเลอร์ ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และสมการที่ใช้ในการคำนวณ ได้จากตำรา การออกแบบเครื่องจักรกล 2 (วรวิทย์ และชาญ 2556)

เลือกใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อสายพานรอง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป
เลือกใช้ล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 102 มม (4 นิ้ว) และล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 203 มม (8 นิ้ว)

$$\text{อัตราทด } m_w = D_p / d_p = n_1 / n_2 = 203 / 102 = 1.99$$

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(102 + 203) = 610 \text{ มม}$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(102 + 203) = 213.5 \text{ มม}$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 500$ มม

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p - d_p) + (D_p - d_p)^2 / 4C$$

$$L_p = 2(500) + 1.57(203 + 102) + (203 + 102)^2 / 4(500) = 1525.36 \text{ มม}$$

เลือกใช้สายพาน 1526 มม

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง เพื่อหาค่าแก้ไขส่วนโค้ง

$$C \approx p + (p^2 - q)^{1/2}$$

$$p \approx 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p)$$

$$p \approx 0.25(1526) - 0.393(203 + 102) = 261.64$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 0.125(203 - 102)^2 = 1275.13$$

แทนค่ากลับหาค่า $C = 520.83$ มม

$$\text{หาค่า } (D_p - d_p)/C = (203 - 102) / 520.83 = 0.19$$

จากตาราง 10.21 ได้ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง $N_a = 0.97$

จากตาราง 10.25 เลือกค่า $L_p = 1642$ มม ได้ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน $N_l = 0.91$

สำหรับล้อสายพาน 102 มม อัตราทด 1.99 และ $n_1 = 1450$ rpm (เทียบเคียงจากล้อสายพาน A)

ได้ $P_R = 1.75$ การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ้มที่ใช้ เลือก $N_s = 1.3$ จากตาราง 10.20

$$Z = \frac{w_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l} \quad (1)$$

$$Z = 1.5 \times 1.3 / 1.75 \times 0.97 \times 0.91 = 1.25 \text{ เส้น}$$

เลือกใช้สายพานลิ้ม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

คำนวณหาค่ามุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(D_p - d_p / 2C)$$

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(203 - 102 / 2 \times 520.83) = 168.87 \text{ องศา}$$

คำนวณความเร็วของสายพาน $v = \pi d_p n$

$$v = \pi \times 102 \times 1450 / 1000 \times 60 = 7.74 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง $F = W_p / v$

$$F = 1.5 \times 1000 / 7.74 = 193.80 \text{ นิวตัน}$$

$k_1 = 2$ (ตาราง 10.18 ตัวประกอบการใช้งาน ในกรณี งานหนัก แรงกระตุก)

$k_2 = 0.385$ (ตาราง 10.19 ตัวประกอบหน้าตัดสายพาน B)

แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

$$F_i = (k_1 F + k_2 v^2) \sin \infty / 2 \quad (2)$$

$$F_i = (2 \times 193.80 + 2 \times 0.385 \times 59.91) \times 0.9953 = 433.73 \text{ นิวตัน}$$

คำนวณหาขนาดโซ่ มีจำนวนฟันของฟันเนียน (Z) มี 13 ฟัน เพลาขับ (n_1) 729 รอบ/นาที มีอัตราทดเท่ากับ (n_w) 1.99 ต้นกำลังในการขับ 1.5 กิโลวัตต์

จากตาราง 11.5 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำ เลือกแรงกระทำกระตุกปานกลาง $N_s = 1.79$

กำลังที่ใช้เลือกขนาดโซ่

$$P = W_p \times N_s = 1.5 \times 1000 \times 1.79 = 2685 \text{ วัตต์}$$

จากตาราง 11.18 เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 12.70 มิลลิเมตร

