รายงานชุดโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง

Research and Development on Technology of Agricultural Machinery for Production of Cassava

หัวหน้าชุดโครงการวิจัย
นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์
Mr. Anuchit Chamsing

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง

Research and Development on Technology of Agricultural Machinery for Production of Cassava

หัวหน้าชุดโครงการวิจัย
นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์
Mr. Anuchit Chamsing

ปี พ.ศ. 2558

คำปรารภ

รายงานชุดโครงการวิจัย “วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง” เล่มนี้ เป็นรายงานผลงานวิจัย ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2558 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดการสูญเสียผลผลิต เพิ่มมูลค่าผลผลิต และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ให้เกษตรกรในการปลูกมันสำปะหลัง โดยการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้มีเครื่องจักรกลเกษตรที่จำเป็น ชุดโครงการนี้ประกอบด้วย 6 โครงการหลักคือ 1) วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง 2) วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก 3) วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด 4) วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น 5) การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่ 6) การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

เนื้อหาภายในชุดโครงการทั้งหมดในรายงานเล่มนี้มีจำนวน 6 บท ตามรายชื่อโครงการที่ได้รับสนับสนุนงบประมาณ ให้ดำเนินการวิจัย อย่างไรก็ตามบางโครงการ เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรต้นแบบมากก 1 รายการ แต่เป็นเครื่องจักรกลเกษตรต้นแบบที่มีความสัมพันธ์กันในกระบวนการผลิต หรือกิจกรรมการผลิต ของขั้นตอนการผลิตนั้นๆ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานเล่มนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป ที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์การผลิตมันสำปะหลัง แม้ว่าการวิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบภายใต้โครงการนี้บางโครงกร จะยังไม่เสร็จสมบูรณ์พร้อมต่อการเผยแพร่สู่การผลิตเชิงพาณิชย์ อันเนื่องมาจากปัญหานานัปการ แต่สามารถแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในหลักการ และเกิดองค์ความรู้ที่จะพัฒนาต่อยอดให้เสร็จสมบูรณ์ได้ในเวลาอันสั้นต่อไป

อนุชิต ฉ่ำสิงห์
วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

สารบัญ

สารบัญ หน้า

กิตติกรรมประกาศ 1

ผู้วิจัย 2

บทนำ 4

บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง 9

บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก 36

บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด 68

บทที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น 87

บทที่ 5 การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่ 119

บทที่ 6 การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ 127

สรุปและข้อเสนอแนะ

บรรณานุกรม 140

ภาคผนวก 149

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอบคุณ ข้าราชการ ลูกจ้าง และพนักงานข้าราชการ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ในการร่วมดำเนินการวิจัยภายใต้ชุดโครงการนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 โครงการ ได้แก่ 1) วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง 2) วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก 3) วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด 4) วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น 5) การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่ 6) การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การสร้างชุดทดสอบ การศึกษาปัจจัยการศึกษาที่เกี่ยวข้อง การสร้างเครื่องต้นแบบ ร่วมทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกร และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดต่างๆ ในสังกัดของกรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้ความสะดวก และให้ความร่วมมือในหลายด้าน โดยเฉพาะในขั้นตอนการจัดหาแปลงทดสอบ และการร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบต่างๆ เป็นการสนับสนุนการดำเนินชุดโครงการวิจัยนี้ได้อย่างดียิ่ง

ผู้วิจัย

อนุชิต ฉ่ำสิงห์	**ประสาท แสงพันธุ์ตา**	**นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล**
Anuchit Chamsing	Prasat Sangphanta	**Nitat Tangpinijkul**
วุฒิพล จันทร์สระคู	**เวียง อากรชี**	**นายกลวัชร ทิมินกุล**
Wuttiphol Chansakoo	Weang Arekornchee	**Kolawachra Timingoon**

คำสำคัญ : **เครื่องจักรกลเกษตร เครื่องปลูกมันสำปะหลัง เครื่องตัดต้นมันสำปะหลัง มันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง วัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง**

Keywords : **agricultural machinery, cassava, stem cutting, cassava harvesting**

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ปี (ไร่)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

C_t = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)

DP = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

i = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์)

L = อายุการใช้งาน (ปี)

L_0 = ค่าแรงคนขับ (บาท/ชั่วโมง)

L_1 = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

P = ราคาซื้อเครื่องจักร (บาท)

$R\&M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

S = ราคาซากของเครื่องจักร (บาท)

V = ความเร็วเชิงเส้นของระบบลำเลียง เมตร/วินาที

Z = จำนวนฟันเฟือง ฟัน

N = รอบของระบบลำเลียง จากการทดเพลาอำนวยกำลัง รอบ/นาที

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

m / s = เมตร / วินาที

cm = เซนติเมตร

m = เมตร

kg = กิโลกรัม

% w.b. = percent wet basis (% มาตรฐานเปียก)

$^{\circ}$C = องศาเซลเซียส

hp = แรงม้า

kw = กิโลวัตต์

kg = กิโลกรัม

kg/hr = กิโลกรัม/ชั่วโมง

rpm = รอบ/นาที

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 40,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 8.51 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 29.62 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 53.07 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 30.20 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 16.73 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้า ณรงค์, 2549)

การผลิตมันสำปะหลังของไทยได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอื่นๆ ตลอดจนเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตรมีการศึกษาค่อนข้างน้อย จึงควรได้รับการศึกษาวิจัย ตลอดจนการวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง จัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยในแผนงานวิจัยนี้ได้พิจารณาในแต่ละขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นตอนการปลูก ในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยต้นทุนในการเตรียมท่อนพันธุ์และการปลูกมีสัดส่วนร้อยละ 7 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) ผลของการขยายตัวของเศรษฐกิจนอกภาคเกษตร ทำให้เกษตรกรที่ปลูกพืชเกือบทุกชนิดประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในขั้นตอนการปลูก และมีความต้องการเครื่องปลูกเพื่อทดแทนแรงงานและลดต้นทุนในขั้นตอนการปลูกเป็นอย่างมาก มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังจากทั้งภาครัฐและเอกชนหลายหน่วยงาน แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ยังไม่ได้รับการยอมรับนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ได้มีการศึกษา ออกแบบและพัฒนาซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2556 แต่ยัง

ไม่ได้ทำการทดสอบและพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังอื่นๆ เนื่องจากสภาพดิน พันธุ์มันสำปะหลัง และระบบการปลูก เป็นปัจจัยสำคัญต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เช่นเดียวกับเครื่องปลูกพืชอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมากในแต่เขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังให้เหมาะสมกับแต่ละสภาพพื้นที่ ที่มีการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ได้รับการยอมรับจากเกษตรกรนำไปใช้งาน และจะส่งผลให้ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดต้นทุนการผลิต และเป็นการแก้ปัญหาการปลูกมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมส่วนหนึ่ง

ในขั้นตอนการดูแลรักษา โดยเฉพาะการกำจัดวัช และใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญและส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตที่ได้รับหากไม่ได้รับการจัดการที่ดี ในปัจจุบันต้นทุนการกำจัดวัชพืชมีสัดส่วนร้อยละ 16 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นต้นทุนการจ้างแรงงาน การกำจัดวัชพืชโดยวิธีทางกลนับว่าเป็นวิธีที่ได้ผลดีอย่างยิ่ง สามารถเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช ทำให้อากาศสามารถผ่านลงในดินช่วยให้ดินร่วนซุยและเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรและเกิดมลพิษต่อดินและน้ำ การพรวนดินกำจัดวัชพืชที่ได้ผลควรจะต้องทำลายและพรวนกลบวัชพืช ซึ่งควรทำขณะดินแห้งวัชพืชจะตายดี จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นว่าควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ และเครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตามในร่องปลูกมันสำปะหลัง ให้สามารถทดแทนการพรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยด้วยแรงงานคนอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความรวดเร็วในการพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้แรงงานคนได้

ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในระบบการผลิตที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความสูญเสีย ความเสียหาย คุณภาพของผลผลิตโดยหัวมันที่ทำการขุดแล้วหากไม่ได้รับการแปรรูปภายใน 2 วัน คุณภาพจะลดอย่างมาก (Thant, 1997 และ พร้อมพรรณ, 2549) และต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยพบว่าต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลังนั้น ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีสัดส่วนการลงทุนสูงสุด (27%) รองลงมาได้แก่ค่าปุ๋ย ค่าเตรียมดิน ค่ากำจัดวัชพืช ค่าขนส่ง และค่าท่อนพันธุ์และแรงงานปลูกในสัดส่วนร้อยละ 18 17 16 13 และ 7 ตามลำดับ (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) โดยค่าจ้างแรงงานเป็นสัดส่วนค่าใช้จ่ายสูงสุดในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับค่าใช้จ่ายในการผลิตพืชเศรษฐกิจหลักอื่นๆ ยกเว้นในการผลิตข้าว (Anuchit, 2007) ทั้งนี้เนื่องจากใช้แรงงานคนเป็นหลัก เพื่อการขุดหรือถอน การตัดส่วนที่เป็นหัวออกจากโคนต้น และรวบรวมขึ้นรถบรรทุกเพื่อการขนย้ายไปจำหน่าย และประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานเช่นเดียวกับการผลิตพืชอื่นในภาคเกษตร เนื่องจากแรงงานเคลื่อนย้ายสู่นอกภาคเกษตร ทั้งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และทำให้ค่าจ้างแรงงานในภาคเกษตรสูงขึ้นเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนการแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในระบบการเก็บเกี่ยว จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาและแก้ปัญหาทั้งระบบ (จารุวัฒน์ และอนุชิต, 2550 และ อนุชิต และคณะ, 2552)

ระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่ามีอยู่ 2 รูปแบบหลัก คือ การเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และ แบบใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังร่วมกับการใช้แรงงานคน โดยรูปแบบที่สองนั้น สามารถช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่เกษตรกรกำลังเผชิญอยู่ได้ในระดับหนึ่ง โดยลดการใช้แรงงานประมาณร้อยละ 37 และ ลดต้นทุนการผลิตลงประมาณร้อยละ 8-10 (Anuchit, 2007) อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการขุดหรือถอนได้มีการวิจัยและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และได้รับการยอมรับการใช้งานอย่างแพร่หลายในระดับที่ค่อนข้างดีแล้ว แต่พบว่าอุปสรรคสำคัญต่อการขยายตัวของการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานอย่างหนึ่ง คือการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันนั้น เพียงช่วยลดจำนวนแรงงาน และความเหนื่อยยากในช่วงการขุดถอนขึ้นจากดินเท่านั้น ส่วนการเก็บรวบรวมกอง ตัดหัวมันจากเหง้า และการขนย้ายขึ้นรถบรรทุกเพื่อไปจำหน่าย นั้น ยังคงต้องใช้แรงงานคนถึง 2 ใน 3 ส่วน ของรูปแบบการเก็บเกี่ยวการใช้แรงงานคนทั้งหมดในการเก็บเกี่ยว ซึ่งจัดเป็นข้อจำกัดและเป็นปัญหาในลักษณะคอขวดที่สำคัญในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (อนุชิต และคณะ, 2552) หน่วยงานต่างๆ ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวเช่นกัน และได้เริ่มมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยว นอกเหนือจากการวิจัยและพัฒนาเพื่อการขุดให้หัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน หรือพัฒนาเครื่องมือสำหรับขั้นตอนหลังจากการขุดขึ้นมาจากดินบ้างแล้ว ทั้งมีการเผยแพร่แล้ว มีต้นแบบแต่ไม่เผยแพร่ และอยู่ระหว่างดำเนินการวิจัยและพัฒนา โดยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรต้นแบบในลักษณะการขุดขึ้นมาจากดินแล้วจัดให้มีการรวมกอง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดและเก็บมันสำปะหลัง ซึ่งมีความก้าวหน้าไปในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์

อย่างไรก็ตามพบว่า ได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า โดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลัง โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายหลังการขุดขึ้นมาจากดิน และการเก็บรวมกอง ก่อนการขนย้ายขึ้นรถบรรทุก แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร จึงยังไม่มีการเผยแพร่สู่เกษตรกร รวมถึงเครื่องมือสำหรับการขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุกก็ยังอยู่ในกระบวนการวิจัยและพัฒนาให้ได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในขบวนการวิจัยและพัฒนานั้นยังคงมีเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น แรงงาน พันธุ์ที่หลากหลาย สภาพพื้นที่เพาะปลูก และต้นทุนค่าใช้จ่าย เป็นต้น จึงนับได้ว่าขั้นตอนการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และขั้นตอนการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือทุ่นแรงเพื่อการสนับสนุนการแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าบางช่วงของการเก็บเกี่ยวประสบปัญหาราคามันสำปะหลังตกต่ำ เกษตรกรบางส่วนต้องทำการเก็บเกี่ยวเนื่องจากข้อจำกัดไม่มีสถานที่จำหน่ายหากเก็บเกี่ยวล่าช้า หรือจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวเพื่อใช้พื้นที่ในการปลูกฤดูต่อไป การแปรรูปเป็นมันเส้นเพื่อขายให้กลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ในประเทศ หรือการทำเป็นมันเส้นเพื่อรอราคาจำหน่ายเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาให้กับเกษตรกร ซึ่งปัจจุบันการผลิตมันเส้นของประเทศไทยมีทั้งมันการสับด้วยมือและสับด้วยเครื่องสับมันเส้น แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน พร้อมต้องมีการพลิกกลบเป็นระยะๆ ตลอดช่วง

การตากแห้ง โดยพบว่ามันเส้นที่ได้รับโดยเฉพาะมันเส้นจากการสับด้วยเครื่องมีสิ่งเจือปนสูงทั้งจากส่วนของเหง้ามัน ดินและสิ่งเจือปนอื่นๆ จัดเป็นมันเส้นคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ และการส่งออกเริ่มมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากส่วนหนึ่งประเทศผู้นำเข้า นำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านซึ่งเป็นมันเส้นสับมือและสะอาดกว่า และการที่เครื่องสับมันเส้นทำการสับเป็นชิ้นได้ไม่สม่ำเสมอยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้ง หรือตากแห้ง และเกิดการสูญเสียเนื่องจากการป่นเป็นผงจากการพลิกกลับซึ่งจำเป็นต้องนำไปทำเป็นมันเส้นอัดเม็ดซึ่งเป็นขั้นตอนและต้นทุนในการผลิต แม้ว่าส่วนหนึ่งการอัดเม็ดจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการขนส่งก็ตาม การที่สับมันเส้นที่ไม่สะอาดก็จะส่งผลต่อคุณภาพมันเส้นอัดเม็ดที่ไม่มีคุณภาพและสูญเสียศักยภาพการแข่งขันในการส่งออกด้วย นอกจากนี้การผลิตมันเส้นยังมีส่วนช่วยให้เกษตรกรสามารถรอราคาที่เหมาะสม แก้ปัญหาราคามันสำปะหลังตกต่ำ และแก้ปัญหาในเขตที่มีปัญหาไม่มีแหล่งรับซื้อโดยเฉพาะในเขตที่มีพื้นที่ปลูกไม่มากซึ่งเกษตรกรจะต้องรีบเก็บเกี่ยวและขายในราคาที่ไม่สูงเป็นการสูญเสียเวลาและรายได้ ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสับมันเส้นที่มีใช้อยู่เดิม และการพัฒนาเครื่องสับมันเส้นแบบเต่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้ง ลดการสูญเสียต่างๆ ควรได้รับการศึกษา

นอกจากนี้พบว่าในปี 2554 มีการส่งออกมันเส้น 3.7 ล้านตัน มูลค่าส่งออก 29,252 ล้านบาท การใช้ในประเทศประมาณ 1.5 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตมันเส้นประมาณ 700 โรงงาน ซึ่งเป็นการผลิตมันเส้นโดยใช้ลานตากทั้งสิ้น และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นทำเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด ทำให้ราคาของมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่มีราคาถูกลงเพราะเมื่อรับซื้อแล้วจำเป็นต้องส่งไปแปรรูปในอุตสาหกรรมแป้งซึ่งมีขีดจำกัดของการผลิต ทำให้การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง จัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งเข้าโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเพื่อแปรรูปให้เร็วที่สุด โดยลานมันจะทำการโม่สับหัวมันเป็นมันเส้นและทำการตากลดความชื้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน โดยเฉพาะหัวมันที่หักจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลาย การเก็บรักษาในร่มมีแนวโน้มว่าหัวมันสำปะหลังจะเน่าเร็วกว่ากลางแจ้งเนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวฝนตกทำให้หัวมันเปียก ซึ่งจะส่งผลต่อราคาหัวมัดสดในพื้นที่ถูกลง

กากมันสำปะหลังเป็นวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยในกระบวนการสกัดแป้งมันสำปะหลังจะเหลือกากมันสำปะหลังเป็นปริมาณมาก คิดเป็น 600,000 ตันต่อปี (หัวมันสำปะหลังสด 1 ตันจะให้ปริมาณกากมันสำปะหลังประมาณ 60 กิโลกรัม) กากมันสำปะหลังยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยง่าย เนื่องจาก

ยังคงมีปริมาณแป้งหลงเหลืออยู่ค่อนข้างมาก ประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้ในเชิงอาหารสัตว์ได้โดยตรง นอกจากนี้มีการใช้กากแป้งมันสำปะหลังที่ตากแห้งเป็นวัสดุเจือปนผสมกับมันเส้นบดหรือมันอัดเม็ด แต่ก็ทำให้มันเส้นบดและมันอัดเม็ดมีคุณภาพต่ำลง กากมันสำปะหลังที่ออกมาจากโรงงานมีลักษณะเปียก ความชื้นสูงประมาณ 60- 82% จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก และเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ โดยหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดสภาพการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนที่อยู่รอบข้าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดความชื้นกากมันสำปะหลังเพื่อให้สามารถเก็บรักษาและนำไปใช้ประโยชน์ได้สะดวก ในปัจจุบันการลดความชื้นกากมันสำปะหลังยังใช้วิธีการตากลานคอนกรีตขนาดใหญ่ ในช่วงฤดูฝนการตากจะเป็นไปได้ยากทำให้กากมันสำปะหลังบางส่วนไม่สามารถตากได้ทันทำให้สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

จากปัญหาดังกล่าวเพื่อเป็นการเพื่อประสิทธิภาพการลดต้นทุนการผลิต ลดการสูญเสียผลผลิต เพิ่มมูลค่าผลผลิต และแก้ปัญหาราคามันสำปะหลังตกต่ำ การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย เครื่องจักรในการแก้ปัญหาคอขวดของระบบเก็บเกี่ยว และเครื่องจักรในการแปรรูปมันสำปะหลัง และการทำแห้งมันเส้นจึงควรได้รับการศึกษา

ในชุดโครงการวิจัยนี้ ซึ่งดำเนินการในช่วงปีงบประมาณ 2556-2558 จะเป็นการวิจัยและพัฒนาจำนวน 6 โครงการดังนี้

บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง

บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด

บทที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

บทที่ 5 การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่

บทที่ 6 การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง

Research and Development of Weeder and Fertilizer Application for Cassava

ประสาท แสงพันธุ์ตา อนุชิต ฉ่ำสิงห์ วุฒิพล จันทร์สระคู
ศักดิ์ชัย อาษาวัง สุพัตรา ชาวกงจักร์ สิทธิชัย ดาศรี
ดนัย ศารทูลพิทักษ์

คำหลัก: มันสำปะหลัง, เครื่องกำจัดวัชพืชมันสำปะหลัง, เครื่องใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง
Keywords: cassava, cassava weeder, cassava fertilizing machine

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยต้นแบบ สำหรับใช้ในแปลงมันสำปะหลัง ทดแทนแรงงานคน และลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งเครื่องต้นแบบ มีส่วนประกอบทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนโครงสร้างหลัก 2) ส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างต้น 3) ส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง และ 4) ส่วนโรยปุ๋ย โดยเครื่องต้นแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (30-45 แรงม้า) เมื่อเริ่มการทำงานแทรกเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ผู้ปฏิบัติงานจะโยกบังคับใบพรวนดิน เพื่อกำจัดวัชพืชที่อยู่ระหว่างต้นบนร่องปลูกมันสำปะหลัง จากนั้นเครื่องจะโรยปุ๋ยบนร่องมันในอัตรา 20-60 กิโลกรัมต่อไร่ (สามารถปรับอัตราได้) แล้วจากนั้นปุ๋ยจะถูกกลบด้วยส่วนกำจัดพืชระหว่างร่อง หลังจากปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้วและดำเนินการทดสอบ พบว่าผลการทดสอบเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ในแปลงมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชประมาณ 90-97 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำงานประมาณ 1 ไร่ต่อชั่วโมง มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 1.5-1.7 ลิตรต่อไร่ และมีประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 83 เปอร์เซ็นต์

[1/] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
[2/] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
[3/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
[4/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น

ABSTRACT

Objective of this research was research and develop on a prototype of weeder and fertilizer for cassava production. This prototype was able to reduce labors that work for weeding and also contributed to herbicide reducing. A weeder and fertilizer prototype, mounted to and power by a 30-45 hp tractor, was designed. Accordingly, the machine comprises of four major units, namely a frame unit, a row weeder unit, a furrow weeder unit, and fertilizer unit, respectively. The designed cassava weeder was being able to weeding on furrow and row cassava planting. As the tractor moved forward for pulling the machine along the planting furrow, an operator would control two rotary blades for weeding on row of cassava planting, then the fertilizer unit would drop the fertilizer on the row (rate by 20-60 kg/rai, adjustable), after that a furrow weeder unit would plough and the fertilizer were covered by soil. After testing and modification, a prototype of weeder and fertilizer cassava machine was developed. Based on the test results, weeding efficiency, field capacity fuel consumption and capacity efficiency were found to be 90-97 %, 1 rai/hr, 1.5-1.7 liter/rai and 83% respectively.

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ โดยในปี 2553 มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 68,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 7.40 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 21.91 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 53.11 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 27.71 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 19.17 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether)

ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) จากความต้องการการบริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ทำให้ความต้องการผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การเพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกก็อาจจะกระทบกับพื้นที่เพาะปลูกพืชอาหารชนิดอื่น ซึ่งอาจเกิดปัญหาอื่นตามมา ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตต่อไร่จึงเป็นแนวทางในการช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังโดยรวมที่เหมาะสม

การผลิตมันสำปะหลังของไทยได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอื่นๆ ตลอดจนเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และการใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ แต่ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตรยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย มันสำปะหลังส่วนใหญ่นิยมปลูกด้วยท่อนพันธุ์ และมีระยะปลูกค่อนข้างห่างใช้ระยะระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร เก็บเกี่ยวที่อายุ 8-12 เดือน การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในช่วงแรกช้ามาก ใบแรกเริ่มคลี่ให้เห็นหลังจากการปลูกประมาณ 3 สัปดาห์ และสร้างพุ่มใบให้ชนกันจนคลุมพื้นที่ ใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือนหลังจากปลูก มันสำปะหลังเริ่มเอาอาหารไปเก็บที่ราก ที่เรียกว่า “การลงหัว” ประมาณเดือนครึ่งถึงสองเดือนหลังจากปลูก และหลังจาก 4 เดือนไปแล้วไม่มีการลงหัวเพิ่ม แต่จะขยายขนาดหัวให้ใหญ่ขึ้นจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฉะนั้นถ้ามีวัชพืชรบกวนในระยะ 3-4 เดือนแรก จะทำให้การลงหัวไม่ดีทำให้จำนวนหัวต่อต้นลดลง น้ำหนักหัวไม่ดีตามไปด้วย นอกจากนี้การปล่อยให้มีวัชพืชในแปลงยังมีผลเสีย เนื่องจากวัชพืชเหล่านี้บางชนิดเป็นที่อาศัยหลบซ่อนของแมลงศัตรูพืชเช่น เพลี้ยแป้ง เป็นต้น

ในปัจจุบันการผลิตมันสำปะหลังยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยต้นทุนการกำจัดวัชพืชมีสัดส่วนร้อยละ 16 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์และคณะ, 2550) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นต้นทุนการจ้างแรงงาน การกำจัดวัชพืชโดยวิธีทางกลนับว่าเป็นวิธีที่ได้ผลดีอย่างยิ่ง สามารถเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช ทำให้อากาศสามารถผ่านลงในดินช่วยให้ดินร่วนซุยและเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรและเกิดมลพิษต่อดินและน้ำ การพรวนดินกำจัดวัชพืชที่ได้ผลควรจะต้องทำลายและพรวนกลบวัชพืช ซึ่งควรทำขณะดินแห้งวัชพืชจะตายดี จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นว่าควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ และเครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตามในร่องปลูกมันสำปะหลัง ให้สามารถทดแทนการพรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยด้วยแรงงานคนอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความรวดเร็วในการพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ลดต้นทุนการผลิตและลดการใช้แรงงานคนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อแก้ปัญหาในการพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง โดยการนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้ทดแทนแรงงาน แก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะคือ

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์
2. เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องปลูกมันสำปะหลังแบบเดินตาม

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังของโครงการ แบ่งดำเนินการเป็น 2 กิจกรรมหรือโครงการย่อย เพื่อให้เหมาะสมกับระดับการปลูกของเกษตรกร และชนิดขาดของต้นกำลังที่ใช้ ดังนี้

1. วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ (Research and Development of Weeder and Fertilizer of Cassava attached to Tractor)

การวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ เพื่อให้สามารถกำจัดวัชพืชทั้งบริเวณระหว่างต้น และบริเวณระหว่างแถว พร้อมทั้งโรยปุ๋ยบริเวณสันร่องในเบื้องต้นจะทดสอบการใช้งานกับมันสำปะหลังที่มีอายุ 15-30 วัน ให้สามารถทำงานได้อย่างประสิทธิภาพ มีรายละเอียดวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องมือ โดยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการออกแบบได้แก่

1) ข้อมูลทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง ที่อายุปลูก 1-2 เดือน รวมถึงสภาพแปลงปลูก ขนาดร่องปลูก และความกว้างของร่องปลูก

2) ข้อมูลแทรกเตอร์ต้นกำลัง เช่น ความกว้างล้อ ความสูงท้องรถ ขนาดหน้ากว้างยาง

2. การออกแบบเครื่องพรวนดินกำจัดวัชพืชนั้น ได้กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบเบื้องต้นไว้ดังนี้

1) ใช้ต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการทำงาน

2) เครื่องต้นแบบสามารถกำจัดวัชพืชบนสันร่อง ท้องร่อง และใส่ปุ๋ยต้นมันสำปะหลัง

3) สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแปลงมันสำปะหลังอายุ 45-60 วัน

4) มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

3. จากนั้นจึงได้ออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมเขียนแบบ 3D โดยได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนพรวนดินกำจัดวัชพืชบนสันร่อง ส่วนกำจัดวัชพืชท้องร่อง ส่วนโรยปุ๋ย และส่วนโครงสร้างหลักเพื่อประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

4. ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงานเบื้องต้น โดยแยกการสร้างและทดสอบในแต่ละส่วนประกอบหลัก จากนั้นนำมาประกอบจนเป็นเครื่องต้นแบบที่มีส่วนประกอบครบตามที่ได้ออกแบบไว้

5. ดำเนินการศึกษาใบพรวน 2 แบบ โดยทดสอบเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ

6. ค่าชี้ผลในการทดสอบ

6.1 ค่าชี้ผลหลัก

-ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช

$$= \frac{\text{น้ำหนักแห้งวัชพืชก่อนทดสอบใน 1 ตารางเมตร} - \text{น้ำหนักแห้งวัชพืชหลังทดสอบใน 1 ตารางเมตร}}{\text{น้ำหนักแห้งวัชพืชก่อนทดสอบใน 1 ตารางเมตร}} \times 100$$

6.2 ค่าชี้ผลอื่นๆ

- ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)
- อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)
- ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)

7. วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สรุปผลและจัดทำรายงาน

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม (Research and Development of Weeder and Fertilization Cassava for a Power Tiller)

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตามในร่องปลูกมันสำปะหลัง ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องพรวนดินในร่อง และพ่วงท้ายด้วยอุปกรณ์ยกร่องดินให้พลิกกลบปุ๋ยที่โคนต้นมันสำปะหลัง เพื่อใช้สำหรับมันสำปะหลังที่มีอายุระหว่าง 1-3 เดือน ได้อย่างอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดวิธีดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องมือต้นแบบ เช่น รูปแบบและวิธีการปลูกในแต่ละพื้นที่ ช่วงเวลาที่เหมาะสำหรับกำจัดวัชพืช เงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ในการกำจัดวัชพืช รวมทั้งเครื่องมือกำจัดวัชพืชที่มีการพัฒนาและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

2) ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตาม โดยมีแนวความคิดในการออกแบบดังนี้

2.1)โดยใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ขนาดดีเซลขนาด 9-11 แรงม้า หรือเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า

2.2)ขนาดตัวเครื่องมีความกว้างไม่เกิน 70 ซม. และสามารถทำงานในร่องปลูกมันสำปะหลังได้สะดวก

2.3)ประกอบด้วยชุดถังเก็บและหยอดปุ๋ยจำนวน 2 แถว

2.4)มีชุดพรวนดินในร่องและหรือพลิกดินจากโคนต้นเพื่อกำจัดวัชพืชพร้อมสำหรับการหยอดปุ๋ย

2.5)มีอุปกรณ์พลิกกลบดินแบบผาลจาน ที่หาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

3) ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องในแปลง ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

4) ทดสอบการทำงานในสภาพการใช้งานจริงในแต่ละช่วงระยะเวลาการกำจัดวัชพืชในไร่มันสำปะหลังตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยมีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)
- ประสิทธิภาพในการทำงาน (%)

- ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (%)
- เก็บข้อมูลสภาพดินของแปลงทดสอบ
- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร/ไร่)

5) วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ (Research and Development of Weeder and Fertilizer of Cassava attached to Tractor)

จากการศึกษาคำแนะนำการใส่ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรพบว่า การใส่ปุ๋ยแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราส่วนN:P:K เท่ากับ 2:1:2 ในทางปฏิบัติ แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ผสมกับปุ๋ยยูเรียและโพแทสเซียมคลอไรด์อย่างละ 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรืออาจใช้ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราส่วนปุ๋ยใกล้เคียง เช่น สูตร 15-7-18 ใส่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่เพียงครั้งเดียวเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน ในขณะที่ดินมีความชื้น เพียงพอ โดยขุดหลุมใส่ 2 ข้างต้นระยะพุ่มใบแล้วกลบดิน

แต่จากการสำรวจการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรจะทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยไปพร้อมกัน กล่าวคือเกษตรกรจะทำการโรยปุ๋ยบริเวณร่องมันสำปะหลัง แล้วใช้รถไถเดินตามติดพ่วงผาลจาน วิ่งเข้าบริเวณระหว่างร่อง ทำการไถพลิกดินบริเวณท้องร่องขึ้นมากลบปุ๋ย ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 วิธีกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยของเกษตรกร

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลการทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง และรูปแบบการปลูกในช่วงระยะเวลาหลังปลูก 1-2 เดือน พบว่า การปลูกเป็นการปลูกแบบยกร่องปลูก มีระยะห่างระหว่างแถวหรือร่องปลูกมันสำปะหลัง อยู่ในช่วงประมาณ 70-120 เซนติเมตร โดยข้อมูลทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังได้แสดงในรูปที่ 8 และแสดงข้อมูลดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 (ต้นไม่ซ้ำกัน)

รูปที่ 8 การศึกษาข้อมูลทางกายภาพต้นมันสำปะหลัง

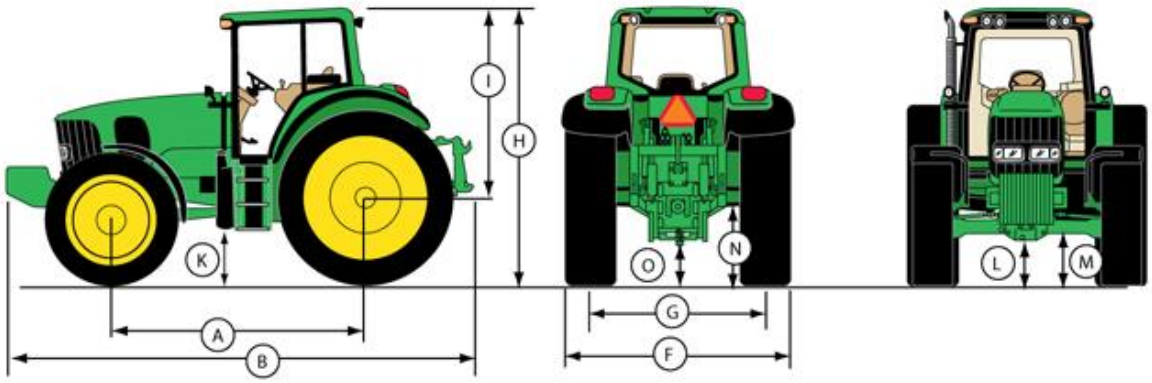
ตารางที่ 2 ข้อมูลทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 อายุ 1 เดือน (หน่วย: เซนติเมตร)

No.	ความสูงต้นทั้งหมด(TH)	ลักษณะทรงพุ่ม					ความสูงร่องปลูก
		หน้า(F)	หลัง(B)	ซ้าย(L)	ขวา(R)	สูง(H)	
1	36	9	12	9	10	19	25
2	34	15	17	11	16	20	25
3	33	17	19	12	20	13	23
4	36	14	10	13	14	14	30
5	40	19	15	14	20	22	25
6	35	13	19	13	21	15	30
7	29	18	21	22	13	17	25
8	32	18	18	12	19	13	30
9	39	10	18	11	15	16	25
10	31	13	16	14	17	12	25
Avg.	34.5	14.6	16.5	13.1	16.5	16.1	26.3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 อายุ 2 เดือน (หน่วย: เซนติเมตร)

No.	ความสูงต้นทั้งหมด(TH)	ลักษณะทรงพุ่ม					ความสูงร่องปลูก
		หน้า(F)	หลัง(B)	ซ้าย(L)	ขวา(R)	สูง(H)	
1	46	24	26	34	33	12	25
2	55	28	25	24	28	27	25
3	62	24	29	30	30	23	28
4	43	19	24	21	18	13	18
5	60	32	29	35	29	19	23
6	49	20	24	20	23	19	21
7	42	17	19	16	18	11	23
8	49	24	31	31	35	9	22
9	52	19	26	18	21	19	25
10	63	26	26	25	34	17	27
Avg.	52.1	23.3	25.9	25.4	26.9	16.9	23.7

ในการศึกษาข้อมูลของรถแทรกเตอร์ที่จะนำมาใช้เป็นต้นกำลัง ซึ่งเป็นการวัดขนาดต่างๆที่จะนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การวัดขนาดต่างๆของรถแทรกเตอร์

จากนั้นได้ดำเนินการออกแบบเครื่องกำจัดวัชพืชแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยเครื่องต้นแบบมีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 120 เซนติเมตร ตัวเครื่องประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่

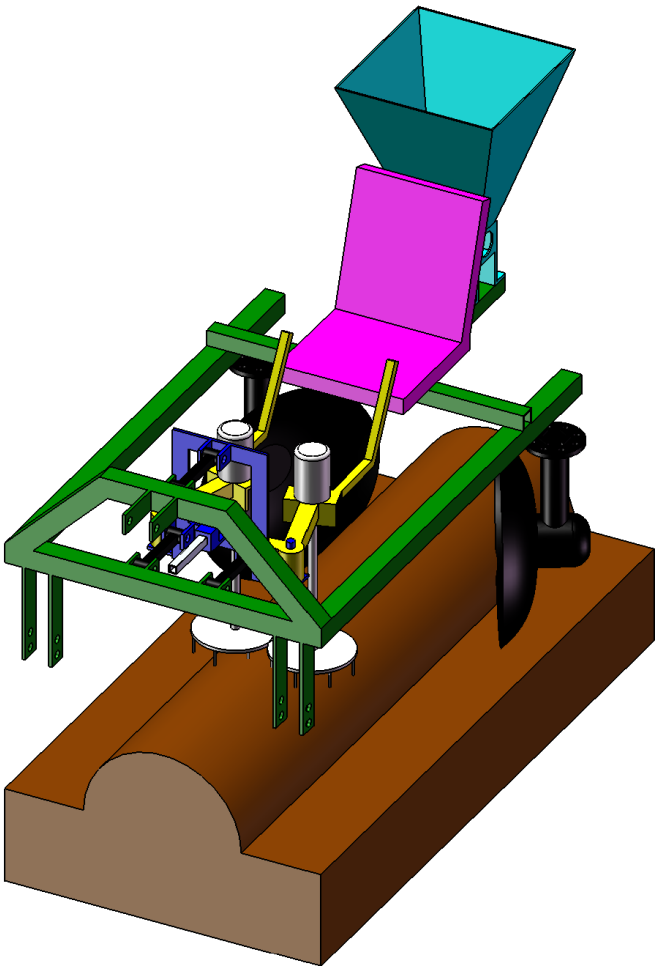
1) ส่วนโครงสร้างหลัก เป็นส่วนที่ใช้ประกอบส่วนย่อยอื่นเข้าด้วยกัน และยังเป็นส่วนสำหรับต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ต้นกำลัง ดังนั้นต้องมีความแข็งแรงเพียงพอในการทำงาน

2) ส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างต้นมันสำปะหลัง การกำจัดวัชพืชในบริเวณสันร่องนี้ ใช้เป็นแบบใบพรวนแนวดิ่ง โดยใบพรวนนี้ขับหมุนด้วยมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ 2 ตัว ติดตั้งอยู่บนแขนโยก แยกเป็นด้านซ้ายและขวา ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถโยกใบพรวนหลบต้นมันสำปะหลังได้

3) ส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง การกำจัดวัชพืชในบริเวณท้องร่องนี้ ใช้ใบผาลจานจำนวน 2 ใน แยกเป็นด้านซ้ายและขวาของร่องมัน ไถวัชพืชที่ท้องร่อง และพูนดินขึ้นมากลบปุ๋ย

4) ส่วนโรยปุ๋ย ใช้ถังปุ๋ยที่มีขนาด 50 กิโลกรัม จ่ายปุ๋ยด้วยเกลียวลำเลียง ซึ่งสามารถจ่ายปุ๋ยได้สม่ำเสมอ และใช้มอเตอร์เกียร์ทดขนาด 12 โวลต์เป็นต้นกำลังในการขับเกลียวลำเลียงปุ๋ย โดยร่วมกับชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เพื่อควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ย

เครื่องต้นแบบมีหลักการทำงาน โดยต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ การทำงานเรียงลำดับจากการกำจัดวัชพืชบริเวณระหว่างต้นมันโดยวิธีการพรวนด้วยใบพรวนแนวตั้งของส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างต้น จากนั้นจะโรยปุ๋ยลงบริเวณสันร่องที่ถูกพรวน ลำดับสุดท้ายส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง ซึ่งออกแบบใช้เป็นผาลเพื่อไถดินบริเวณท้องร่องขึ้นมาพลิกกลบปุ๋ยที่โรยไว้



รูปที่ 10 ออกแบบเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากนั้นดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ตามแบบ ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 แสดงการสร้างเครื่องต้นแบบ

หลังจากดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบในส่วนของอุปกรณ์กำจัดวัชพืชระหว่างต้นแล้วเสร็จ จึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้น ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างต้น

จากการทดสอบพบปัญหาในการทำงานจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยการเพิ่มล้อพยุงให้เครื่องต้นแบบสามารถรักษาระดับการทำงานได้ เพิ่มความยาวของใบมีดพรวนให้มากขึ้น และเพิ่มเติมในส่วนของส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง ซึ่งเป็นผาลยกกลบดินร่องปลูก ดำเนินการเวียนทดสอบ การทำงานเบื้องต้น ดังรูปที่ 13 และรูปที่ 14

รูปที่ 13 ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 14 เครื่องกำจัดวัชพืชต้นแบบและการทดสอบเบื้องต้น

จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้น ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบรวมถึงการเพิ่มอุปกรณ์ใส่ปุ๋ย ที่สามารถปรับอัตราการหยอดได้ จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบซ้ำ ในเฉพาะส่วนของการกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง และการหยอดปุ๋ย เนื่องจากเป็นแปลงน้ำหยด โดยแปลงทดสอบเป็นสภาพดินร่วนทราย ดังในรูปที่ 15 และผลการทดสอบดังรูปที่ 16 และตารางที่ 4

รูปที่ 15 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 16 สภาพแปลงก่อน – หลังการทำงาน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องกำจัดวัชพืชมันสำปะหลัง (กำจัดวัชพืชระหว่างร่องและการหยอดปุ๋ย)

ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	เวลาทำงาน (วินาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ (เมตร/วินาที)	ความสามารถการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)
840	278.60	0.54	1.34	62.5
840	330.38	0.48	1.13	80.4
840	296.23	0.52	1.26	75.9
เฉลี่ย	301.76	0.51	1.24	72.93

จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบ เครื่องกำจัดวัชพืชต้นแบบ โดยทำการทดสอบทั้งการกำจัดวัชพืชระหว่างต้น และการกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง เปรียบเทียบการทำงานของใบพรวน 2 แบบ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.กาฬสินธุ์ โดยลักษณะใบทั้งสองแบบดังแสดงในรูปที่ 17 ดังนี้

แบบกลม แบบสามเหลี่ยม

รูปที่ 17 ลักษณะใบพรวนที่ใช้ในการทดสอบ

แปลงทดสอบเป็นสภาพดินทราย มีความชื้นประมาณ 15 % (wb) มีระยะห่างร่องปลูกประมาณ 120 เซนติเมตร ระยะต้นประมาณ 70 เซนติเมตร มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 11 อายุ 47 วัน ใบพรวนแต่ละแบบมี 4 ใบต่อข้าง หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 300 รอบต่อนาที ผลการทดสอบเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6 และรูปการทดสอบดังรูปที่ 18 ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชแบบใบกลม

ขนาดพื้นที่ทดสอบ (ตรม.)	เวลาทำงานทั้งหมด (วินาที)	ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ (%)	ความเร็วแทรกเตอร์ (เมตร/วินาที)	ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)
60	115	80	0.54	1.16	91.55
60	138	75	0.48	0.97	97.10
60	120	80	0.52	1.12	90.75
Avg.	124	78.33	0.51	1.08	93.13

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชแบบใบสามเหลี่ยม

ขนาดพื้นที่ทดสอบ (ตรม.)	เวลาทำงานทั้งหมด (วินาที)	ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ (%)	ความเร็วแทรกเตอร์ (เมตร/วินาที)	ความสามารถการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)
60	133	80	0.47	1.01	90.45
60	121	75	0.55	1.11	87.30
60	156	80	0.40	0.86	91.55
Avg.	126	80	0.47	1.00	89.76

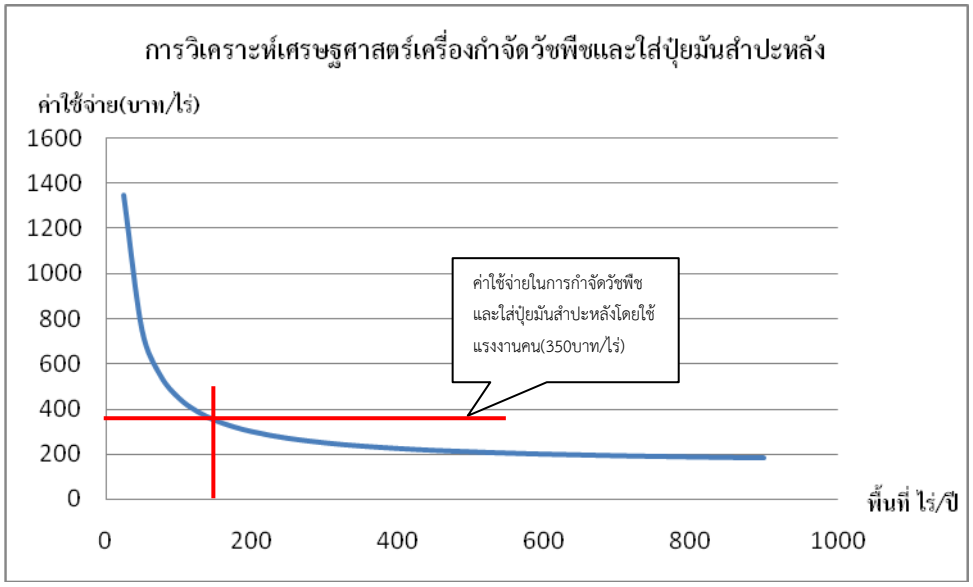
รูปที่ 18 การทดสอบเก็บข้อมูลการทำงาน

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบรูปแบบใบพรวนทั้งสองแบบพบว่า การใช้ใบพรวนแบบกลมให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชสูงกว่าใบพรวนแบบสามเหลี่ยมที่ความเร็วรอบการหมุน 300 รอบต่อนาที เนื่องจากการใช้ใบพรวนแบบกลม ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการทำงานของชุดใบพรวนได้ง่ายกว่า และใช้แรงในการทำงานน้อยกว่าการใช้ใบพรวนแบบสามเหลี่ยม โดยวัชพืชที่หลงเหลืออยู่ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณโคนต้น เนื่องจากไม่ถูกใบพรวน พรวนกำจัด ดังแสดงในรูปที่ 18

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

คำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยเปรียบเทียบการกำจัดวัชพืชในแปลงมันสำปะหลังด้วยเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์กับการใช้แรงงานคน โดยคำนวณในกรณีที่เกษตรกรผู้รับจ้างต้องการซื้อรถแทรกเตอร์และเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังมาใช้งานหรือรับจ้าง กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท โดยกำหนดให้การใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อกำจัดวัชพืชมันสำปะหลังประมาณ 30% ของการใช้งานทั้งหมด และราคาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังเท่ากับ 50,000 บาท

จากการคำนวณ (ภาคผนวก-ก) สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชมันสำปะหลังของเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์และการกำจัดวัชพืชมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนได้ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว

จากเส้นกราฟในรูปที่ 19 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชมันสำปะหลังโดยเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยจะมีค่าลดลงเมื่อพื้นที่การทำงานเพิ่มขึ้น ส่วนค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังโดยแรงงานคนนั้น มีค่าคงที่ที่ 350 บาทต่อไร่ ซึ่งราคานี้คิดจากความสามารถในการทำงานของแรงงานคนในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในแปลงมันสำปะหลังโดยคิดค่าแรงในอัตรา 300 บาทต่อวัน

จากรูปที่ 19 เส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังด้วยแรงงานคนตัดกับเส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยที่พื้นที่การทำงาน 150 ไร่ต่อปี นั้นหมายความว่าหากเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังหรือพื้นที่รับจ้างกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำหลังมากกว่า 150 ไร่ต่อปี เป็นระยะเวลา 5 ปี ก็สามารถที่จะพิจารณาซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวมาใช้งานหรือรับจ้าง เพราะค่าใช้จ่ายจะน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงงานคน คุ้มค่าแก่การใช้งาน

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม (Research and Development of Weeder and Fertilization Cassava for a Power Tiller)

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลการผลิตมันสำปะหลังในช่วงระยะเวลาหลังปลูก 1-3 เดือน ในเขตพื้นที่ จังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม และร้อยเอ็ด พบว่า ระยะห่างระหว่างแถวหรือร่องปลูกมันสำปะหลัง อยู่ในช่วงประมาณ 80-110 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพื้นที่นั้นๆว่าจะใช้เครื่องมือเตรียมดินยกร่องด้วยรถไถเดินตามหรือรถแทรกเตอร์พ่วงท้ายอุปกรณ์ยกร่อง (รูปที่ 1(ก)) จะพบวัชพืชมากและเหมาะสม

กับการกำจัดเมื่อมันสำปะหลัง อายุ 2-3 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่มันสำปะหลังต้องเติบโตแข่งกับวัชพืชและในแปลงที่มีระยะห่างระหว่างแถวแคบ รถแทรกเตอร์ไม่สามารถเข้าทำงานได้ (รูปที่ 1(ข)) ซึ่งทั้งนี้ในการดายหญ้าหรือการกำจัดวัชพืช โดยส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนเดินเข้าไปในร่อง โดยใช้จอบถากหญ้า หรือเรียกว่าไถซิ่ง ซึ่งต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก (รูปที่ 2)

รูปที่ 1 (ก) สภาพแปลงมันสำปะหลัง 1 เดือน (ข) แปลงมันสำปะหลังอายุ 2-3 เดือนที่มีวัชพืช

รูปที่ 2 การกำจัดวัชพืชในแปลงมันสำปะหลังในปัจจุบัน

สำหรับเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตามในร่องปลูกมันสำปะหลัง ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องพรวนดินในร่องมัน และพ่วงท้ายด้วยอุปกรณ์ยกร่องดินให้พลิกกลบปุ๋ยที่โคนต้นมันสำปะหลัง ใช้สำหรับมันสำปะหลังที่มีอายุระหว่าง 1-3 เดือน ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนถ่ายทอดกำลังผ่านเครื่องพรวนดินที่มีลักษณะคล้ายจอบหมุนขนาดเล็ก และพ่วงด้วยอุปกรณ์ยกร่องแบบไถหัวหมูสองทางเพื่อให้พลิกดินกลบปุ๋ยที่โคนต้นมันสำปะหลัง ซึ่งใช้คนในการปฏิบัติงานเดินตามจำนวน 1 คน สามารถปฏิบัติงานในร่องมันสำปะหลังได้สะดวก

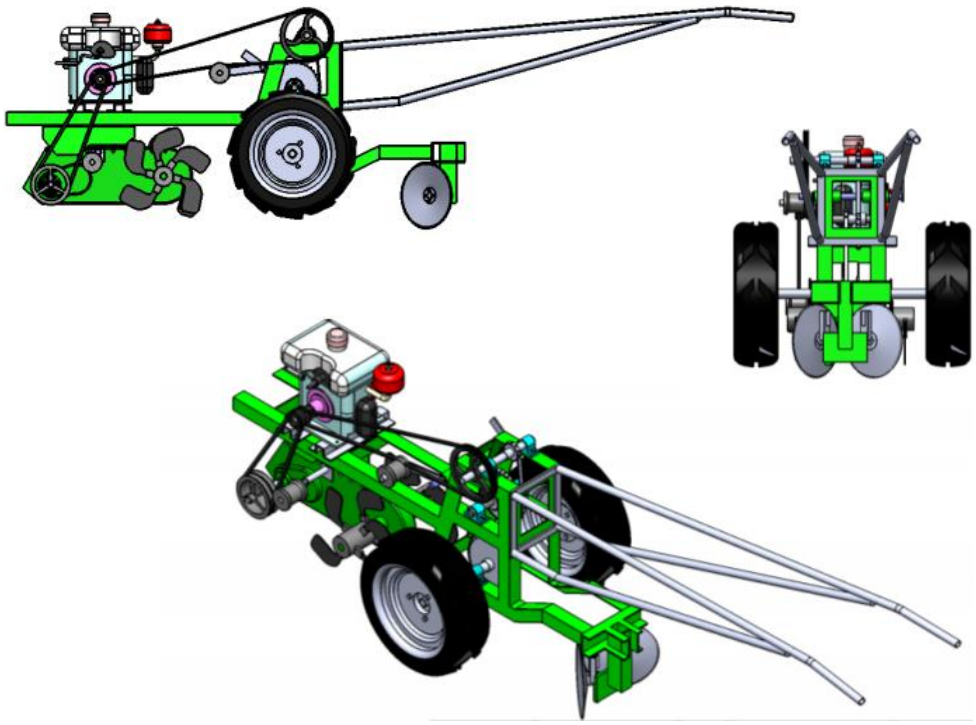
เพื่อหาแนวทางการออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสมกับการใช้งานในการกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง จึงได้ทำการทดสอบเบื้องต้นเครื่องพรวนดินกำจัดวัชพืช ที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ พบว่าส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชในร่อง

ปลูกพืชเพียงอย่างเดียว ไม่มีการยกร่องดินเพื่อสาดกลบโคนต้น (รูปที่ 4 และ 5) แต่ในบางยี่ห้อมีจำหน่ายเป็นอุปกรณ์เสริม แต่ยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานในร่องมันสำปะหลัง ทั้งนี้ได้ปรับปรุงและประกอบชิ้นส่วนต้นแบบบางส่วนและทดสอบการใช้งาน พบว่า การใช้เครื่องยนต์เบนซินเป็นต้นกำลังและพ่วงอุปกรณ์หลายชิ้น เช่น ผาลจานยกร่องกลบดิน จะทำให้เกิดภาระโหลดในการทำงานที่มากขึ้น ซึ่งมีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ข้อจำกัดในการพรวนดินกำจัดวัชพืชในร่องที่แคบกว่าร่องมันสำปะหลังไม่สามารถปรับได้ตามความกว้างร่องที่เหมาะสม มีผลต่อการกำจัดวัชพืชได้ไม่หมด ยังคงเหลือค้างในแปลง แต่มีข้อดีในส่วนการควบคุมตัวเครื่องมือที่มีความคล่องตัวและสะดวกในขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากเครื่องมือมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทั้งนี้อย่างไรก็ตามการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศเข้ามาจำหน่ายยังมีราคาค่อนข้างแพง และอะไหล่จำเป็นต้องซื้อจากตัวแทนจำหน่ายเท่านั้น ไม่สามารถซ่อมแซมหรือแก้ไขได้โดยช่างในท้องถิ่นนั้นๆ

รูปที่ 3 แนวทางการออกแบบและชิ้นส่วนต้นแบบบางส่วนระหว่างดำเนินการสร้าง

รูปที่ 4 การทดสอบเครื่องมือพรวนดินเพื่อหาแนวทางการออกแบบที่เหมาะสม

รูปที่ 5 การทดสอบเครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชยี่ห้อนิชิโน่



รูปที่ 6 แนวคิดการออกแบบเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม

จากผลการดำเนินงานวิจัยและทดสอบเบื้องต้นของเครื่องพรวนดินกำจัดวัชพืช จึงได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบตัวที่ 1 ตามลักษณะดังรูปที่ 6 โดยเลือกใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน และประกอบกับจอบหมุนขนาดหน้ากว้าง 50 ซม. ที่ทำหน้าที่พรวนดิน

กำจัดวัชพืช และใช้ผาลจานขนาด 16 นิ้ว ทำหน้าที่ไถพลิกดินกลบโคนต้นมันสำปะหลัง และทำการทดสอบเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการทำงานพลิกกลบดินของผาลจานที่ติดตั้งแตกต่างกันสองแบบ แบบที่ 1 เป็นการติดตั้งผาลจานสองใบทำมุมกัน องศา และ แบบที่ 2 เป็นการติดตั้งผาลจานสองใบแบบเยื้องข้างกัน (รูปที่ 7) พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานกำจัดวัชพืชได้ดีระดับหนึ่ง การติดตั้งใบผาลไถแบบที่ 2 สามารถทำงานได้ดีกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากง่านต่อการควบคุมรถ และดินพลิกกลบโคนต้นได้ดีกว่าและแต่เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 5 แรงม้า มีกำลังไม่พอกับการทำงานกำจัดวัชพืชและพลิกกลบดิน ทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ที่ และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างมาก

จากปัญหาที่พบจากการทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชต้นแบบตัวที่ 1 จึงได้ปรับปรุงและแก้ไขปรับเปลี่ยนต้นกำลังจากเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 9 แรงม้า เพื่อช่วยในการเพิ่มสมรรถนะในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่อพ่วง 2 ชุด (โรตารี่+ใบผาลจาน) ทั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างล้อขับเคลื่อนเป็นล้อเหล็กแทนล้อยางแบบเดิม เพื่อลดการลื่นไถลขณะทำงานในร่องแปลงมันสำปะหลัง ในส่วนโรตารี่ตีดิน เพิ่มส่วนฝาครอบไม่ให้ดินฟุ้งกระจายใส่ผู้ควบคุมเครื่องขณะทำงาน รวมทั้งการเพิ่มล้อคัดท้ายของไถผาลจาน ให้ง่ายในการควบคุมรถขณะปฏิบัติงาน

รูปที่ 7 ต้นแบบที่ 1 และรูปแบบใบผาลไถแบบที่ 1 และ 2

รูปที่ 8 สภาพแปลงมันสำปะหลังอายุประมาณ 2 เดือน ก่อนและหลังการทดสอบ ณ ศวพ.กาฬสินธุ์

รูปที่ 9 ทดสอบเครื่องมือต้นแบบตัวที่ 1 ในแปลงมันสำปะหลัง

รูปที่ 10 เครื่องมือกำจัดวัชพืชในร่องมันฯ แบบเดินตาม ต้นแบบตัวที่ 2

รูปที่ 11 การทดสอบเครื่องมือกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม ต้นแบบตัวที่ 2

รูปที่ 12 การเก็บและบันทึกข้อมูลการทดสอบในแปลงปลูกมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน ณ ศวพ.กาฬสินธุ์

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของแปลงมันสำปะหลังสำหรับการทดสอบเครื่องมือต้นแบบ ณ ศวพ. กาฬสินธุ์

ซ้ำที่	ความกว้างร่องมันสำปะหลัง (ซม.)	ความลึกร่องมันสำปะหลัง (ซม.)	ความสูงต้นมันสำปะหลัง (ซม.)
1	50.0	25.0	50.0
2	53.0	29.0	44.0
3	56.0	27.0	52.0
4	55.0	24.0	49.0
5	52.0	28.0	41.0
เฉลี่ย	53.2	26.6	47.2
SD	2.39	2.07	4.55

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม ต้นแบบตัวที่ 2 (เครื่องยนต์ดีเซล)

รูปแบบอุปกรณ์พ่วงท้าย	แปลงที่	เวลาทำงาน (วินาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	ความหนาแน่นวัชพืช (ต้น/ตรม.)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)
แบบที่ 1 ผาลจาน 16 นิ้ว	1	616	0.34	1.75	121	94.21
	2	670	0.35	1.61	98	89.80
	3	620	0.30	1.74	176	94.89
	เฉลี่ย	635.33	0.33	1.70	131.7	93.42
	SD	30.09	0.03	0.08	40.1	2.8
แบบที่ 2 ผาลจาน 18 นิ้ว	1	630	0.61	1.71	72	87.50
	2	665	0.43	1.62	56	85.71
	3	630	0.44	1.71	45	84.44
	เฉลี่ย	641.67	0.50	1.68	57.7	86.13
	SD	20.21	0.10	0.05	13.6	1.5

จากผลการทดสอบต้นแบบตัวที่ 2 ในพื้นที่แปลงทดสอบขนาดแปลงละ 480 ตารางเมตร จำนวน 3 แปลง ต่อรูปแบบอุปกรณ์ผาลจาน รอบเครื่องยนต์ประมาณ 760 รอบ/นาที พบว่าข้อควรปรับปรุงและแก้ไขคือ ในส่วนของโรตารี่พรวนดินยังไม่เหมาะสมในการกำจัดวัชพืช เนื่องจากมีเศษวัชพืชติดขัดอยู่ในใบมีดในกรณีที่ต้นวัชพืชมีปริมาณที่มาก ทำให้ในขณะปฏิบัติงานต้องหยุดรถเพื่อดึงเศษวัชพืชออกอยู่เป็นช่วงๆ ทำให้เสียเวลาในการทำงาน คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการปรับปรุงและแก้ไขต้นแบบใหม่ โดย

เปลี่ยนชุดโรตารี่พรวนดินออกและใช้ใบผาลจานเพิ่มอีก 2 ใบ สำหรับการปาดดินที่โคนต้นมันสำปะหลังและพลิกดินกลบวัชพืช พร้อมเพิ่มส่วนของอุปกรณ์ให้ปุ๋ยในชุดต้นแบบอีกชุดหนึ่งตามภาพประกอบ (รูปที่ 13)

รูปที่ 13 ต้นแบบเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม

ทั้งนี้การทดสอบเครื่องมือกำจัดวัชพืชต้นแบบตัวที่ 3 ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลสมรรถนะเครื่อง และประสิทธิภาพการทำงานในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ในช่วงปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝน ในเขตพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ และขอนแก่น ทดสอบการใช้งานและปรับปรับให้เครื่องมือพรวนดินกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยแบบเดินตามในร่องปลูกมันสำปะหลัง สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยง่ายในการใช้งาน เพื่อลดเวลาและการใช้แรงงานในการพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในแปลงมันสำปะหลัง ตลอดจนช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังนี้ ดำเนินการวิจัยต้นแบบเครื่องจักรกลเกษตร ที่สามารถช่วยเกษตรกรในการพรวนดินกำจัดวัชพืช แทนการใช้สารเคมี ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสะดวกในการใช้ และสามารถกำจัดวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการและใช้อย่างต่อเนื่องอาจส่งผลกระทบในระยะยาวทั้งต่อตัวเกษตรกรเอง และแปลงปลูกมันสำปะหลังนั้น กล่าวคือเกษตรกรที่ทำงานเกี่ยวข้องกับสารเคมีอาจได้รับสารเคมีนั้นเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง และส่งผลเสียต่อสุขภาพ และแปลงปลูกมันสำปะหลังที่มีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีสารพิษตกค้างในดิน รวมถึงน้ำใต้ดินเป็นผลเสียต่อ

ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้อาจเกิดปัญหาวัชพืชดื้อยา ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้สารเคมีลดลง ต้องใช้ปริมาณมากขึ้น ปัญหาที่ตามมาจึงรุนแรงมากขึ้น

การกำจัดวัชพืชในแปลงมันสำปะหลังนั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากวัชพืชจะแย่งธาตุอาหารกับต้นมันสำปะหลังแล้ว วัชพืชยังเป็นที่อยู่อาศัยและที่หลบซ่อนของแมลงศัตรูพืช การใช้เครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยที่ได้วิจัยขึ้นนี้ ได้แบ่งการใช้งานตามอายุปลูกของต้นมันสำปะหลัง โดยในช่วง 1-2 เดือนแรก ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ ซึ่งสามารถพรวนดินและกำจัดวัชพืชทั้งบริเวณระหว่างต้น และระหว่างร่อง รวมถึงใส่ปุ๋ยพร้อมกลบในการทำงานครั้งเดียว สามารถทำงานได้ประมาณ 1 ไร่ต่อชั่วโมง และสามารถกำจัดวัชพืชได้สูงถึง 90-97 เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้นในช่วงอายุมัน 3-4 เดือน ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องมือกำจัดวัชพืชพร้อมยกร่องกลบปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังแบบเดินตาม ซึ่งสามารถวิ่งเข้าร่องปลูกเพื่อกำจัดวัชพืชที่บริเวณท้องร่องและใส่ปุ๋ยพร้อมกลบ มีความสามารถในการทำงาน 1.70 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพกำจัดวัชพืช 93.42%

แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานในแปลงเกษตรกร ยังมีข้อจำกัดในส่วนของระยะร่องปลูก เนื่องจากการใช้แทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังจะสามารถเข้าทำงานได้ในแปลงปลูกที่มีระยะร่องปลูก 120 เซนติเมตรขึ้นไปเท่านั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหานี้ จึงเห็นควรดำเนินการวิจัยรถกำจัดวัชพืชแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเองที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างล้อได้ในอนาคต รวมถึงการนำระบบทำงานแบบอัตโนมัติทำงานแทนผู้ปฏิบัติงานบนเครื่องต้นแบบนี้

วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

Research and Development of Picking Machine and Transfer for Cassava Tuber into the Truck

วุฒิพล จันทร์สระคู	ศักดิ์ชัย อาษาวัง	อนุชิต ฉ่ำสิงห์
Wuttiphol Chansrakoo	Sakchai Arsawang	Anuchit Chamsing
ประสาท แสงพันธุ์ตา	กลวัชร ทิมินกุล	สุพัตรา ชาวกงจักร
Prasat Sangphanta	Kolawatchara Thiminkul	Supattra Chawkongchak

คำหลัก: มันสำปะหลัง, เครื่องกำจัดวัชพืชมันสำปะหลัง, เครื่องใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง

Keywords: cassava, cassava weeder, cassava fertilizing machine

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า หลังจากขุดเก็บและรวมกองไว้แล้ว เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใช้เครื่องยนต์เบนซินเล็กขนาด 5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านสายพานแบบลิ่มเพื่อขับชุดโซ่ป้อนเหง้าสองชุด และชุดใบเลื่อยวงเดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว 60 ฟัน จำนวน 4 .ใบซึ่งติดตั้งเหนือชุดโซ่ป้อน ใบแรกวางด้านหน้าในแนวระดับ อีกสองใบวางในแนวดิ่ง โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างใบเลื่อยทั้งสองใบได้ เนื่องจากใบเลื่อยด้านหนึ่งยึดกับโครงที่เลื่อนเข้าออกได้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหง้ามัน ส่วนใบเลื่อยอีกใบหนึ่งติดตั้งทางด้านหลังในแนวระดับ เหง้ามันถูกป้อนโดยการคว่ำเหง้าลงด้านล่าง เครื่องต้นแบบทำงานได้เหมาะสมเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ 2,257 รอบต่อนาที ความเร็วชุดโซ่ป้อน 0.09 เมตรต่อวินาที และ ความเร็วเชิงเส้นใบเลื่อยทั้งสี่ใบ 16.30 เมตรต่อวินาที สามารถปลิดหัวมันได้ 829 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หัวมันสูญเสียร้อยละ 1.44 มีเหง้ามันปนกับหัวมันร้อยละ 1.00 สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 251 บาทต่อไร่ มีความเป็นไปได้ในการใช้งานทดแทนการปลิดหัวมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน และเป็นแนวทางการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่ทำงานต่อเนื่องเป็นระบบได้

การวิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกหลังการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า ลดปัญหาด้านการขาดแคลนในการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกที่เหมาะสมกับกระบวนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ต่างๆ ทดสอบการทำงานเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ และทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกแบบติดด้านข้างตัวรถใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม 2,000–2,200 รอบต่อนาที ความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์ลำเลียง 0.82-0.90 เมตรต่อวินาที เครื่องสามารถพับเก็บได้ขณะรถเคลื่อนที่ในแปลง และถอดเครื่องยนต์ออกเมื่อเสร็จจากการทำงานแล้ว จากผลการทดสอบมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 ในแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สวพ.3 ใช้รถบรรทุกขนาด 3 ตันบรรทุก พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการทำงาน 3.29 – 3.62 ตันต่อชั่วโมง มีความสูญเสียจากการร่วงหล่นของหัวมันสำปะหลัง 0.76 – 1.85%

Abstracts

This research aimed to solve the shortage of labor to pluck out of the cassava roots after digging and then stacking them together. The developed prototype used a 5 hp - small gasoline engine which the wedge belts drived the two rhizome feeder chains and the four circular saw blades with 7 inches in diameter and 60 teeth which were mounted above the feeder chains. The in front of blade was placed in the level and the next two blades were placed vertically, while the gap could adjust due to the rhizome diameter cause of the one blade was mounted on the adjustable frame. The last back blade was placed in the level. When the machine was operated the rhizome was upside down. The prototype machine worked properly when the engine run at 2,257 rpm., feeder chains speed 0.09 meters per second and the four blades speed at 16.30 meters per second. The results showed that the working capacity was 829 kg per hour, the losses of cassava roots were 1.44 %, stem mixed with 1 % and fuel cost was 251 baht per rai .It is possible to substitute cassava roots plucking by manual labor and guide the development of the new research for harvesting cassava to work systematically.

Research and development of cassava conveyer purpose to release the lack of labors who carry the harvested cassava to the transporters. The prototype was designed to attached on the side of transporter's container and 5 horsepower of gasoline engine was the main power. The optimal of engine working speed was 2,000-2,200 rpm that could get 0.82- 0.99 m/s of chain 's linear velocity. The tests were conducted in the lab and the field and the cassava Rayong 9 was selected. The field tests were conducted at the office agricultural research and development region 3's field in Kalasin province. The prototype was attached with 3 ton trailer. The results showed the working capacity of 3.29-3.62 ton/hr and the cassava loss was 0.76-1.85%.

บทนำ

ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 4 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล และอินโดนีเซีย และเป็นประเทศผู้ส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกทำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 2 หมื่นล้านบาท โดยประเทศไทยมีเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 3 ล้านคน บนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6.7 ล้านไร่ ผลผลิตราว 21.4 ล้านตัน มีพื้นที่เพาะปลูกเป็นอันดับ 4 รองจากข้าวและข้าวโพด และยางพารา ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง จัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และจากการที่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในระบบการผลิตที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความสูญเสีย ความเสียหาย คุณภาพของผลผลิต โดยหัวมันที่ทำการขุดแล้วหากไม่ได้รับการแปรรูปภายใน 2 วัน คุณภาพจะลดอย่างมาก (Thant, 1997 และ พร้อมพรรณ, 2549) และต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยพบว่าต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีสัดส่วนการลงทุนสูงสุด (27%) รองลงมาได้แก่ค่าปุ๋ย ค่าเตรียมดิน ค่ากำจัดวัชพืช ค่าขนส่ง และค่าท่อนพันธุ์และแรงงานปลูกในสัดส่วนร้อยละ 18 17 16 13 และ 7 ตามลำดับ (สุรพงษ์และคณะ, 2550) โดยค่าจ้างแรงงานเป็นสัดส่วนค่าใช้จ่ายสูงสุดในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับค่าใช้จ่ายในการผลิตพืชเศรษฐกิจหลักอื่นๆ ยกเว้นในการผลิตข้าว (Anuchit, 2007) ทั้งนี้เนื่องจากใช้แรงงานคนเป็นหลัก เพื่อการขุดหรือถอน การตัดส่วนที่เป็นหัวออกจากโคนต้น และรวบรวมขึ้นรถบรรทุกเพื่อการขนย้ายไปจำหน่าย และประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานเช่นเดียวกับการผลิตพืชอื่นในภาคเกษตร เนื่องจากแรงงานเคลื่อนย้ายสู่นอกภาคเกษตร ทั้งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และทำให้ค่าจ้างแรงงานในภาคเกษตรสูงขึ้นเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนการแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในระบบการเก็บเกี่ยว จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาและแก้ปัญหาทั้งระบบ (จารุวัฒน์ และอนุชิต, 2550 และ อนุชิต และคณะ, 2552) ระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่ามีอยู่ 2 รูปแบบหลัก คือ การเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และ แบบใช้เครื่องขุด

มันสำปะหลังร่วมกับการใช้แรงงานคน โดยรูปแบบที่สองนั้น สามารถช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่เกษตรกรกำลังเผชิญอยู่ได้ในระดับหนึ่ง โดยลดการใช้แรงงานประมาณร้อยละ 37 และ ลดต้นทุนการผลิตลงประมาณร้อยละ 8-10 (Anuchit, 2007) แต่ยังมีเกษตรกรจำนวนมิใช่น้อย ทั้งในเขตพื้นที่ซึ่งมีการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแล้ว และในพื้นที่ที่ยังไม่มีการใช้ ยังคงทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนทั้งหมด ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ผลิตและจำหน่ายแล้ว ยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรบางส่วน หรือไม่เหมาะสมกับการใช้งานในบางเขตพื้นที่เพาะปลูกจากข้อจำกัดการใช้งานบางประการ ระบบปฏิบัติในพื้นที่นั้นๆ และการมีข้อจำกัดน้อยเกี่ยวกับช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว ยกเว้นต้องรีบทำการเก็บเกี่ยวเพื่อการปลูกใหม่ ซึ่งแตกต่างจากพืชอื่นที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสมเพราะมีผลกระทบต่อความสูญเสียและความเสียหายของผลผลิตที่จะได้รับ ทั้งนี้สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูที่มีความต้องการแรงฉุดลากน้อยและมีความสูญเสียผลผลิตที่จะได้รับน้อย (2-4%) พร้อมคุณลักษณะเพิ่มเติมจากเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ทั่วไป เช่นการทำการขุดได้อย่างต่อเนื่องกรณีใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ลักษณะเหง้ามันสำปะหลังมีลักษณะตั้งคล้ายการขุดหรือถอนโดยคน ทำให้ง่ายต่อการเก็บและรวมกอง มีระบบการปรับเลื่อนเข้ากับระยะระหว่างแถวทำได้สะดวก และมีช่วงการทำงานในสภาพดินที่แตกต่างกันมากขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน การลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการเก็บเกี่ยว (อนุชิต และคณะ, 2552) นอกจากนี้พบว่าอุปสรรคสำคัญต่อการขยายตัวของการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานอย่างหนึ่ง คือการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันนั้น เพียงช่วยลดจำนวนแรงงาน และความเหนื่อยยากในช่วงการขุดถอนขึ้นจากดินเท่านั้น ส่วนการเก็บรวบรวมกอง ตัดหัวมันจากเหง้า และการขนย้ายขึ้นรถบรรทุกเพื่อไปจำหน่าย นั้น ยังคงต้องใช้แรงงานคนถึง 2 ใน 3 ส่วน ของรูปแบบการเก็บเกี่ยวการใช้แรงงานคนทั้งหมดในการเก็บเกี่ยว ซึ่งจัดเป็นข้อจำกัดและเป็นปัญหาในลักษณะคอขวดที่สำคัญในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (อนุชิต และคณะ, 2552) หน่วยงานต่างๆ ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวเช่นกัน และได้เริ่มมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยว นอกเหนือจากการวิจัยและพัฒนาเพื่อการขุดให้หัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน หรือพัฒนาเครื่องมือสำหรับขั้นตอนหลังจากการขุดขึ้นมาจากดินบ้างแล้ว ทั้งมีการเผยแพร่แล้ว มีต้นแบบแต่ไม่เผยแพร่ และอยู่ระหว่างดำเนินการวิจัยและพัฒนา โดยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรต้นแบบในลักษณะการขุดขึ้นมาจากดินแล้วจัดให้มีการรวมกอง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดและเก็บมันสำปะหลัง ซึ่งมีความก้าวหน้าไปในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์

อย่างไรก็ตามพบว่า ได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า โดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลัง โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายหลังการขุดขึ้นมาจากดิน และการเก็บรวมกอง ก่อนการขนย้ายขึ้นรถบรรทุก แต่ยังไม่ได้รับการเผยแพร่สู่เกษตรกร หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แม้กระทั่งเครื่องมือสำหรับการขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุกก็ยังอยู่ในกระบวนการวิจัยและพัฒนาให้ได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในขบวนการวิจัยและพัฒนานั้น

ยังคงมีเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น แรงงาน พันธุ์ที่หลากหลาย สภาพพื้นที่เพาะปลูก และต้นทุนค่าใช้จ่าย เป็นต้น จึงนับได้ว่าขั้นตอนการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และขั้นตอนการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือทุ่นแรงเพื่อการสนับสนุนการแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และพัฒนาเครื่องมือช่วยในการขนย้ายหัวมันสำปะหลังออกจากแปลงใส่รถบรรทุกให้เกิดความสะดวกมากขึ้น ลดปัญหาด้านการขาดแคลน และเพิ่มประโยชน์จากอุปกรณ์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ให้มีความหลากหลายขึ้น ลดความเหนื่อยยากของแรงงาน พัฒนาขีดความสามารถในการทำงานของแรงงานคน ประหยัดเวลา และแก้ปัญหาข้อจำกัดการทำงานต่างๆ เป็นแก้ปัญหาสำคัญที่มีลักษณะคอขวดในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง อีกทั้งได้แนวทางการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่สมบูรณ์แบบต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการวิจัยนี้ แบ่งการดำเนินโครงการเป็น 2 กิจกรรมวิจัยหลัก ดังนี้

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า (Cassava Tuber, Cassava Rhizome, Cutting machine)

อุปกรณ์ ประกอบด้วย นาฬิกาจับเวลา เครื่องมือวัดความเร็วรอบเพลา ตลับเมตร มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1 แรงม้า กระบอกตวงสำหรับวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เบนซินขนาด 5 แรงม้า ตาชั่ง วัสดุและอุปกรณ์เครื่องมือช่างต่างๆ และแปลงมันสำปะหลังสำหรับการทดลองเครื่องจักรต้นแบบ

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าให้มีประสิทธิภาพ

วิธีปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การทดลองจึงได้กำหนดขั้นตอนวิธีปฏิบัติดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเหง้ามันสำปะหลัง ได้แก่ ความยาวเหง้า เส้นผ่านศูนย์กลางเหง้า เพื่อใช้ในการกำหนดระยะห่างของชุดจับป้อนเหง้า ความกว้าง ความยาว และความสูง ของหัวมันที่แผ่ออกจากเหง้า เพื่อใช้กำหนดความกว้างและความสูงของจุดยึดต่าง ๆ ของชุดปลิดหัวเพื่อป้องกันการขัดตัวขณะทำการป้อนเหง้า จำนวนหัวและน้ำหนักทั้งหมดต่อเหง้าเพื่อออกแบบการจับยึดเหง้าของชุดป้อนเพื่อป้องกันการลื่นหลุดขณะป้อน รวมถึงการปลิดหัวมันออกจากเหง้าด้วยวิธีการต่างๆ และรวมทั้งรูปแบบ

และเครื่องมือที่มีการพัฒนาและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และข้อมูลการปลิดโดยใช้แรงงานคนตามวิธีปฏิบัติเดิม เพื่อใช้เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

2. ออกแบบกลไกและสร้างชุดทดสอบกลไกการปลิดหัวมันออกจากเหง้า โดยมีเงื่อนไขในการออกแบบประกอบด้วย

2.1 เป็นกลไกที่เหมาะสำหรับการปลิดหัวมันหลังจากการขุดและเก็บรวมกองไว้ในแปลงแล้ว เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียงหัวมันแบบติดข้างรถบรรทุกซึ่งเป็นงานวิจัยที่อยู่ภายใต้กิจกรรมเดียวกัน เครื่องต้องมีน้ำหนักเบา ใช้งานง่าย เคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียว

2.2 ใช้แรงงานคนในการทำงาน หรือใช้ต้นกำลังขนาดเล็กที่ราคาไม่แพงมาก เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย

3. ดำเนินการทดสอบกลไกต่าง ๆ และชุดทดสอบ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นต้นแบบเครื่องปลิดหัวมันออกจากเหง้ามันสำปะหลัง

4. สร้างต้นแบบและทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังในห้องปฏิบัติการ

5. ทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร และเวียนปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องต้นแบบที่เหมาะสม โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และเขียนรายงาน ดังนี้

การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

ก. ความสามารถในการทำงาน C_P (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ดังสมการที่ 1

ข. ความสามารถในการปลิดหัวมันสำปะหลัง C_l (%) ดังสมการที่ 2

ค. การสูญเสียหัวมันสำปะหลังที่ทิ้งไปกับเหง้า L_s (%) ดังสมการที่ 3

ง. เหง้ามันปนมากับหัวมันสำปะหลังที่ปลิดได้ I_m (%) ดังสมการที่ 4

จ. เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C_P = \frac{m_1}{t} \quad \text{----------(1)}$$

$$C_l = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100 \quad \text{----------(2)}$$

$$L_s = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times 100 \quad \text{----------(3)}$$

$$I_m = \frac{m_3}{m_1} \times 100 \quad \text{----------(4)}$$

เมื่อ m_1 คือน้ำหนักหัวมันที่เครื่องปลิดได้ (กิโลกรัม)

เมื่อ m_2 คือน้ำหนักหัวมันที่ไม่ถูกปลิด และถูกทิ้งไปกับเหง้า (กิโลกรัม)

เมื่อ m_3 คือน้ำหนักเหง้าที่ปนมากับหัวมันที่เครื่องปลิดได้ (กิโลกรัม)

เมื่อ t คือเวลาการทำงานของเครื่องปลิด (ชั่วโมง)

เวลาและสถานที่

เริ่มต้นงานวิจัย ตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2558

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

แปลงทดลองการผลิตมันสำปะหลังของศูนย์วิจัยฯ กรมวิชาการเกษตร และไร่เกษตรกร

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก (Research and Development of Cassava Transporter Attached to a Truck)

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกให้มีประสิทธิภาพ

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกรรมวิธีการขนย้าย เครื่องมือและอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกที่เกษตรกรใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
2. ออกแบบและสร้างเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก โดยสร้างต้นแบบทดสอบสำหรับศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้รูปแบบของอุปกรณ์ขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุกที่เหมาะสมกับกระบวนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ต่างๆ มีเงื่อนไขในการออกแบบดังนี้
    - 2.1 สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนได้สะดวก ในการขนย้ายและติดตั้งกับรถบรรทุก
    - 2.2 มีความสูงของอุปกรณ์ที่สามารถปรับได้ในช่วง 2.0-2.5 เมตร
    - 2.3 สามารถบรรจุหัวมันสำปะหลังได้ครั้งละ 15-20 กิโลกรัม/กระพ้อ (เทียบน้ำหนักกับการบรรจุหัวมันสำปะหลังต่อเข่ง)
    - 2.4 โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็กพ่นสีกันสนิม
    - 2.5 ปรับมุมเอียงของรางเลื่อนขนย้ายได้ ตั้งแต่ 0-45 องศา จากแนวด้านข้างรถบรรทุก
    - 2.6 ใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ถ่ายทอดกำลังผ่านพูเล่ย์และสายพาน
3. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น ของเครื่องมือต้นแบบในห้องปฏิบัติการและแปลงมันสำปะหลังของศูนย์วิจัยพืช กรมวิชาการเกษตร
4. ทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร และเวียนปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือต้นแบบที่เหมาะสมตามความต้องการ
5. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

ค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของหัวมันสำปะหลัง (%)
- เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

เวลาและสถานที่	เริ่มต้น ตุลาคม 2557 – สิ้นสุด กันยายน 2558
สถานที่ทำการทดลอง	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า (Cassava Tuber, Cassava Rhizome, Cutting machine)

1.1 ผลการศึกษาข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเหง้ามันสำปะหลัง การปลิดหัวมันออกจากเหง้าด้วยวิธีการต่างๆ และรวมทั้งรูปแบบและเครื่องมือที่มีการพัฒนาและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน และข้อมูลการปลิดโดยใช้แรงงานคนตามวิธีปฏิบัติเดิม มีรายละเอียดดังนี้

การศึกษาข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเหง้ามันสำปะหลัง เป็นการรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติการทดสอบเครื่องขุดมันสำปะหลังในพื้นที่ปลูกมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน จังหวัด ซึ่งแยกเป็นพันธุ์ที่ปลูกทั่วไปจำนวน พันธุ์ (ตารางที่ 1) การวัดขนาดต่างๆของเหง้ามันแสดงดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 การวัดความกว้าง ความยาว และความลึกเหง้ามันสำปะหลัง

การขุดมันจากแปลงยังมีทั้งรูปแบบการถอนต้นมันทั้งต้นในพื้นที่ที่ดินไม่แข็งและไม่แน่นมาก แล้วนำมารวมกองทั้งต้นโดยใช้แรงงานคน ดังรูปที่ 11 แล้วจึงใช้มีดปลิดหัวมันลงบนแปลง การขนย้ายต้นมัน

อาจมีการใช้เครื่องคีบลำอ้อยในการเก็บรวมกอง ดังรูปที่ 12 บางพื้นที่จะตัดต้นมันแล้วเก็บรวมกองไว้เพื่อทำพันธุ์ (รูปที่ 13) แล้วขุดหัวมันด้วยผาลขุด (รูปที่ 14) หรืออาจใช้คานงัด (รูปที่ 15) ส่วนการปลิดหัวมันออกจากเหง้าในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังเป็นการใช้มีด หรือพร้า (รูปที่ 15) ตามวิธีปฏิบัติเดิมสับหัวมันลงในแปลงแล้วจึงเก็บใส่เข่งเพื่อขนขึ้นรถบรรทุกหรือรถเพื่อการเกษตรอื่นเพื่อส่งไปจำหน่ายต่อไป ยังไม่พบการใช้เครื่องมือทุ่นแรง หรือเครื่องจักรอื่นในการปลิดหัวมัน

รูปที่ 11 การถอนมันทั้งต้นก่อนการปลิด

รูปที่ 12 การเก็บต้นมันหลังการปลิดด้วยรถคีบอ้อย

รูปที่ 13 การตัดต้นมันก่อนการขุด

รูปที่ 14 การขุดมันด้วยผาลขุด

รูปที่ 15 การถอนเหง้ามันด้วยคานงัด

รูปที่ 16 การปลิดหัวมันด้วยมีด

ตารางที่ 1: ข้อมูลทางกายภาพของหัวมันและเหง้ามันสำปะหลัง พันธุ์ เกษตรศาสตร์ อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน

รายการ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	ลึก (cm)	kg/เหง้า	เหง้ายาว (cm)	เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กสุด (cm)	เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุด (cm)
สุงสุด	60.0	66.8	39.2	5.6	23.5	6.2	6.4
ต่ำสุด	21.0	15.0	11.0	0.3	3.7	2.6	2.7
เฉลีย	38.6	34.8	25.0	1.6	11.4	3.9	4.4
sd	9.9	10.6	6.5	1.0	4.6	0.8	0.7

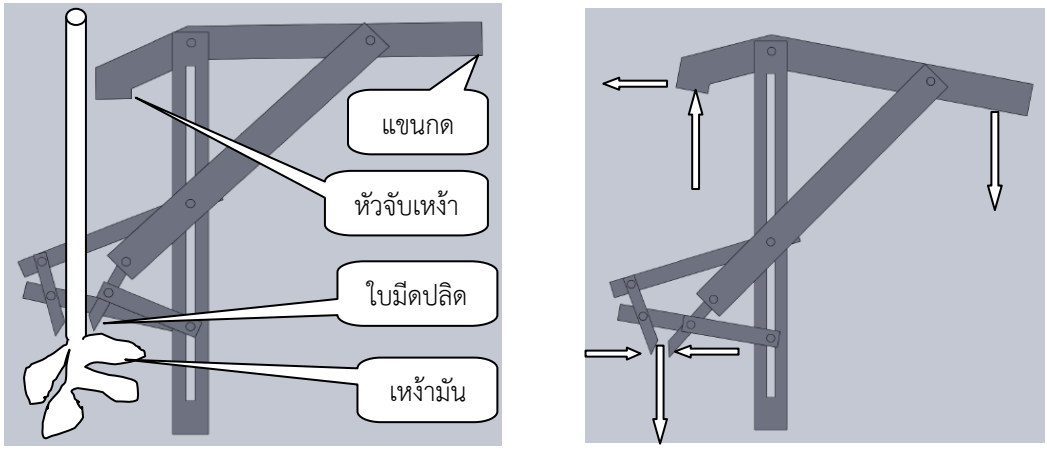
ตารางที่ 2: ความสามารถในการปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าด้วยแรงงานเมื่อใช้มีดสับ

คนที่	ซ้ำที่	จำนวนเหง้า	น้ำหนักหัวมัน (กก.)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความสามารถเมื่อสับต่อเนื่อง	60%ของความสามารถ (กก./ชม)
1	1	10	31.2	34.41	3,264	1,959
	2	7	22.7	129.48	631	379
	3	12	32.1	99.21	1,165	699
2	1	13	35.4	92.36	1,380	828
	2	14	35.8	111.61	1,155	693
	3	14	38.2	132.39	1,039	623
3	1	7	36.5	205.32	640	384
	2	11	38.7	79.47	1,753	1,052
	3	7	24.5	35.00	2,520	1,512
เฉลี่ย		11	32.8	102.14	1,505	903

1.2 ผลการออกแบบกลไกและสร้างชุดทดสอบกลไกการปลิดหัวมันออกจากเหง้า

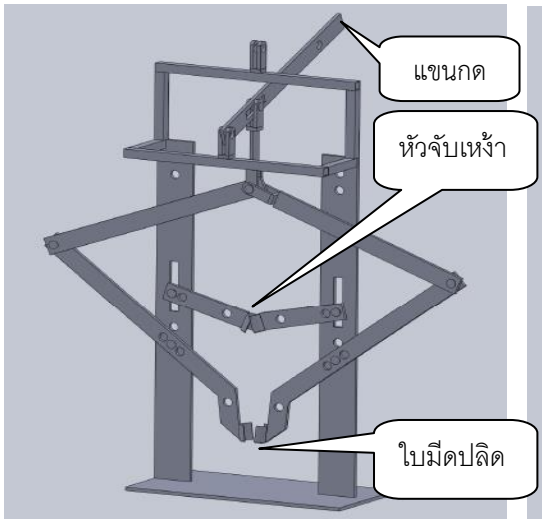
เนื่องจากเงื่อนไขที่ต้องการให้เป็นกลไกที่เหมาะสำหรับการปลิดหัวมันหลังจากการขุดและเก็บรวมกองไว้ในแปลงแล้ว เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียงหัวมันแบบติดข้างรถบรรทุกซึ่งเป็นงานวิจัยที่อยู่ภายใต้กิจกรรมเดียวกัน เครื่องต้องมีน้ำหนักเบา ใช้งานง่าย เคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียว ใช้แรงงานคนในการทำงาน หรือใช้ต้นกำลังขนาดเล็กที่ราคาไม่แพงมาก เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย จึงได้ออกแบบกลไกจำนวน 4 แบบ และเลือกแบบที่ 4 มาสร้างเป็นต้นแบบแบบที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบของกลไกเครื่องปลิดหัวมันแบบที่ 1 (รูปที่ 17) ในเบื้องต้นได้ออกแบบให้มีการทำงานดังนี้คือ เมื่อจับก้านเหง้ามันด้วยหัวจับ พร้อม ๆ กับการโยกแขนกดแล้ว หัวจับเหง้ามันจะจับเหง้าจนแน่นและยกเหง้าขึ้นในแนวดิ่ง ขณะเดียวกันชุดใบมีดจะถูกดันลงด้านล่างพร้อมกับปากใบมีดจะหุบลงจนมีขนาดราวๆเส้นผ่านศูนย์กลางโคนเหง้า ทำให้หัวมันถูกเฉือนขาดจากเหง้าเมื่อมีการโยกคานกดเพียงครั้งเดียว

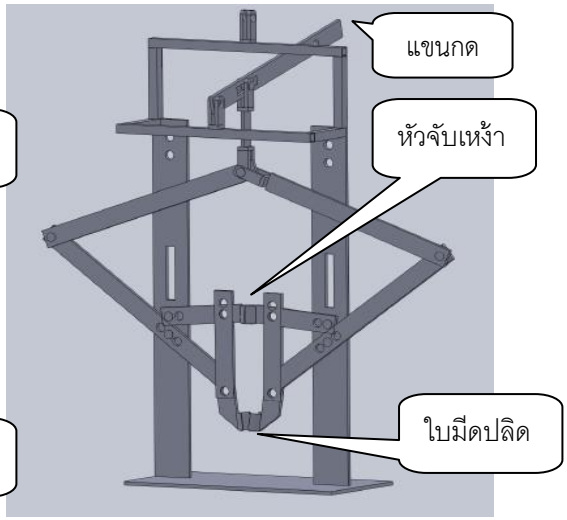


รูปที่ 17 กลไกแบบที่ 1 และลักษณะการทำงาน

หลังจากทำการทดสอบเบื้องต้นกลไกแบบที่ 1 แล้วพบว่าไม่มีความแข็งแรงมากพอ จึงได้ออกแบบกลไกแบบที่ 2 (รูปที่ 18) เพื่อให้กลไกมีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเมื่อโยกแขนโยกบนขึ้น ปากจับเหง้ามันและชุดใบมีดจะอ้าออก เพื่อให้สอดเหง้ามันเข้าไปที่ปากจับและหัวมันอยู่ที่ใบมีด แต่ยังพบว่าชุดปากจับและชุดใบมีดยังมีระยะห่างกันมากเกินไป และมีระยะชักการปลิดน้อยทำให้ไม่สามารถทำงานได้ จึงออกแบบกลไกแบบที่ 3 (รูปที่ 19) ซึ่งเมื่อปากจับเหง้าแล้วดึงเหง้าขึ้นด้านบน ชุดใบมีดจะกดลงมาปลิดหัวมันด้านล่าง แต่ยังพบว่าปากจับยังจับไม่แน่นพอ จึงออกแบบกลไกแบบที่ 4 (รูปที่ 20)

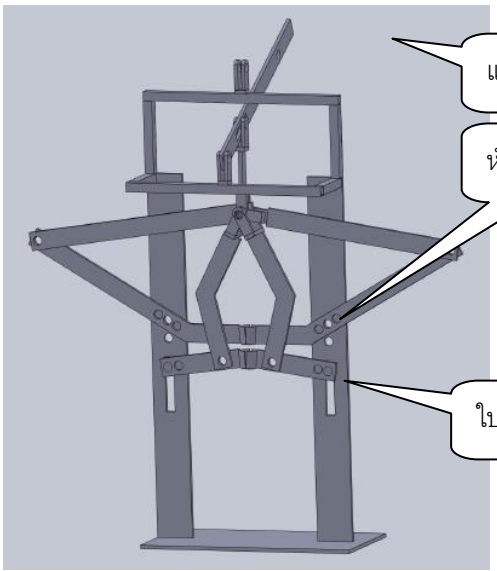


รูปที่ 18 กลไกแบบที่ 2

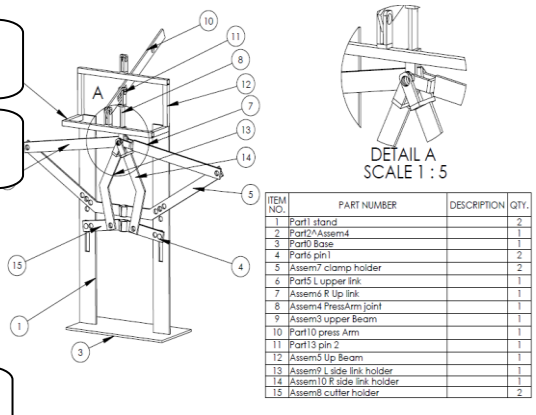


รูปที่ 19 กลไกแบบที่ 3

กลไกแบบที่ 4 นี้ชุดจับเหง้ากลับมาอยู่ด้านบน ส่วนชุดใบมีดตัดอยู่ด้านล่าง เมื่อจับเหง้าและกดแขนกดลงชุดจับเหง้าจะเคลื่อนที่ขึ้นพร้อมกับจับเหง้า และจับเหง้าได้แน่นมากขึ้น ส่วนชุดใบมีดปลิดที่อยู่ด้านล่างจะถูกกดลงมาตามระยะร่องสไลด์เพื่อปลิดหัวมันออกจากเหง้า ซึ่งพบว่ากลไกแบบนี้มีความเป็นไปได้ที่จะปลิดหัวมันออกจากเหง้าได้ จึงออกแบบเพื่อสร้างต้นแบบสำหรับการทดสอบ (รูปที่ 21) แล้วนำมาสร้างต้นแบบและทดสอบแสดง ดังรูปที่ 22



รูปที่ 20 กลไกแบบที่ 4



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Part1 stand		2
2	Part2^Assem4		1
3	Part0 Base		1
4	Part6 pin1		2
5	Assem7 clamp holder		2
6	Part5 L upper link		1
7	Assem6 R Up link		1
8	Assem4 PressArm joint		1
9	Assem3 upper Beam		1
10	Part10 press Arm		1
11	Part13 pin 2		1
12	Assem5 Up Beam		1
13	Assem9 L side link holder		1
14	Assem10 R side link holder		1
15	Assem8 cutter holder		2

รูปที่ 21 แบบสำหรับสร้างกลไกแบบที่ 4

1.3 ผลการดำเนินการทดสอบกลไกต่าง ๆ และชุดทดสอบ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นต้นแบบเครื่องปลิดหัวมันออกจากเหง้ามันสำปะหลัง

รูปที่ 22 ต้นแบบที่ 1 ทีสร้างจากกลไกแบบที่ 4 และการทดสอบการปลิดหัวมันออกจากเหง้า

ผลการทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ 1 กับการสับหัวมันออกจากเหง้าด้วยมีดพร้า (รูปที่ 23) มีผลแสดงดังตารางที่ 3

รูปที่ 23 การปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยมีดพร้า และลักษณะเหง้ามันที่ปนกับหัวมันหลังการปลิด

พบว่าการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหัวมัน 3.68 และเปอร์เซ็นต์เหง้าปนกับหัวมัน 3.61 ซึ่งมากกว่าวิธีตัดด้วยมีดประมาณ 4.5 เท่า และมีความสามารถในการทำงานประมาณ 212.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง น้อยกว่าการตัดด้วยมีดประมาณ 2.3 เท่า พบว่ายากที่จะพัฒนากลไก ให้ทำงานได้ดีและเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมีปัญหาที่พบได้แก่ ชุดจับเหง้ายังจับได้ไม่แน่นพอ ทำให้เหง้ามันหลุดได้เมื่อชุดใบมีดกดตัดลงมา นอกจากนี้ยังพบว่าการงอกของหัวมันจากเหง้ามีลักษณะไม่แน่นอน และมักมีระยะเยื้องศูนย์ออกจากแนวศูนย์กลางของเหง้าและลำต้น ดังรูปที่ 24 จึงต้องนำลักษณะดังกล่าวมาพิจารณาการออกแบบชุดใบมีดตัด เพื่อให้มีเหง้ามันที่ปนไปกับหัวมัน และหัวมันที่ตัดไม่หมดและติดไปกับเหง้าลดลง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเปรียบเทียบการปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยแรงงานคนกับการใช้เครื่องต้นแบบแบบที่1

วิธีการปลิดหัวมันออกจากเหง้า	ซ้ำที่	ความสามารถในการทำงาน (ก.ก./ชม.)	หัวมันสูญเสียติดไปกับเหง้า (%)	เหง้าปนกับหัวมัน (%)
ปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยมีด	1	473.9	0.69	0.69
	2	517.1	0.78	0.78
	3	475.8	0.95	0.94
	เฉลี่ย	488.9	0.81	0.80
ปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยเครื่องต้นแบบ	1	182.4	2.68	3.25
	2	211.9	5.30	2.94
	3	243.2	3.05	4.65
	เฉลี่ย	212.5	3.68	3.61

รูปที่ 24 ลักษณะหัวมันที่เยื้องศูนย์ทำให้ยากในการจับยึดด้วยหัวจับของเครื่องต้นแบบที่ 1

1.4 สร้างต้นแบบและทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ 1 เบื้องต้นพบว่ายากที่จะพัฒนากลไก ให้ทำงานได้ดีและเหมาะสมกับการใช้งานได้ จึงมีแนวคิดแก้ไขต้นแบบแบบที่ 2 จะเน้นในการนำไปประยุกต์เพื่อให้ใช้กับเครื่องลำเลียงหัวมันขึ้นรถบรรทุก (รูปที่ 25) ซึ่งต้นแบบนี้เกษตรกรยังสามารถใช้ในแปลงได้เช่นกัน

เครื่องต้นแบบที่ 2 นี้ (รูปที่26) ในเบื้องต้นขับด้วยมอเตอร์เฟสเดียวขนาด 1 แรงม้า และได้พัฒนาให้ขับโดยใช้เครื่องยนต์เบนซินเล็กได้ มีใบเลื่อยวงเดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว 60 ฟัน จำนวนสองใบวางอยู่เหนือชุดโซ่ป้อนเหง้า มีชุดโซ่ป้อนและใบเลื่อยด้านซ้ายสามารถเลื่อนเข้าออกโดยการหมุนแขนหมุนด้านข้างเพื่อให้มีระยะห่างในการตัดเหมาะกับขนาดเหง้ามันได้ ส่วนอีกชุดหนึ่งตรึงอยู่กับที่ เหง้ามันถูกคว่ำลงบนโซ่ป้อนที่ขับด้วยแขนหมุนด้านบนซึ่งมีสายพานขับให้โซ่ป้อนทั้งสองชุดหมุนด้วยความเร็วและทิศทางเดียวกัน โซ่ป้อนมีปีกประคองเพื่อป้อนเหง้ามันให้เคลื่อนที่ผ่านใบเลื่อยได้ ในเบื้องต้นเหง้ามันถูกตัดเที่ยวแรกแล้วถูกนำมาตัดซ้ำโดยหมุนเหง้าให้ด้านที่มีหัวมันเหลืออยู่ถูกตัดอีกครั้งหนึ่ง การใช้งานเครื่องต้นแบบและผลจากการใช้งาน (รูปที่ 27) หัวมันที่ตัดได้สมบูรณ์แสดง (รูปที่28) เหง้ามันที่ตัดได้สมบูรณ์ (รูปที่ 29) หัวมันที่สูญเสียติดไปกับเหง้า(รูปที่ 30) เหง้าที่ปนกับหัวมัน (รูปที่ 31) และผลการทดสอบการปลิดหัวมันออกจากเหง้าทั้งวิธีการสับด้วยมีดและการใช้เครื่องต้นแบบแสดงดังตารางที่ 4 และ 5

รูปที่ 25 เครื่องลำเลียงมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเปรียบเทียบการปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยแรงงานคนกับการใช้เครื่องต้นแบบแ

วิธีการปลิดหัวมันออกจากเหง้า	ซ้ำที่	เหง้าปนกับหัวมัน (%)	หัวมันสูญเสียติดไปกับเหง้า (%)	ความสามารถในการทำงาน (ก.ก./ชม.)
ปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยมีด	1	2.44	0.22	635
	2	0.75	0.19	710
	3	2.78	0.50	581
	เฉลี่ย	1.99	0.30	642
ปลิดหัวมันจากเหง้าด้วยเครื่องต้นแบบ	1	0.19	1.54	251
	2	3.30	1.09	250
	3	4.80	0.30	273
	เฉลี่ย	2.77	0.97	258

รูปที่ 26 เครื่องต้นแบบแบบที่ 2 และลักษณะการวางเหง้ามันก่อนเข้าสู่การปลิดหัวมัน

รูปที่ 27 การใช้งานเครื่องต้นแบบที่ 2 และผลจากการใช้งาน

รูปที่ 28 หัวมันที่ตัดได้สมบูรณ์

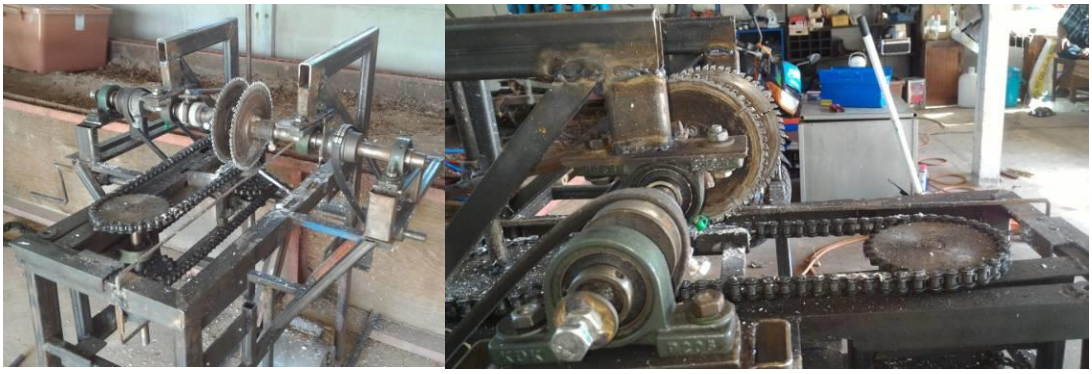
รูปที่ 29 เหง้ามันที่ตัดได้สมบูรณ์

รูปที่ 30 หัวมันที่สูญเสียติดไปกับเหง้า

รูปที่ 31 เหง้ามันที่ปนกับหัวมัน

ผลการทดสอบต้นแบบที่ 2 พบว่ายังมีปัญหาและอุปสรรคและทำการแก้ไข (รูปที่ 32) และทำการทดสอบเบื้องต้นหลังแก้ไข (รูปที่ 33) ได้แก่

1. ย้ายจุดยึดตลับลูกปืนเพลาใบเลื่อยให้อยู่ด้านบนเพื่อไม่ให้ขวางการป้อนเหง้า จะทำให้ตัดได้ดีขึ้น
2. ขยายโครงเครื่องให้กว้างขึ้นอีกเพื่อให้ใบเลื่อยเลื่อนออกได้มากขึ้นเมื่อต้องตัดมันที่เหง้าใหญ่มากๆ
3. ติดตั้งใบเลื่อยด้านท้ายอีกหนึ่งใบเพื่อปลิดหัวมันที่ตั้งในแนวดิ่ง โดยวางใบในแนวระดับ
4. ใบเลื่อยคู่หน้าจะติดตั้งให้ใบหนึ่งถอยมาด้านท้ายเครื่องเล็กน้อยเพื่อลดการกระชากเมื่อเกิดการตัดพร้อมๆกันและเป็นการลดภาระให้กับต้นกำลังด้วย



รูปที่ 32 การแก้ไขเครื่องต้นแบบที่ 2

รูปที่ 33 ผลการทดสอบเบื่องต้นต้นแบบที่ 2 หลังการแก้ไข

ผลการทดสอบเบื้องต้นต้นแบบที่ 2 หลังการแก้ไข พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้ทำงานได้ดีขึ้น จึงทำการขยายขนาดของโครงเครื่องให้กว้างและยาวขึ้น (รูปที่ 34) เพื่อให้รองรับการปลิดหัวจากเหง้ามันขนาดใหญ่ได้ รวมถึงได้เพิ่มใบเลื่อยทางด้านหลังเครื่องอีกหนึ่งใบ ในเบื้องต้นวางให้เพลาเลื่อยอยู่ด้านล่างเพื่อให้ปลิดหัวมันที่ตัดไม่หมดจากใบเลื่อยคู่ข้างซ้าย ขวาที่ทางด้านหน้าของเครื่อง นอกจากนี้เครื่องต้นกำลังได้พัฒนามาเลือกใช้เครื่องยนต์เบนซินเล็กขนาด 5 แรงม้า สามารถปรับรอบการทำงานของการขับใบเลื่อยตัด และยังได้เพิ่มชุดเกียร์ทดที่ต่อกับเพลารวมชุดขับจากต้นกำลัง เพื่อการขับชุดโซ่ป้อนเหง้ามันให้ป้อนได้ต่อเนื่อง โดยไม่ต้องใช้มือหมุนแบบเดิม และเพิ่มชุดสปริงเพื่อควบคุมระยะห่างของชุดโซ่ป้อนแทนการควบคุมแบบเดิมที่ใช้มือหมุนแกนบังคับระยะ ทำให้เครื่องต้นแบบทำงานได้ต่อเนื่องดียิ่งขึ้น ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ ยังพบว่ามีเหง้ามันติดขัดอยู่ที่เพลาใบเลื่อยตัวท้ายเมื่อตัดเหง้าที่มีขนาดใหญ่ (รูปที่ 35) จึงย้ายเพลาใบเลื่อยหลังขึ้นมาอยู่ด้านบนเพื่อแก้ปัญหาการติดของเหง้า (รูปที่ 36) แต่ยังพบว่าเมื่อปลิดเหง้าที่มีหัวขนาดใหญ่ยังเกิดการหยุดของใบเลื่อยตัดข้างด้านใดด้านหนึ่งได้ เนื่องจากเกิดการกระชากเหง้ามันเข้าใบอุดระหว่างช่องว่างของใบเลื่อยตัดข้างทั้งสองใบ และหัวมันที่ยาวมักงัดเข้าไปในเพลาของใบเลื่อยคู่หน้า จึงแก้ปัญหาโดยการย้ายใบเลื่อยหลังมาอยู่ด้านหน้าก่อนการตัดด้วยใบเลื่อยคู่

ด้านข้าง (รูปที่ 37) แต่ยังมีการกระชากหัวมันเข้าไปตัดและใบเลื่อยตัดข้างหยุดหมุนทำให้ตัดข้างไม่สมบูรณ์ จึงกลับข้างใบเลื่อยด้านซ้ายพร้อมกับกลับทิศทางการหมุนให้หมุนตัดขึ้นให้ตรงกันข้ามกับใบเลื่อยด้านขวาที่หมุนตัดลง (รูปที่ 38) ทำให้ใบเลื่อยตัดได้ดีทั้งสามใบ นอกจากนี้ยังได้เพิ่มใบเลื่อยหลังอีกหนึ่งใบเพื่อลดความสูญเสียจากการปลิดหัวมันให้น้อยลงได้ (รูปที่ 39) แบบในการสร้างเครื่องต้นแบบแสดงดัง รูปที่ 40

รูปที่ 34 เครื่องต้นแบบที่ 2 ที่ขยายโครงเครื่อง

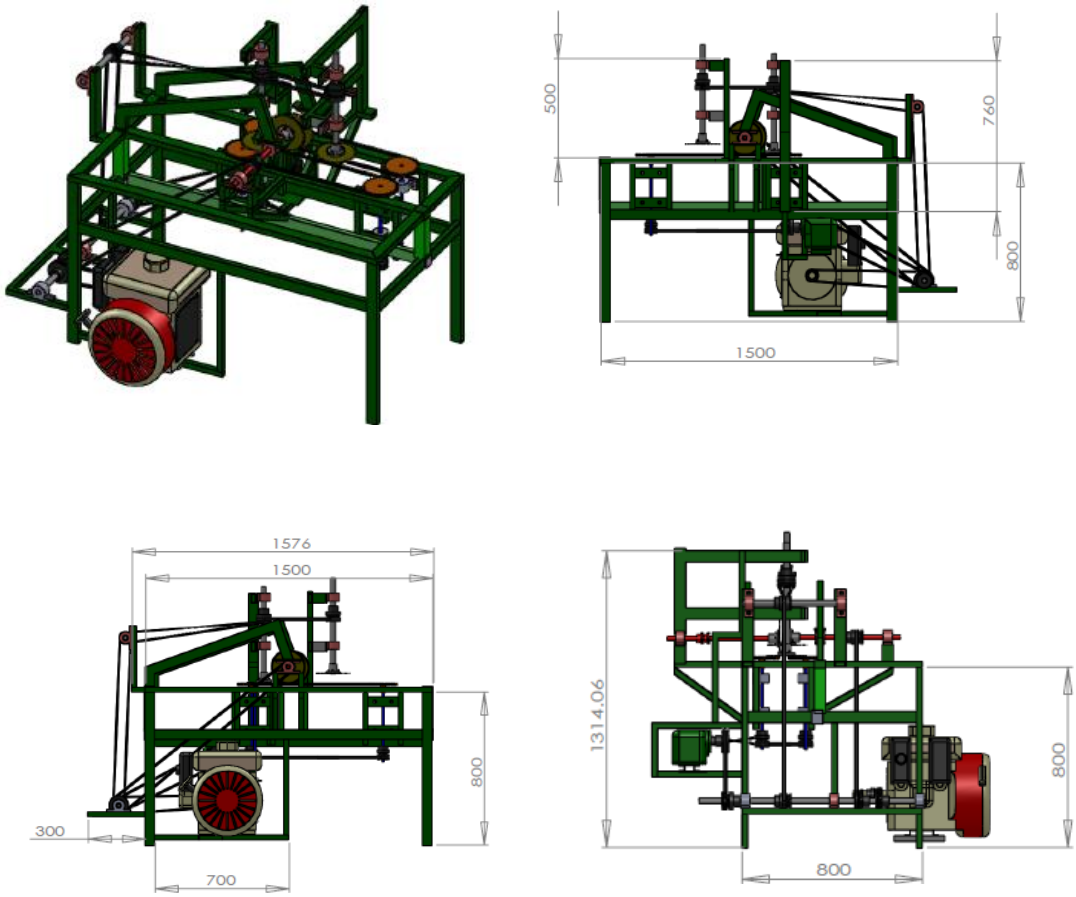
รูปที่ 35 การติดขัดของเหง้าที่ใบเลื่อยหลัง

รูปที่ 36 การติดขัดของหัวมันในใบเลื่อยด้านข้างเครื่องต้นแบบหลังจากที่ย้ายใบเลื่อยหลังให้อยู่ด้านบน

รูปที่ 37 เครื่องต้นแบบที่ย้ายใบเลื่อยหลังมาอยู่ด้านหน้า ใบเลื่อยตัดข้างหมุนทิศเดียวกัน

รูปที่ 38 เครื่องต้นแบบที่ย้ายใบเลื่อยหลังมาด้านหน้า และกลับทิศการหมุนตัดใบเลื่อยด้านซ้าย

รูปที่ 39 เครื่องต้นแบบที่ 2 ที่เพิ่มใบเลื่อยด้านหลัง และเครื่องต้นแบบที่ประกอบโครงป้องกัน



รูปที่ 40 แบบสำหรับการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า

ทำการทดสอบกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 อายุเก็บเกี่ยว 11 เดือน (รูปที่ 41) และ (รูปที่ 42) ภาพขณะทำการทดสอบ (รูปที่ 43) และผลการทดสอบ ซึ่งเปรียบเทียบหัวมันดีที่เครื่องตัดได้ เหง้าหลังการตัด หัวมันสูญเสียติดเหง้า และเหง้าปนกับหัวมัน (รูปที่ 44) ผลการปลิดที่ได้แสดงดังรูปที 45-46

รูปที่ 41 มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบ

รูปที่ 42 มันสำปะหลังเตรียมทำการทดสอบ

รูปที่ 43 ภาพการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ 2

รูปที่ 44 เปรียบเทียบผลการทำงานของเครื่อง

รูปที่ 45 ลักษณะหัวมันสูญเสียติดกับเหง้า และเหง้าปนกับหัวมัน

รูปที่ 46 เหง้ามันที่ได้จากการปลิดหัวมันด้วยเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 47 ทดสอบการปลิดด้วยแรงงาน **รูปที่ 48** เปรียบเทียบผลการปลิดด้วยแรงงานคน

รูปที่ 49 เหง้าที่ตัดด้วยมีด และเหง้าที่ปนกับหัวมันจากตัดด้วยมีด

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการปลิดหัวมันออกจากเหง้าด้วยเครื่องต้นแบบที่ 2 ที่ปรับปรุงแล้วกับการใช้แรงงานคน

กรรมวิธีการปลิดหัวมัน	ความเร็วเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความเร็วโซ่ป้อน (ม./วินาที)	ความเร็วใบเลื่อย (ม./วินาที)	ความสามารถการทำงาน (กก./ช.ม.)	ความสามารถการทำงาน (ไร่/วัน)	% การปลิดหัวมัน	% หัวมันสูญเสียติดเหง้า	% เหง้าปนกับหัวมัน	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ช.ม.)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ช.ม.)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ไร่.)
ปลิดหัวมันด้วย	1,807	0.07	13.11	678	1.36	98.87	1.13	0.99	1.59	39.80	265
เครื่องต้นแบบที่ 2	2,257	0.09	16.30	829	1.66	98.56	1.44	1.00	2.08	51.95	251
	2,971	0.18	21.46	922	1.84	98.22	1.78	0.49	2.60	65.07	282
เฉลี่ย	2,345	0.11	16.96	810	1.62	98.55	1.45	0.83	2.09	52.27	266
ปลิดด้วยแรงงานคน	-	-	-	855	1.71	100	0.0	0.97	-	-	-

จากผลการทดสอบเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าต้นแบบที่ 2 หลังการปรับปรุงแก้ไขแล้ว พบว่า การตัดโดยแรงงานคนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,140 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และหากคิดที่ร้อยละ 75 ของการทำงานต่อเนื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 855 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งการ

ใช้เครื่องปลิดต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 810 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ ร้อยละ 94.6 ของแรงงานคน ส่วนการปลิดหัวมันมีเปอร์เซ็นต์การตัดเฉลี่ย 98.5 (แรงงาน 100 เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียหัวมันติดไปกับเหง้าเฉลี่ยร้อยละ 1.45 (แรงงาน ไม่มีการสูญเสียหัวมันติดเหง้า) และมีเหง้าปนกับหัวมันเฉลี่ยร้อยละ 0.82 ซึ่งน้อยมาก (แรงงาน 0.97) ส่วนการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเฉลี่ย 266 บาทต่อไร่ เมื่อคิดที่ค่าประมาณการของแปลงที่ทดสอบที่ผลผลิตมันประมาณ 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ และจากผลการทดสอบแนะนำให้ใช้ที่ความเร็วรอบการทำงานระดับความเร็วปานกลางที่ความเร็วเชิงเส้นใบเลื่อยตัดทั้งสามใบประมาณ 16.30 เมตรต่อวินาที ซึ่งเครื่องไม่สั่น เดินได้เรียบ และมีความสามารถในการทำงาน 829 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 251 บาทต่อไร่ มีการสูญเสียหัวมัน และมีเหง้ามันปนกับหัวมันค่อนข้างน้อย จึงเห็นได้ว่าการใช้เครื่องปลิดหัวมันต้นแบบมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทดแทนแรงงานได้และคุณภาพผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกัน และจากการทดสอบยังไม่ได้มีการเพิ่มความเร็วใบเลื่อยตัดโดยการใช้รอบเครื่องยนต์ให้ต่ำลงซึ่งจะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและเครื่องเดินได้ราบเรียบมากขึ้น รวมถึงในเบื้องต้นได้นำใบเลื่อยตัดด้านหน้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นได้แก่ 8 นิ้ว และ 10 นิ้ว มาทดลองปลิดหัวมัน พบว่ามีการติดขัดได้ง่าย เนื่องจากมีแรงต้านมากขึ้น แต่ยังไม่มีการทดสอบใบเลื่อยขนาด 7 นิ้ว ที่มีจำนวนฟันต่อนิ้วน้อยลง และมีความกว้างคลองเลื่อยต่างกัน ซึ่งน่าจะทำให้มีข้อมูลการใช้งานที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก (Research and Development of Cassava Transporter Attached to a Truck)

ผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง มีการทำงานอยู่ 4 ขั้นตอนและมีอัตราการทำงาน คือ 1) การขุดมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องขุด 2) การรวมกอง 3) การตัดเหง้าหรือปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้ามันสำปะหลัง 4) การเก็บหัวมันใส่เข่งและขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก ซึ่งในขั้นตอน การรวมกองและตัดเหง้าจะกระทำไปในขั้นตอนเดียว โดยมีอัตราการทำงาน การขุด การรวมกองและตัดเหง้า การเก็บหัวมันใส่เข่งและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก คือ 1.72 0.19 และ 0.18 ไร่/คน-ชั่วโมง ตามลำดับ

ผลของการศึกษารูปแบบการขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก ตามแบบที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในปัจจุบัน ในสภาพการทำงานจริง โดยทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น พบว่า แรงงานคนมีความสามารถในการทำงานคือ 0.18 ไร่/คน-ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงเวลา 91.28 % ไม่มีการร่วงหล่นของมันสำปะหลัง แต่มีข้อจำกัดในการทำงานคือ เกิดความเมื่อยล้าในการทำงานเนื่องจากเป็นงานหนัก เด็กและผู้หญิงไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลต่อค่าจ้างแรงงานที่สูงขึ้นกว่าหน้าที่อื่นๆ ในกระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

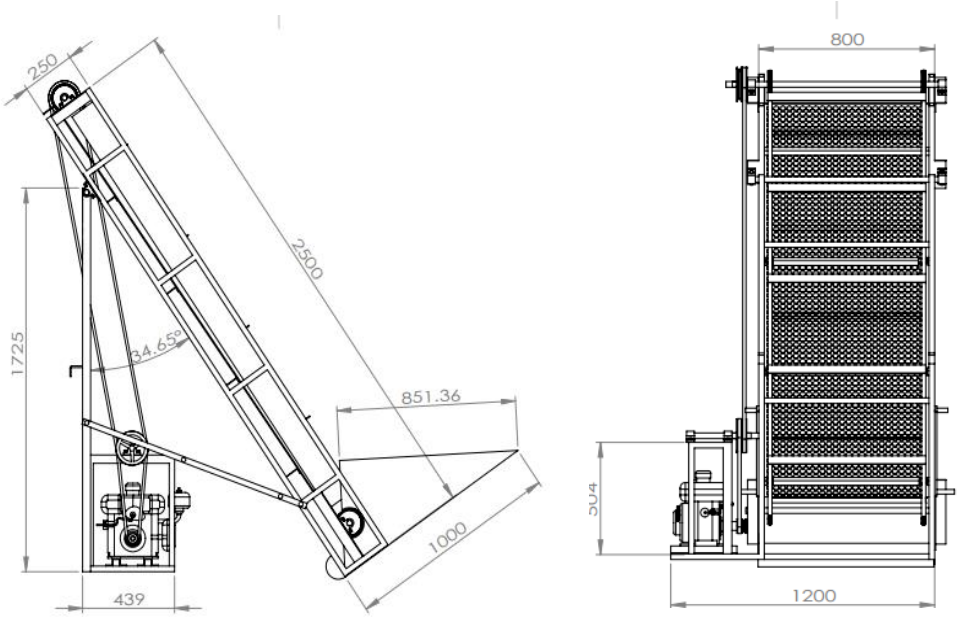
รูปที่ 6 วิธีปฏิบัติของเกษตรกรในการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

วิธีปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนนอกจากสมาชิกในครอบครัวประมาณ 2 – 3 คน แล้วต้องจ้างทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ระบบจ้างเหมาต่อพื้นที่ ในอัตราค่าจ้างประมาณ 200 – 250 บาทต่อไร่ หรือประมาณ 200-250 บาทต่อตัน ซึ่งการจ้างในระบบนี้ก่อให้เกิดความสูญเสียของหัวมันสูง เนื่องจากผู้รับจ้างจะมุ่งเน้นให้ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด การขุดหรือถอนจึงไม่สนใจว่าจะมีหัวมันขาดตกค้างอยู่ในดินมากน้อยเพียงไร และพบว่าปัญหาการขาดแคลนแรงงานมีแนวแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ในรายที่ไม่สามารถจัดหาแรงงานได้จะประเมินผลผลิตด้วยสายตามและประสบการณ์ แล้วขายเหมายกแปลงให้กับผู้รับจ้างขุดที่มีแรงงาน และรถขนย้ายเป็นของตนเองทำการขุดและบรรทุกไปจำหน่ายเอง ทั้งนี้จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น พบว่า ค่าใช้จ่ายโดยประมาณดังนี้

- ไถผาลสามพร้อมชักร่องราคา 700 บาท/ไร่
- ค่าปลูก 250 - 300 บาท/ไร่ รวมค่าเครื่องดื่มแต่ไม่รวมค่าขนส่งคนงาน
- ค่าต้นพันธุ์ ประมาณ 1,000 - 2,000 บาทต่อไร่
- ค่าแรงฉีดยา ถัง 200 ลิตรละ 200 บาท 1 ถังฉีดได้ประมาณ 2 ไร่ ไม่รวมค่ายาฉีด
- ค่าปุ๋ย ประมาณ 200 - 300 บาท/ไร่
- ค่าจ้างเหมาขุด คิดที่ 600 - 700 บาทต่อตัน หรือ 2,000 บาท/ไร่- ผลผลิต 3 ตัน
- ต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยไร่ละประมาณ 4,000 บาท

ผลการออกแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกต้นแบบ

การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับการขนย้ายหัวมันสำปะหลังที่สับหัวออกจากเหง้าแล้ว เพื่อนำขึ้นรถบรรทุกนำไปจำหน่าย โดยใช้หลักการลำเลียงขึ้นด้านข้างของตัวรถบรรทุก สามารถถอดประกอบได้สะดวก ไม่ใช้ภาชนะบรรจุหัวมัน เช่น เข่ง ลำเลียงขึ้นรถด้วยระบบสายพานลำเลียงขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กได้



รูปที่ 7 รูปแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

ดำเนินการสร้างชุดทดสอบ การขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก โดยดำเนินการสร้างชิ้นส่วนตามแบบที่กำหนด โดยใช้เฟืองโซ่ และโซ่แบบมีปีก ทุกระยะ 50 เซนติเมตร ของข้อโซ่จะยึดด้วยแผ่นเหล็กและไม้กั้นในแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่คล้ายสายพานลำเลียง โดยมีรางตะแกรงเหล็กตามยาว 2.50 เมตร ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า

รูปที่ 8 การสร้างเครื่องมือขนย้ายและลำเลียงหัวมันสำปะหลัง

รูปที่ 9 ลักษณะการติดตั้งด้านข้างรถบรรทุกของเครื่องขนย้ายหัวมันฯ

จากการสร้างต้นแบบเครื่องมือสำหรับการขนย้ายหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตัดเหง้ามันฯออกแล้ว เพื่อลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ การติดตั้งอุปกรณ์ที่ด้านข้างของรถบรรทุก 6 ล้อ มีแผงไม้ด้านข้างตัวรถยกสูงกว่าหัวเก๋งรถ ซึ่งนิยมใช้ในการขนย้ายผลผลิตเกษตรทั่วไปในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในการทดสอบใช้งานเบื้องต้น ณ แปลงเกษตรกร พื้นที่ จ.ขอนแก่น เพื่อตรวจสอบกลไกการทำงานต่างๆของเครื่องมือขนย้ายฯ ที่ส่งกำลังขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ผ่านพูเล่ย์ และสายพาน ซึ่งผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่าส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขหลักๆ คือ การจับยึดติดด้านข้างตัวรถบรรทุก ยังไม่สะดวกและขาดความแข็งแรงในขณะที่ทำการเคลื่อนย้ายรถในแปลง

และตำแหน่งของกระบะรองรับในการเทหัวมันสำปะหลัง ค่อนข้างสูงและไม่สามารถปรับเลื่อนขึ้นลงได้ตามขนาดรถบรรทุก ผู้วิจัยจึงนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อการทดสอบครั้งถัดไป (รูปที่ 9)

ภายหลังจากการแก้ไขและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ ได้นำเครื่องมือขนย้ายฯ ไปทำการทดสอบที่แปลงทดลองการผลิตมันสำปะหลังของ ศวพ.กาฬสินธุ์ (รูปที่ 10) เพื่อทดสอบหาสมรรถนะในการทำงาน ซึ่งก็มีข้อจำกัดในการทดสอบ คือ รถบรรทุกผลผลิตเกษตร (ของ ศวพ.กาฬสินธุ์) มีลักษณะที่ต่างกันจากของเกษตรกร ซึ่งแผงกระบะข้างไม่มี จึงทำให้การทดสอบไม่ได้ตามแผนที่วางไว้เท่าที่ควร แต่ก็ได้ทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลการทำงาน เช่น ความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์ลำเลียง (เมตร/วินาที) โดยการแปรค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ชั่วโมง) ความสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่เกิดจากการร่วงหล่นในแปลง (%) เป็นต้น (ตารางที่ 1) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับแก้ไขเครื่องมือให้เหมาะสมต่อไป

รูปที่ 10 ต้นแบบเครื่องขนย้ายหัวมันสำปะหลังทดสอบที่ ศวพ.กาฬสินธุ์

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกในภาคสนาม ณ แปลงทดลองการผลิตมันสำปะหลัง ศวพ.กาฬสินธุ์ (มิถุนายน 2558)

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ซ้ำที่	ความเร็วเชิงเส้น (เมตร/วินาที)	ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ชั่วโมง)	ความสูญเสีย (%)
1,800	1	0.75	2.77	6.73
	2	0.78	3.48	8.77
	3	0.77	2.75	12.62
	เฉลี่ย	0.76	2.98	9.35
	SD	0.02	0.42	2.99

2,000	1	0.84	3.67	0.98
	2	0.82	4.20	1.79
	3	0.81	3.15	2.70
	เฉลี่ย	0.82	3.62	1.85
	SD	0.02	0.53	0.86
2,200	1	0.88	3.53	0.57
	2	0.90	3.06	0.84
	3	0.91	3.34	0.87
	เฉลี่ย	0.90	3.29	0.76
	SD	0.02	0.24	0.17

จากตารางที่ 1 ในการพิจารณาเลือกใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1800 - 2200 รอบ/นาที หรือความเร็วเชิงเส้น 0.76 – 0.90 เมตร/วินาที เนื่องจากเป็นช่วงที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงไม่ช้าเกินไป และไม่เร็วมากเกินไปจนสั่นสะเทือนในขณะทำงานขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก ทั้งนี้จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ความเร็วรอบต่ำ (1800 รอบ/นาที) มีความสูญเสียจากการร่วงหล่นของหัวมันฯ มากที่สุด สาเหตุอาจจะเนื่องจากอุปกรณ์ขนย้ายมีความเร็วในการส่งหัวมันฯลงกระบะรถบรรทุกไม่เพียงพอจึงทำให้หัวมันฯ ม้วนตัวกลับลงด้านใต้สายพานลำเลียงและร่วงหล่นสู่พื้นดิน อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในการขนย้ายหัวมันฯ เพิ่มเติม โดยใช้ความเร็วรอบ 2000 - 2200 รอบ/นาที (0.82 – 0.90 เมตร/วินาที) และปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วนให้สมบูรณ์ขึ้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นต่อไป

รูปที่ 11 การทดสอบเครื่องขนย้ายหัวมันสำปะหลังทดสอบที่ ศวพ.กาฬสินธุ์

รูปที่ 12 ปัญหาของการลำเลียงหัวมันสำปะหลังและการแก้ไขต้นแบบในภาคสนามขณะทดสอบ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใช้เครื่องยนต์เบนซินเล็กขนาด 5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านสายพานแบบลิ่ม เพื่อขับชุดโซ่ป้อนเหง้าสองชุด และชุดใบเลื่อยวงเดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว 60 ฟัน จำนวน 4 . ใบซึ่งติดตั้งเหนือชุดโซ่ป้อน ใบแรกวางด้านหน้าในแนวระดับ อีกสองใบวางในแนวดิ่ง โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างใบเลื่อยทั้งสองใบได้ เนื่องจากใบเลื่อยด้านหนึ่งยึดกับโครงที่เลื่อนเข้าออกได้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหง้ามัน ส่วนใบเลื่อยอีกใบหนึ่งติดตั้งทางด้านหลังในแนวระดับ เหง้ามันถูกป้อนโดยการคว่ำเหง้าลงด้านล่าง เครื่องต้นแบบทำงานได้เหมาะสมเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ 2,257 รอบต่อนาที ความเร็วชุดโซ่ป้อน 0.09 เมตรต่อวินาที และ ความเร็วเชิงเส้นใบเลื่อยทั้งสี่ใบ 16.30 เมตรต่อวินาที สามารถปลิดหัวมันได้ 829 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หัวมันสูญเสียร้อยละ 1.44 มีเหง้ามันปนกับหัวมันร้อยละ 1.00 สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 251 บาทต่อไร่ มีความเป็นไปได้ในการใช้งานทดแทนการปลิดหัวมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน และเป็นแนวทางการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่ทำงานต่อเนื่องเป็นระบบได้

เครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกแบบติดด้านข้างตัวรถใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม 2000 – 2200 รอบต่อนาที หรือความเร็วเชิงเส้นของกระพ้อลำเลียง 0.82 – 0.90 เมตรต่อวินาที เครื่องสามารถพับเก็บได้ขณะรถเคลื่อนที่ในแปลง และถอดเครื่องยนต์ออกเมื่อเสร็จจากการทำงานแล้ว จากผลการทดสอบมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 ในแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สวพ.3 ใช้รถบรรทุกขนาด 3 ตันบรรทุก โครงด้านข้างรถเป็นราวเหล็กที่มีช่องว่างห่างมากเกินไป (มากกว่า 30 ซม.) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการบรรทุกมันสำปะหลังมากนักซึ่งทำให้หัวมันสำปะหลังร่วงหล่นได้ง่ายในขณะทำการขนย้าย ทั้งนี้พบว่าเครื่องมือมี

ความสามารถในการทำงาน 3.29 – 3.62 ตันต่อชั่วโมง มีความสูญเสียจากการร่วงหล่น 0.76 – 1.85% สามารถแก้ไขปัญหาของปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดภาระหนักของการขั้นตอนการขนย้ายผลผลิตมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกได้ดีกว่าการใช้แรงงานคน

โดยภาพรวมของโครงการวิจัย ได้ต้นแบบเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า อย่างน้อย 1 รูปแบบ และได้ต้นแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก อย่างน้อย 1 รูปแบบ ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยง่ายในการใช้งาน ลดเวลาและภาระการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เกษตรกร โดยคาดว่าจะช่วยลดการใช้แรงงานและค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่องมือทั้งสองรูปแบบคาดว่าจะมีภาคเอกชนรับผลงานวิจัยไปผลิตจำหน่าย และเกษตรกรยอมรับนำไปใช้งานต่อไป

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด

Research and Development on Machinery for Producing of Clean Cassava Chip

อนุชิต ฉ่ำสิงห์	ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร	ปรีชา อานันท์รัตนกุล
นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล	จิราวัสส์ เจียตระกูล	ประสาท แสงพันธุ์ตา
วุฒิพล จันทร์สระคู	ศักดิ์ชัย อาษาวัง	นายกอบชัย ไกรเทพ

คำสำคัญ (Keywords):

เครื่องจักรกลเกษตร เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง เครื่องสับหัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลัง มันเส้น มันเส้นสะอาด เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

agricultural machinery, cassava tuber cleaning, cassava tuber chopper, cassava chip, cleaned cassava chip, cassava harvesting

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสถานการณ์การผลิตมันเส้นของประเทศไทยพบทั้งการสับด้วยมือ และสับด้วยเครื่องสับหรือโม่เป็นมันเส้น แต่ส่วนใหญ่เป็นการสับเป็นมันเส้นด้วยเครื่อง แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน พร้อมต้องมีการพลิกกลบเป็นระยะๆ ตลอดช่วงการตากแห้ง แต่ปัจจุบันยังเครื่องสับมันเส้นที่ใช้อยู่ทั่วไปยังไม่มีเทคโนโลยีที่เหมาะสม ชิ้นมันที่ได้จากการใช้เครื่องสับมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้ง หรือตากแห้ง เกิดการสูญเสียเนื่องจากการป่นเป็นฝุ่นผงในกิจกรรมการพลิกกลับ เกิดการปนของดิน ส่วนของเหง้าและสิ่งเจือปนอื่นๆ อีกมาก จัดเป็นมันเส้นคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง อีกทั้งพบว่าไทยมีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการส่งออกมากขึ้น เนื่องจากประเทศเพื่อนบ้านมีการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น สามารถผลิตมันเส้นสับมือทีมีลักษณะสวยงาม และสะอาดกว่า ทำให้ไทยขาดศักยภาพในการแข่งขันด้านราคา ส่งผลต่อเสถียรภาพ และระดับราคารับซื้อหัวมันสำปะหลังสดจากเกษตรกรในประเทศระดับหนึ่ง ในกระบวนการทำมันเส้น ตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสดจนได้มันเส้นนั้น ยังคงขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการ เช่นเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสด เครื่องสับหัวมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการที่จะทำให้ได้ขนาดของมันเส้นสม่ำเสมอ ดังนั้นการพัฒนามันเส้นสะอาดจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน

กิจกรรมวิจัยและพัฒนาการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด ดำเนินการโดย 3 กิจกรรมย่อยคือ 1) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ 2) การศึกษารูปแบบการทำความสะอาดที่เหมาะสม ประกอบด้วยการทำความสะอาดแบบตะแกรงร่อนและแบบถังหมุน พร้อมการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและคัดเลือกระดับของปัจจัยที่เหมาะสม และ 3) การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสับมันเส้นจากระบบที่มีอยู่ มีการศึกษาระดับปัจจัยและคัดเลือกระดับปัจจัยที่เกี่ยวข้องเปรียบเทียบกับการสับมันเส้นแบบเป็นแผ่น โดยใช้ขนาดและความสามารถในการทำแห้งเป็นตัวชี้วัด ทั้งมีการศึกษาและพัฒนาระบบการคัดแยกชิ้นมันภายหลังการโม่หรือสับ ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการจัดการในการทำแห้งแบบลานตาก ลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ได้ระดับหนึ่ง

Abstract

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล และอินโดนีเซียแต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 80,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 8.44 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 27.17 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 53.07 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 30.20 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 16.73 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2556) อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง ยังเกี่ยวข้องกับเกษตรกรมากกว่า 2.6 ล้านคน มีการจ้างงานในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกกว่า 1 ล้านคน นับได้ว่าอุตสาหกรรมมันสำปะหลังมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2554) มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอลที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

มันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญ ได้แก่แป้งมันสำปะหลัง มีสัดส่วนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 40 แบ่งเป็นใช้ในประเทศร้อยละ 8 ส่งออกร้อยละ 32 มันเส้นและมันอัดเม็ดมีสัดส่วนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 55 แบ่งเป็นใช้ในประเทศร้อยละ 19 และส่งออกร้อยละ 36 และเอทานอล มีสัดส่วนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 5 มันเส้นเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งจากการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย ทั้งเพื่อการผลิตอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง การผลิตเอทานอล และการส่งออก โดยในการผลิตอาหารสัตว์นั้นจัดเป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเป็นแหล่งพลังงานที่ดีของสัตว์ และมีราคาต่ำ การใช้มันสำปะหลังในการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง อาหารโคเนื้อ และโคนมใช้ได้ 35-50% ในสูตรอาหาร (ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, 2550)

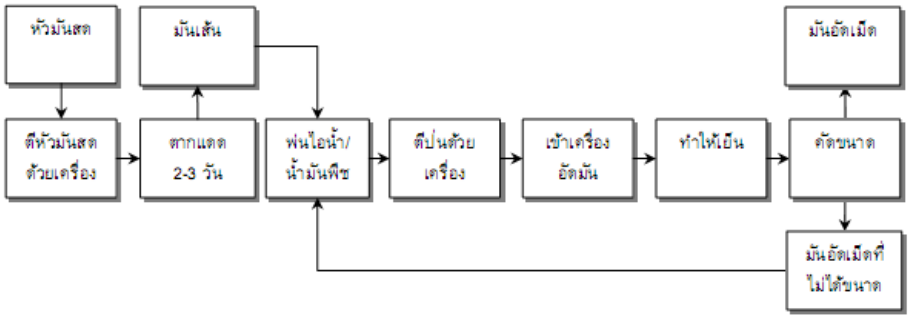
เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้มันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในรูปของผลิตภัณฑ์เดิม เช่น แป้ง อาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์ใหม่ ในรูปของเอทานอล ประกอบกับปริมาณผลผลิตสินค้าอื่นทดแทน เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ซึ่งต่างก็เข้าสู่อุตสาหกรรมเอทานอลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้มันเส้นมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศจึงทำให้เกิดการแข่งขันทั้งด้านราคา และวัตถุดิบอื่นเพื่อทดแทนการผลิตแป้ง และอาหารสัตว์ ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้มันสำปะหลังมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ คาดว่าราคามันสำปะหลังจะยังคงทรงตัวอยู่ในระดับสูงต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) อีกทั้งบางช่วง การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลฝนตกมากไม่สามารถทำมันเส้นได้ เกษตรกรที่ปลูกมันไว้ใช้เอง หรืออยู่ใกล้แหล่งรับซื้อหัวมันสดสามารถนำหัวมันสดมาหมักเลี้ยงโค ทดแทนการใช้มันเส้นที่มีราคาสูงได้

ปัจจุบันการผลิตมันเส้นของประเทศไทยมีทั้งมันการสับด้วยมือ และสับด้วยเครื่องสับมันเส้น แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน พร้อมต้องมีการพลิกกลบเป็นระยะๆ ตลอดช่วงการตากแห้ง โดยพบว่ามันเส้นที่ได้รับโดยเฉพาะมันเส้นจากการสับด้วยเครื่องมีสิ่งเจือปนสูงทั้งจากส่วนของเหง้ามัน ดินและสิ่งเจือปนอื่นๆ จัดเป็นมันเส้นคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ และการส่งออกเริ่มมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากส่วนหนึ่งประเทศผู้นำเข้า นำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านซึ่งเป็นมันเส้นสับมือและสะอาดกว่า และการที่เครื่องสับมันเส้นทำการสับเป็นชิ้นได้ไม่สม่ำเสมอยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้ง หรือตากแห้ง และเกิดการสูญเสียเนื่องจากการป่นเป็นผงจากการพลิกกลับ ซึ่งจำเป็นต้องนำไปทำเป็นมันเส้นอัดเม็ดซึ่งเป็นการเพิ่มขั้นตอนและต้นทุนในการผลิต แม้ว่าส่วนหนึ่งการอัดเม็ดจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการขนส่งก็ตาม การที่สับมันเส้นที่ไม่สะอาดก็จะส่งผลต่อคุณภาพมันเส้นอัดเม็ดที่ไม่มีคุณภาพและสูญเสียศักยภาพการแข่งขันในการส่งออกด้วย นอกจากนี้การผลิตมันเส้นยังมีส่วนช่วยให้เกษตรกรสามารถชะลอการขาย เพื่อรอราคาที่เหมาะสม แก้ปัญหาราคามันสำปะหลังตกต่ำ และแก้ปัญหาการเร่งเก็บเกี่ยวและจำหน่ายในเขตที่มีปัญหาไม่มีแหล่งรับซื้อโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเขตใหม่ อาทิในเขตภาคเหนือของประเทศ ปริมาณการผลิตยังไม่มากและธุรกิจการซื้อขายยังไม่เอื้อ ผู้รับซื้อจากภาคกลางขึ้นไปรับซื้อในช่วงเวลาจำกัด ทำให้เกษตรกรจะต้องรีบเก็บเกี่ยวและขายในช่วงเวลาดังกล่าว ส่งผลต่อการต่อรองด้านราคา เป็นการสูญเสียเวลาและรายได้ของเกษตรกร

ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังด้วยเครื่องจักร และการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสับมันเส้นที่มีใช้อยู่เดิมควรได้รับการศึกษา เพื่อให้ได้มันเส้นที่มีขนาดสม่ำเสมอ สนับสนุนการลดการสูญเสียในการกระบวนการผลิต ลดมลภาวะ เพิ่มประสิทธิภาพการในขบวนการทำแห้ง ทั้งเป็นการลดการใช้แรงงาน ลดการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการผลิต ได้มันเส้นสะอาดเป็นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ มีศักยภาพในการแข่งขันในการส่งออก

การทบทวนวรรณกรรม

กระบวนการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ด แสดงใน รูปที่ 1 โดยมันเส้นได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องหั่นที่เรียกว่า เครื่องโม่มันเส้น ซึ่งจะหั่นหัวมันสดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปตากแดดบนลานซีเมนต์ 2-3 วันให้แห้ง (ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน, 2546) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และส่งออก แต่เนื่องจากมีปัญหาเรื่องคุณภาพ โดยเฉพาะเพื่อการส่งออก จึงการกำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังขึ้น เพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ แสดงในตารางที่ 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) เปรียบเทียบกับลักษณะมันเส้นสะอาดซึ่งกำหนดโดยกองการค้าสินค้าข้อตกลง กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ด (ปรารถนา และคณะ, 2552)

จากการตรวจเอกสารผลการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักรในการทำมันเส้นมีดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, (2551) ทดสอบได้พัฒนาเครื่องสับมันแบบจานนอนและเครื่องสับมันที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันเป็นแผ่นแต่ยังไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร ซึ่งถ้าเป็นลักษณะของมันเส้นที่ผ่านการสับด้วยเครื่องสับแบบจานรูของลานมันสำปะหลังทั่วไปจะมีลักษณะเป็นก้อนไม่สม่ำเสมอเช่นกัน โดยสมรรถนะการสับ 4.8 ตันต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการใช้พลังงานจำเพาะ 0.64กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์

ตารางที่ 1 ลักษณะผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเส้นที่ต้องการ

คุณลักษณะ	เกณฑ์คุณภาพมันเส้น (มอก.52-2516)	มาตรฐานคุณภาพมันเส้นสะอาด (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์)
แป้ง	ยังไม่กำหนด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก
ทราย	ไม่เกินร้อยละ 3.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ 2.0 ของน้ำหนัก
เส้นใย	ไม่มากกว่าร้อยละ 5.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ 4.0 ของน้ำหนัก
ความชื้น	ไม่มากกว่าร้อยละ 14.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ13.0 ของน้ำหนัก
กลิ่น และสี	ไม่ได้กำหนด	ไม่มีกลิ่นและสีผิดปกติ
ลักษณะภายนอก	ไม่ได้กำหนด	ไม่บูด เน่า หรือขึ้นรา
อื่นๆ	ไม่ได้กำหนด	ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่

Thanh et al. (1979) ได้ปรับปรุงจานตัดของเครื่องตัดแบบจานหมุน โดยดัดแปลงจานตัดแบบเดิมที่ทำให้ชิ้นมันมีขนาดไม่แน่นอน และมีขนาดใหญ่ ทำให้การตากใช้เวลานาน เนื่องจากต้องการให้ชิ้นมันมีขนาดเล็กลง และมีรูปแบบของชิ้นมันที่เป็นรูปแบบเดียวกันมากขึ้น ซึ่งหลังการออกแบบพบว่าสมรรถนะการตัดลดลงจาก 9-11 ตันต่อชั่วโมง เป็น 6-8 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง แต่ขนาดชิ้นมันมีขนาดเป็นรูปแบบเดียวกันมากขึ้น และขนาดชิ้นเล็กลง โดยชิ้นมันมีขนาดเฉลี่ย 5×2.4×0.6 เซนติเมตร

Visvanathan et al. (1996) ได้ศึกษาผลที่เกิดจากมุมเอียงของใบมีด และความเร็วในการตัดหัวมันสำปะหลังตามแนวแกน ตัวอย่างเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลังที่ทำการศึกษาอยู่ในช่วง 37 ถึง 72 มิลลิเมตร และความชื้นอยู่ในช่วง 65-70 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) มุมที่ใช้ตัดหัวมันสำปะหลังคือ 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา และความเร็วในการตัดที่ใช้ในการศึกษาคือ 1.81 2.68, 3.51 และ 4.90 เมตร/วินาที ผลที่ได้คือ ความเร็วน้อยที่สุดที่สามารถตัดหัวมันสำปะหลังได้คือ 2.5 เมตร/วินาที มุมตัดอยู่ระหว่าง 63-75 องศา และมุมใบมีดอยู่ระหว่าง 30-45 องศา

ธวัชชัย และวิรัตน์ (2548) ได้สร้างเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยก สำหรับผลิตชิ้นมันเส้นสะอาดเพื่อเป็นส่วนผสมอาหารสำหรับโคนม เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบหลักคือ ชุดทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังที่มีลักษณะเป็นตะแกรงหมุนเพื่อแยกสิ่งเจือปน ชุดป้อนหัวมันเข้าสู่ชุดใบมีดสับ ชุดใบมีดสับสร้างขึ้นเพื่อให้เป็นรูปแบบการสับตามขวาง และตัดแยกชิ้นมันเป็นรูปทรงแท่งยาว มีช่วงคมมีดตัด 10 เซนติเมตร ผลการทดลองปรากฏว่าตะแกรงชุดทำความสะอาดหัวมันหมุนด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที ป้อนหัวมันสำปะหลังครั้งละ 50 กิโลกรัม ในเวลา 2 นาที เปลือกติดค้างหลังการทำความสะอาด 19.2 เปอร์เซ็นต์ ชุดใบมีดสับหัวมันมีสมรรถนะเฉลี่ย 598.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการสับชิ้นมัน 85.4 เปอร์เซ็นต์ ชิ้นเต็ม 57.1 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นแตกหัก 42.1 เปอร์เซ็นต์

เครื่องสับหัวมันที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันเป็นแผ่น ซึ่งถ้าเป็นลักษณะของมันเส้นที่ผ่านการสับด้วยเครื่องสับแบบจานรูของลานมันสำปะหลังทั่วไปจะมีลักษณะเป็นก้อนไม่สม่ำเสมอ ซึ่งไม่มีความเหมาะสมต่อการอบแห้งเนื่องจากการอบแห้งจะแห้งไม่พร้อมกัน ทำให้สูญเสียพลังงานในการลดความชื้นมากขึ้น การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังสดด้วยเครื่องตัดชนิดอื่นเพื่อให้ได้ชิ้นมันที่มีขนาดสม่ำเสมอมากขึ้นสอดคล้องกับระยะเวลาที่เหมาะสมในการตากแห้งเพื่อลดความชื้น และลดการเกิดชิ้นมันขนาดเล็กซึ่งเป็นต้นเหตุของฝุ่นผง จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตมันสำปะหลังเส้นของประเทศให้สูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นผลดีกับเกษตรกรผู้ผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผู้ประกอบการโรงงานมันเส้นรวมทั้งทำให้การส่งออกผลิตภัณฑ์มันเส้นไปต่างประเทศมีความยั่งยืน และเป็นที่น่าเชื่อถือในระยะยาวต่อไป

การผลิตมันเส้นทำได้โดยการแปรรูปหัวมันสดโดยใช้เครื่องตีสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นชิ้นส่วนเล็กๆ แล้วนำไปตากบนลานซีเมนต์ประมาณ 2-3 วัน หรือมากกว่านั้นหากเป็นฤดูฝน ซึ่งตามปกติแล้วการผลิตมันเส้น 1 กิโลกรัมต้องใช้หัวมันสด (มีปริมาณแป้งร้อยละ 25) 2-2.5 กิโลกรัม เมื่อแห้งดีแล้วจะต้องได้มาตรฐานความชื้นที่มีในมันเส้นประมาณร้อยละ 14 แล้วจึงทำการเก็บเพื่อส่งขายเป็นวัตถุดิบให้กับ

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมมันอัดเม็ดต่อไป แต่เนื่องจากในขบวนการแปรรูปจากหัวมันสดเป็นมันเส้นแห้งนั้น ยังไม่มีเครื่องจักร อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ดีพอ ทำให้มันเส้นที่ได้ภายหลังการทำแห้งจากลานตากมีลักษณะเป็นฝุ่นแป้ง และมีการปนของวัสดุอื่น เกิดมลภาวะทางอากาศ ทั้งทำให้การส่งออกมันสำปะหลังเส้นนั้นประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ คุณภาพต่ำกว่ามันเส้นปอกเปลือกของประเทศเพื่อนบ้าน มีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก และมีฝุ่นผงและทรายเจือปนมาก (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548) แม้ในปี 2545-2549 รัฐบาลได้มียุทธศาสตร์มันสำปะหลัง เพื่อการส่งออกมันสำปะหลังเส้นคุณภาพดี และแป้งมันสำปะหลังไปต่างประเทศ โดยเริ่มดำเนินการโครงการมันเส้นสะอาด ซึ่งเน้นกระบวนการทำความสะอาดด้วยการแยกดินและทรายออกจากหัวมันสำปะหลังสดก่อนการตัดหรือสับ เพื่อลดการเจือปนของทรายในมันสำปะหลังเส้น และลดปริมาณฝุ่นจากการตากภายหลังกระบวนการสับหรือตัดหัวมันสำปะหลังสดด้วยเครื่องหั่นแบบจานหมุน ด้วยการลับคมมีดของเครื่องหั่นแบบจานหมุนให้มีความคมทุกครั้งก่อนการตัดเพื่อให้เกิดชิ้นมันที่ป่นน้อยที่สุดซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดฝุ่น (สิทธิชัย, 2549) ปัจจุบันโครงการผลิตมันเส้นสะอาด ได้ดำเนินการไปแล้ว 20 จังหวัด โดยคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายเพื่อสร้างลานมันเส้นสะอาดขนาด 400 ตารางเมตร รวม 10,000 ลาน และจัดอบรมเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 10,000 ราย เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้พัฒนาเครื่องสับมันแบบจานนอน มีสมรรถนะการสับ 4.8 ตันต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการใช้พลังงานจำเพาะ 0.64 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ แต่ขนาดของมันสำปะหลังเส้นยังไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร (ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551) แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมต่อเนื่องมีความต้องการมันเส้นสะอาดเช่นเดียวกับมันสับมือของประเทศเพื่อนบ้าน ดังนั้นการคัดแยกเพื่อทำให้เป็นมันเส้นสะอาดจากขบวนการผลิตเดิม จะช่วยเพิ่มมูลค่าและรายได้ให้กับผู้ประกอบการ และเกษตรกรในอีกทางหนึ่ง

วิรัตน์ (2555) พัฒนาเครื่องหั่นชิ้นมันเส้น โดยมีหลักการทำงาน คือ ป้อนหัวมันสำปะหลังเข้าสู่ส่วนทำความสะอาดที่ใช้หลักการขัดสีของวัสดุกับผิววัตถุดิบในน้ำ เพื่อขัดผิวและล้างให้สะอาด แล้วลำเลียงส่งเข้าชุดใบมีดที่ใช้หลักการเฉือน และหั่นหัวมันให้ได้เป็นชิ้นมันเส้นสะอาด โดยใช้ต้นกำลังขับในเพลาเดียวกันทำให้ทุกส่วนทำงานต่อเนื่องพร้อมกัน ผลการทดสอบการทำงาน ที่ความเร็วรอบเพลาขับ 50 รอบต่อนาที เครื่องสามารถทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังจนไม่พบเห็นดินทรายปนเปื้อน โดยมีเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างหลังการทำความสะอาด 14.44 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการหั่นชิ้นมันเส้น 1,457.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการหั่นชิ้นมัน 85.6 เปอร์เซ็นต์ ในการหั่นหัวมันสำปะหลังมีชิ้นมันเส้นเต็ม และมีชิ้นแตกหัก 85.2 เปอร์เซ็นต์ และ 11.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิรัตน์ และคณะ (2557) ดำเนินการสำรวจข้อมูล พัฒนาเครื่อง และถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการดำเนินงานพบว่า เกษตรกรในชุมชนที่เลี้ยงโคนม และที่หั่นมันเส้นมีความประสงค์เข้าร่วมการอบบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี และต้องการเครื่องล้างพร้อมหั่นขนาดเล็กที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก ทำงานคนเดียวได้ โดยมีต้นกำลังที่ใช้ไฟฟ้าในบ้านได้ จึงได้พัฒนาเครื่องตามความต้องการดังกล่าว รวมทั้งพัฒนาชุดล้างน้ำละชุดครอบใบมีดหั่น ให้สามารถเปิดทำความสะอาดได้สะดวก โดยมีผลการทดสอบคือ เมื่อใช้หัวมัน

สำปะหลังเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-8 cm. ปรับความเร็วรอบเพลาขับที่ 45 rpm. พบว่าเครื่องมีความสามารถในการล้างงพร้อมหั่นมันเส้นสะอาด 1,389 kg hr-1 มีชิ้นมันเส้นเต็ม 84.15 % และมี ชิ้นแตกหัก 11.32 % เมื่อทำการถ่ายอดเทคโนโลยีเครื่องล้างพร้อมหั่นมันเส้นสะอาดสำหรับชุมชนให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ผู้เลี้ยงโคนมและผู้หั่นมันเส้นสะอาด จำนวน 2 กลุ่ม ๆ ละ 35 คน รวม 70 คน เสร็จสิ้นแล้ว พบว่าเกษตรกรให้ความสนใจทั้งภาคบรรยายและภาคปฏิบัติ รวมทั้งแสดงความคิดเห็นว่าหน่วยงานรัฐควรจัดหาเครื่องชนิดนี้ให้กับเกษตรกรหรือชุมชนเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและทำให้มีอาชีพเพิ่มขึ้น สวนผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้เข้ารับการอบรมพบว่ามีความพึงพอใจในการอบรมมากกว่า 80 % และขอให้จัดอบรมเพิ่มเติมให้กับเกษตรกรกลุ่มที่เหลืออีกจำนวนมาก

ระเบียบวิธีวิจัย

เพื่อให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ แบ่งการดำเนินการเป็น 2 กิจกรรมวิจัย โดยในแต่ละกิจกรรมวิจัย มีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาสถานการณ์การใช้เครื่องจักรและกระบวนการทำมันเส้นสะอาด (Study on Mechanization Situation for Cassava Chip Processing)

1.1 ตรวจเอกสารและสำรวจสถานการณ์ระบบการรับซื้อ การแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดเป็นมันเส้นและการทำแห้งมันเส้น ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบวิธีการ การใช้แรงงาน การใช้เครื่องจักรกลเกษตร ปัญหา อุปสรรค เงื่อนไข ข้อจำกัดและความต้องการ โดยเฉพาะเกี่ยวกับเครื่องจักรในการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง เครื่องจักรในการสับหัวมันสดให้เป็นมันเส้น และเครื่องจักรที่ใช้ในการทำแห้งแบบลานตากโดยการสำรวจจะดำเนินการโดยการใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์เกษตรกร และผู้ประกอบการที่ทำการรับซื้อและแปรรูปหัวมันสำปะหลังสด และการรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญของเครื่องจักรกลเกษตร โดยเฉพาะเครื่องจักรในกระบวนการดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะดำเนินการในจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดจำนวน 5 จังหวัด โดยสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ขายจังหวัดละอย่างน้อย 10 ตัวอย่าง และผู้ประกอบการรับซื้อ (ลานมันฯที่มีการรับซื้อแปรรูปเป็นมันเส้น และการทำแห้ง) จังหวัดละอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลผลการสำรวจโดยจะใช้การวิเคราะห์แบบการแจกแจงความถี่ ร้อยละประกอบการใช้เทคนิค SWOT ส่วนในกรณีของเครื่องจักรจะดำเนินการวิเคราะห์ศักยภาพ ปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพ หรือพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

1.3 จัดทำรายงาน และเผยแพร่ผลการศึกษา

- เวลาและสถานที่
  - กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

- ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง
-

1. วิจัยและพัฒนาการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง และประสิทธิภาพเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด (Research and Development on Cleaning of Cassava Tubers and Efficiency Improvement of Machinery for Producing of Clean Cassava Chip)

อุปกรณ์ :

- เครื่องจักรและอุปกรณ์โรงงานต่างๆ ในการสร้างชุดทดสอบ และเครื่องต้นแบบ
- เครื่องต้นกำลัง และเครื่องมือวัดต่างๆ อาทิ มอเตอร์ต้นกำลัง Electrical Inverter เกียร์ทด เครื่องวัดรอบ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- เครื่องชั่ง และอุปกรณ์ในการทดสอบ ทดลองต่างๆ

วิธีการ :

- การดำเนินการศึกษา และวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมหลักคือ 1) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ 2) การวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักร/อุปกรณ์ในการทำความสะอาดหัวมันปะหลังสด และ 3) การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสับมันเส้น ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาของแต่ละระบบหลักดังนี้

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

เพื่อให้มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการออกแบบ ได้มีการการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลัง ประกอบไปด้วย ขนาดของหัวมันสำปะหลัง ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางหัวมันสำปะหลังส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย ความยาวหัวมันสำปะหลัง น้ำหนัก ความชื้น และแรงที่ใช้ในการตัดหัวมันสำปะหลังในตำแหน่งการตัดต่างๆ และมุมเทของหัวมันสำปะหลังในทิศทางต่างๆ และบนพื้นผิววัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบระบบลำเลียง

2. การวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักร/อุปกรณ์ในการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสด

2.1 การตรวจเอกสาร และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลัง

2.2 ออกแบบ และสร้างชุดทดสอบ เพื่อศึกษาปัจจัยในการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง ซึ่งดำเนินการ 2 ขั้นตอนคือ 1) ศึกษาปัจจัยรูปแบบ (แบบตะแกรง, แบบถังตะแกรงหมุน) 2) ปัจจัยย่อยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของแต่ละรูปแบบ โดยรูปแบบตะแกรง ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความยาวตะแกรง ชนิดตะแกรง ระยะห่างตะแกรง และรูปแบบถังตะแกรงหมุนคือความเร็วในการหมุน รูปแบบตะแกรง จำนวนครีบวงเดือน โดยปัจจัยดังกล่าวอาจมีการปรับเปลี่ยนหากมีความจำเป็น และให้ผลการวิจัยที่ดีกว่า

2.3 ทดสอบศึกษาปัจจัยเพื่อหารูปแบบที่เป็นไปได้ และระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีตัวชี้วัดที่พิจารณาคือ

ก. อัตราการทำงาน (กก./ช.ม.)

ข. เปอร์เซ็นต์การทำความสะอาด (%, ส่วนกลับเปอร์เซ็นต์วัสดุที่ไม่ใช่หัวมันสำปะหลังที่ต้องการ)

ค. อัตราการทำความสะอาดในแต่ละช่วงความยาวในแต่ละรูปแบบการทำความสะอาด

ง. พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์/กก.)

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสับมันเส้น

3.1 ทดสอบประเมินผลเครื่องสับมันเส้น ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนการพัฒนา ศึกษาปัญหา และเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่จำเป็น อาทิ อัตราการป้อน ความเร็วรอบใบมีด พลังงานที่ใช้ และลักษณะมันเส้นที่ได้

3.2 วิเคราะห์ปัญหา และกำหนดประเด็นในการที่จะทำการวิจัยและพัฒนา ในเบื้องต้นส่วนที่จำเป็นต้องทำการพัฒนาคือ รูปแบบการป้อน และชนิดใบมีด

3.3 สร้างชุดทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จนได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมหรือดีที่สุด

3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.5 ทดสอบประเมินผลวิเคราะห์ข้อมูล และเวียนปรับปรุงแก้ไข หรือศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมหากจำเป็น จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ แล้วประเมินทดสอบขั้นสุดท้ายโดยในแต่ละการทดสอบพิจารณาค่าชี้ผลสมรรถนะแตกต่างกันไป แต่โดยรวมมีค่าชี้ผลสมรรถนะของเครื่องต้นแบบดังนี้

1) ความสม่ำเสมอของชิ้นมันเส้น (ความยาว ความกว้าง ความหนา และน้ำหนักต่อชิ้น)
2) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
3) เปอร์เซ็นต์เศษสิ่งเจือปน(%)
4) การสูญเสียผลผลิต (%)
5) เปอร์เซ็นต์การแตกหักในขบวนการทำแห้ง (%)

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา: 2 ปี (ตุลาคม 2557-กันยายน 2558)

สถานที่: กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี และลานมันสำปะหลังภาคเอกชน

ผลการวิจัย

1. ศึกษาสถานการณ์การใช้เครื่องจักรและกระบวนการทำมันเส้นสะอาด (Study on Mechanization Situation for Cassava Chip Processing)

จากการรวบรวมรายชื่อผู้ประกอบการแปรรูปหัวมันสำปะหลังสด เพื่อใช้เป็นเป้าหมายในการสำรวจรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกับกระบวนการ และเครื่องจักรในการแปรรูปมันสำปะหลัง สามารถแบ่งเป็นกลุ่มธุรกิจได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการลานมัน มันเส้นอัดเม็ด โรงแป้ง และผู้ส่งออก ซึ่งจากการตรวจเอกสารเพิ่มเติมและสำรวจเกี่ยวกับอุตสาหกรรมมันเส้น การบวนการผลิตมันเส้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ลักษณะของมันเส้นที่ได้ยังมีขนาดหลากหลาย (รูปที่ 1) มีฝุ่นและสิ่งเจือปนอยู่มาก อีกทั้งพบว่าไทยได้รับผลกระทบจากการส่งออกมากขึ้น เนื่องจากประเทศเพื่อนบ้านมีการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้นทั้งและผลิตภัณฑ์มันเส้น เป็นมันเส้นที่สะอาดกว่าของไทยมาก เนื่องจากเป็นมันสับมือ (รูปที่ 2) ไม่มีข้อจำกัดเรื่องแรงงาน ผู้ส่งออกจะส่งออกมันเส้นเหล่านี้ก่อน แล้วส่งออกมันเส้นของไทยภายหลัง อีกทั้งราคาส่งออกที่ต่ำกว่าทั้งที่คุณภาพสูงกว่า ทำให้ไทยขาดศักยภาพในการแข่งขัน

อย่างไรก็ตามการที่ไทยจะทำมันเส้นสับมือเพื่อการแข่ง คงเป็นไปไม่ได้ การพัฒนาคุณภาพให้เป็นมันเส้นสะอาดส่งออกให้กับคู่ค้าเดิม และจำหน่ายให้กลุ่มผลิตอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศ นั้นก็ยังมีความต้องการอีกมาก

รูปที่ 1 ความไม่สม่ำเสมอของขนาด และความสะอาดของชิ้นมันเส้น

อย่างไรก็ตามการที่ไทยจะทำมันเส้นสับมือเพื่อการแข่ง คงเป็นไปไม่ได้ การพัฒนาคุณภาพให้เป็นมันเส้นสะอาดส่งออกให้กับคู่ค้าเดิม และจำหน่ายให้กลุ่มผลิตอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศ นั้นก็ยังมีความต้องการอีกมาก

จากการสำรวจและสัมภาษณ์เบื้องต้นพบว่ามีผู้ประกอบการบางรายได้มีการพัฒนาผลิตพันธุ์ของตนเองเป็นมันเส้นสะอาด และประสบผลสำเร็จทั้งราคาจำหน่ายที่เพื่อขึ้น และผลิตได้ไม่พอต่อความต้องการ โดยมีการพัฒนาเครื่องจักรและขบวนการผลิตขึ้นเอง แต่พิจารณาว่าเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของขบวนการยังต้องพัฒนา และที่มีอยู่แล้วควรได้รับการพัฒนาสมรรถนะ ให้มีประสิทธิภาพการ

ทำงาน ลดการใช้พลังงาน การใช้แรงงานคน และความสูญเสียลง ตลอดจนพัฒนาให้เหมาะสมกับผู้ประกอบการซึ่งมีหลายระดับจนถึงระดับเกษตรกร

จากการศึกษา และการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการแปรรูป และเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ พบว่ามีเครื่องจักรใช้เกือบทุกกิจกรรม และเครื่องจักรโดยส่วนใหญ่ควรได้รับการพัฒนา ดังนี้

(ก) (ข)

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์มันเส้นของประเทศเพื่อนบ้าน (ก) และของไทย (ข)

1. การรับซื้อ ยังขาดเครื่องมือ วิธีการ และเกณฑ์ในการประเมินราคารับซื้อที่เหมาะสมและเป็นธรรม ได้ราคาตามคุณภาพของหัวมันสด โดยเฉพาะในด้านเปอร์เซ็นต์ และความสะอาดหัวมันสำปะหลังสด ซึ่งการต้องมีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม
2. การทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่ทำในระดับผู้ประกอบการ โดยในกลุ่มของผู้ประกอบการลานมันหรือผู้ผลิตมันเส้นจะมีการทำความสะอาดหัวมันในระบบแห้ง มีหลากหลายรูปแบบ (รูปที่ 3-8) ที่ควรได้รับการพัฒนาทั้งในด้านความสามารถ และประสิทธิภาพในการทำงาน ตลอดจนการพัฒนารูปแบบใหม่ให้เหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบและระดับการประกอบการ

	กำลังการผลิต 20 ตัน/ชั่วโมง เมื่อนำหัวมันสำปะหลังที่ทำความสะอาดโดยเครื่องนี้ไปทำเป็นมันเส้น พบว่ามันเส้นที่ได้มีคุณภาพดีกว่ามันเส้นคุณภาพมาตรฐานมาก โดยมีทรายปนเปื้อนเพียงร้อยละ 0.46 - 0.56 (มาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 2.0) และมีเยื่อใยร้อยละ 3.23 - 3.29 (มาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 4.0)

รูปที่ 3 เครื่องทำความสะอาดและขัดผิวหัวมันสำปะหลัง

ที่มา: http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=752:51&catid=25&Itemid=220 เผยแพร่เมื่อ วันพฤหัสบดี, 30 ตุลาคม 2546

รูปที่ 4 เครื่องทำความสะอาด และสับมันสำปะหลัง

รูปที่ 5 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังแบบสายพานและตะแกรงร่อน (1ตะแกรง)

รูปที่ 6 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังแบบสายพานและตะแกรงร่อน (2 ตะแกรง) เพิ่มความสามารถการทำงานโดยการเพิ่มจำนวนชุด

รูปที่ 7 ส่วนที่เป็นตะแกรงร่อนสำหรับทำความสะอาด

รูปที่ 8 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังแบบถังตะแกรงหมุน แต่ปัจจุบันไม่ใช้งานแม้มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูง ประหยัดเนื้อที่ แต่มีความสามารถในการทำงานต่ำ ไม่ตอบสนองปริมาณการับซื้อต่อวัน และการสับเป็นมันเส้น

3. การแปรรูปเป็นมันเส้น เครื่องสับมีหลักการทำงานเดียวกันทั้งหมดทุกระดับของผู้ประกอบการ เป็นแบบจานหมุน ต่างกันที่ขนาดหรือความสามารถในการทำงาน และยังคงได้ชิ้นมันไม่สม่ำเสมอทำนองเดียวกัน

รูปที่ 9 เครื่องสับมันเส้น ใบสับเป็นแบบจานหมุน

จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้สามารถสับได้ขนาดที่สม่ำเสมอ และประหยัดพลังงาน

4. การทำแห้งมันเส้น ทำแห้งโดยใช้ลานตาก ซึ่งจะตากประมาณ 3-4 วัน และในแต่ละวันต้องมีการพลิกกลบ อุปกรณ์ เครื่องจักรในกิจกรรมนี้มีหลายอย่าง และส่วนใหญ่ควรได้รับการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน ประกอบไปด้วย
    ก. ลานตาก
    ข. เครื่องโรยมันเส้น
    ค. เครื่องมือ/อุปกรณ์พลิกกลบมันเส้น
    ง. เครื่องมือเก็บมันเส้นที่แห้งแล้ว
    จ. เครื่องมือในการทำความสะอาดลาน
    ฉ. เครื่องมือในการเก็บรวมกอง และอุปกรณ์ป้องกันการเปียกฝน
5. การเก็บรักษา
6. การปรับปรุงคุณภาพมันเส้น
7. การจำหน่าย

อย่างไรก็ตาม ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่ค่อนข้างครอบคลุม และวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งจะมีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เรียงลำดับความสำคัญ และกำหนดประเด็นที่จะทำการพัฒนาต่อไป

2. วิจัยและพัฒนาการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง และประสิทธิภาพเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด (Research and Development on Cleaning of Cassava Tubers and Efficiency)

2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลัง

ได้ดำเนินการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพหัวมันสำปะหลังจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 ระยอง 11 และ ห้วยบง 60 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบการทำความสะอาด และการสับมันเส้น เพื่อให้ได้มันเส้นสะอาดและมีการสูญเสียต่ำ ซึ่งข้อมูลประกอบไปด้วย ขนาดของหัวมันสำปะหลัง ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางหัวมันสำปะหลังส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย ความยาวหัวมันสำปะหลัง น้ำหนัก ความชื้น และแรงที่ใช้ในการตัดหัวมันสำปะหลังในตำแหน่งการตัดต่างๆ และมุมเทของหัวมันสำปะหลังในทิศทางต่างๆ และบนพื้นผิววัสดุที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ ผ. 1-ผ.6

2.2 **การวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักร/อุปกรณ์ในการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสด** เพื่อหารูปแบบการทำความสะอาดหัวมันฯที่เหมาะสม ได้พิจารณาและออกแบบระบบการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสดเป็น 2 แบบ คือ แบบถังหมุน และแบบตะแกรงร่อน ซึ่งในการดำเนินโครงการ ได้ออกแบบเครื่องต้นแบบในลักษณะชุดทดสอบ เพื่อศึกษาปัจจัยการทำงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) **ระบบการทำความสะอาดแบบถังหมุน** ได้ทำการสร้างต้นแบบในลักษณะชุดทดสอบ เพื่อศึกษาปัจจัยการทำงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความยาว ความเร็วในการหมุน และอัตราการทำงาน โดยต้นแบบประกอบไปด้วยถังทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร รูปที่ 1 (ก) ผนังของถังมีลักษณะเป็นฟันหยัก ทำด้วยเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว วางลักษณะคว่ำให้ส่วนของ

สันอยู่ด้านใน รูปที่ 1 (ข) เพื่อให้เกิดการกระแทก และสะกิดสิ่งเจือปน และเปลือกของหัวมันฯออก การหมุนใช้โซ่ขนาดเบอร์ 80 พันและยึดรอบถัง แล้วขับด้วยเฟืองโซ่ ที่ได้รับกำลังขับที่ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมความเร็วด้วย Inverter และ/หรือเครื่องยนต์ผ่านระบบพู่เล่ และสายพาน ส่วนการทำให้หัวมันสำปะหลังเคลื่อนที่จะใช้ระบบครีบพา ที่สามารถปรับระยะพิชได้ เพื่อการศึกษาความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวมันในถังหมุนดังกล่าว เพื่อหาอัตราการป้อนสูงสุด และมีประสิทธิภาพการทำความสะอาดสูงสุด แต่การสร้างชุดทดสอบอยู่ระหว่างดำเนินการ

(ก)

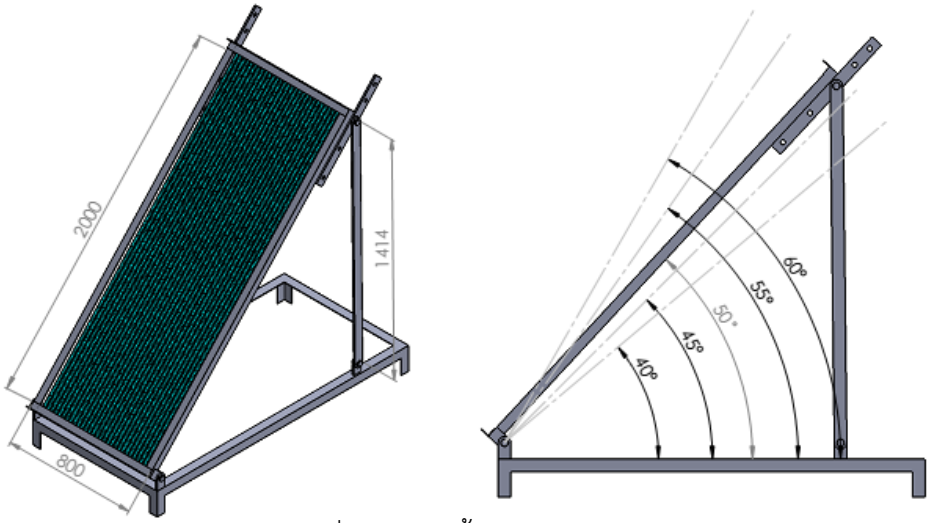
(ข)

(ค)

รูปที่ 1 ชุดทดสอบอุปกรณ์ทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังแบบถังหมุน (ก) ผนังถังด้วยเหล็กฉากวางลักษณะคว่ำ (ข) และส่งกำลังขับหมุนด้วยโซ่ และเฟืองโซ่ (ค)

2) **ระบบการทำความสะอาดแบบแกรงร่อน** ได้ทำการสร้างต้นแบบในลักษณะชุดทดสอบเช่นเดียวกัน เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความยาวตะแกรง มุมเอียงตะแกรง จำนวนครั้งในการทำความสะอาด ตะแกรงร่อนออกแบบใช้เหล็กข้ออ้อยสำหรับงานก่อสร้างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง –3/8 นิ้ว ยาว 2.0 เมตร จำนวน 2 ชุด (รูปที่ 2) ติดตั้งบนขาตั้งที่สามารถปรับมุมเอียงได้ เพื่อศึกษาหามุมเอียงตะแกรง (4 ระดับ) และความยาวตะแกรงที่เหมาะสม (รูปที่ 3)

รูปที่ 2 ตะแกรงร่อนทำด้วยเหล็กข้ออ้อย



รูปที่ 3 การติดตั้งและปรับมุมเอียงตะแกรงร่อน

นอกจากนี้ได้มีการสร้างเครื่องมือ/อุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อใช้ประกอบในการทดสอบ และศึกษาอาทิระบบสายพานลำเลียงที่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็ว และความสูงในการลำเลียงได้ (รูปที่ 4) เพื่อความสะดวกในการทำงาน และควบคุมอัตราการป้อนหัวมันสำปะหลังในการพัฒนาระบบการทำความสะอาดหัวมันฯ และการสับมันเส้น

รูปที่ 4 สายพานลำเลียงที่จะใช้ในการทดสอบ (ก) และโครงสร้างของชุดสายพานลำเลียงที่อยู่ระหว่างการรอวัสดุสายพานในกระบวนการจัดซื้อ (ข)

เพื่อการศึกษาปัจจัย การคัดเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม การคัดเลือกแบบ และการพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบต่อไปนั้น ในปัจจุบันการสร้างต้นแบบในลักษณะชุดทดสอบ ทั้งสอบแบบดังกล่าวข้างต้นแล้วเสร็จ รอการทดสอบในฤดูการเก็บเกี่ยวที่จะมาถึง

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยและพัฒนาการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด ดำเนินการโดย 3 กิจกรรมย่อยคือ 1) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ 2) การศึกษารูปแบบการทำความสะอาดที่เหมาะสม ประกอบด้วยการทำความสะอาดแบบตะแกรงร่อนและแบบถังหมุน พร้อมการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและคัดเลือกระดับของปัจจัยที่เหมาะสม และ 3) การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสับมันเส้นจากระบบที่มีอยู่ มีการศึกษาระดับปัจจัยและคัดเลือกระดับปัจจัยที่เกี่ยวข้องเปรียบเทียบกับการสับมันเส้นแบบเป็นแผ่น โดยใช้ขนาดและความสามารถในการทำแห้งเป็นตัวชี้วัด ทั้