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

หาค่าความเร็วของโซ่

$$v = pZn = 0.0127 \times 13 \times 729 / 60 = 2.01 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงในแนวสัมผัส

$$F_t = W_p / v = 1500 / 2.01 = 746.27 \text{ นิวตัน}$$

แรงย่อยในแนวของข้อโซ่ $w/g = 0.61$ กิโลกรัม/เมตร จากตาราง 11.1(ข)

$$F_{ct} = ww^2/g = 0.61 \times 2.01^2 = 2.47 \text{ นิวตัน}$$

แรงดึงในโซ่

$$F = F_t + F_{ct} = 746.27 + 2.47 = 748.74 \text{ นิวตัน}$$

ค่าความปลอดภัยในการใช้โซ่ ($F_b = 13.83$ กิโลนิวตัน จากตารางที่ 11.1)

$$N_b = F_b / F = 13.83 / 0.749 = 18.47$$

ดังนั้น โซ่ที่ใช้ส่งกำลังมีค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยที่แนะนำไว้ในทางทฤษฎี คือ 7-15 เมื่อเทียบกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 40

คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาสี้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.906 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาส่งกำลัง (σ_{yt}) 240 เมกะนิวตัน/ตารางเมตร

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วอร์ทซ์และชาญ, 2556)

$$P = 2\pi nT / 60 \quad (3)$$

โมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$

แรงดัดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

$$F = T / r = 9.88 / (0.203 / 2) = 97.34 \text{ นิวตัน}$$

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่แรงดัดของมอเตอร์กระทำต่อเพลาส่งกำลัง (M_{max}) ส่งผลให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤติที่ผิวนอกสุดของเพลาส่งกำลัง

$$M_{max} = FL = 97.34 \times 0.120 = 11.68 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$$

หาค่าความปลอดภัยของเพลาส่งกำลัง (N) ได้จากสมการข้างล่าง

$$\sigma_{yt} / N = 16 (4M^2 + 3T^2)^{1/2} / \pi d^3 \quad (4)$$

$$N = 240 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.038^3 / 16 (4 \times 11.68^2 + 3 \times 9.88^2)^{1/2} = 89.25$$

เพลาส่งกำลังที่เลือกใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่มอเตอร์ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิ้มส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลาส่งกำลัง ใช้สมการแสดงไว้ข้างล่างนี้

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (5)$$

โมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88$ นิวตัน • เมตร

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลางพิตเฟืองโซ่ตัวขับ 75 มม.)

$$F = \frac{T}{r} = 9.88 / (0.075/2) = 263.47 \text{ นิวตัน}$$

โมเมนต์บิดสูงสุดที่มอเตอร์กระทำต่อเพลากลียวอัด (T_{max}) ส่งผลให้เกิดแรงอัดส่งที่เกลียวสามารถอัดส่งวัสดุ (W)

เมื่อ $f_s = 0.15-0.25$ (จากตาราง 11.4) ในกรณี วัสดุเป็นเหล็ก และเส้นผ่านศูนย์กลางพิตเฟืองโซ่ตัวตาม 178 มม.

$$T_{max} = FR = 263.47 \times (0.178/2) = 23.45 \text{ นิวตัน • เมตร}$$

เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเกลียว 0.050 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.120 เมตร คำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลียว 0.085 เมตร เกลียวมีระยะพิต 0.055 เมตร หาค่ามุมเอียงของเกลียวได้ 11.64 องศา

$$T_{max} = \frac{wd_m}{2} \left[\frac{f_s - \tan \alpha}{1 - f_s \tan \alpha} \right] \quad (6)$$

$$W = 2 \times 23.45 \times (1 - 0.2 \tan 11.64) / 0.085 (0.2 \tan 11.64) = 88049.8 \text{ นิวตัน}$$

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวสามารถอัดส่งวัสดุเป็นแรงกระทำต่อเพลานี้ในแนวแกน (แรงกระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด) จึงสมมติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลากลียว เพลามีเส้นผ่านศูนย์กลางเสา 0.038 เมตร มีความยาว 0.500 เมตร ในกรณีการยึดปลายเป็นแบบ ยึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) วัสดุเหล็กเพลามีค่ายังโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาสถา (σ_y) 240 เมกะปาสกาล

$$\text{ตรวจสอบค่าความเพียวของเสาคือ } \frac{L_e}{k} = \left[\frac{2E\pi^2}{\sigma_y} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{L_e}{k} = \left[\frac{2 \times 207 \times 10^9 \times \pi^2}{240 \times 10^6} \right]^{\frac{1}{2}} = 130.41 \text{ มีค่ามากกว่า } 110 \text{ เป็นกรณีเสายาว}$$

$$\text{ใช้ความปลอดภัยใช้สูตรคำนวณสำหรับสกรูยาวของออยเลอร์ คือ } N = \frac{\pi^2 EI}{WL_e^2}$$

$$\text{ในกรณีหน้าตัดเป็นเสากลมมีค่าความเฉื่อยรอบแกน คือ } I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$N = \frac{\pi^3 \times 207 \times 10^9 \times 0.038^4}{64 \times 88049.8 \times (2 \times 0.500)^2} = 2.38$$

เกลียวอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่ง

คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 2

เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ ความต้องการระเหยน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ซึ่งมีเงื่อนไขเบื้องต้น

ชาฝรั่ง 20 kg

ความชื้นเริ่มต้น 70 % wb

ความชื้นสุดท้าย 13 % wb

$$W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

เมื่อ W_f คือ น้ำหนักชาหลังอบแห้ง, kg

W_i คือ น้ำหนักชาก่อนการอบแห้ง, kg

M_f คือ ความชื้นชาหลังการอบแห้ง, % wb

M_i คือ ความชื้นชาก่อนการอบแห้ง, % wb

แทนค่า $W_f = 20 \frac{(100 - 70)}{(100 - 13)} = 6.9 \text{ kg}$

ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย = $20 - 6.9 = 13.1 \text{ kg}$

สมบัติอากาศจากแผนภูมิไซโครเมตริก

อุณหภูมิที่ต้องใช้อบแห้ง 90°C

อุณหภูมิแวดล้อม 24°C

ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3 hr

อากาศ อุณหภูมิ 25°C มีความชื้นสัมพัทธ์ 75% ผ่านกระบวนการทำร้อนจนอุณหภูมิ 90°C

มีอัตราส่วนความชื้น $0.014 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$

เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งอุณหภูมิเหลือ 78°C

มีอัตราส่วนความชื้น $0.018 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$

ปริมาณน้ำที่สามารถดึงออกมาได้ต่ออากาศแห้ง 1 kg คือ $0.018 - 0.014 = 0.004 \text{ kg/kg-dry air}$

ปริมาณน้ำ 13.1 kg จะต้องใช้ปริมาณอากาศแห้ง = $13.1 / 0.004 = 3275 \text{ kg-dry air}$

อากาศอุณหภูมิ 80°C มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.9994 kg/m^3

ดังนั้นปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้ = $1857.5 / 0.9994 = 1858.61 \text{ m}^3$

เวลาที่ใช้อบแห้ง 3 ชั่วโมง ต้องใช้ปริมาณอากาศ = $1858.61 \text{ m}^3/\text{h}$

หรือ = $1858.61 \text{ m}^3 / 3 \times 3600 \text{ s}$

= $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$

เมื่อพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง(η_{th}) คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในชา(Q_d) หารด้วยปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง(Q_f) โดยประมาณค่า $h_{fg}=2283.2$ KJ/Kg จากตารางสมบัติเทอร์โมไดนามิกส์ของไอน้ำ อุณหภูมิ 90 °C และค่าความร้อนของ LPG = 50220 KJ/Kg (ค่าพลังความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ แหล่งที่มา www.thaigasifier.com, 27 มค 2563)

$$\eta_{th} = \frac{Q_d}{Q_f} \quad (2)$$

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ = $13.1 \times 2283.2 = 29909.92$ KJ

ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง = $2.2 \times 50220 = 110484$ KJ (เครื่องอบแห้งแบบสเปลิยม)

ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง = $2.6 \times 50220 = 130572$ KJ (เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง = $(29909.92/110484) \times 100 = 27.1$

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง = $(29909.92/130572) \times 100 = 22.9$

η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง

Q_d ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในชา

Q_f ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง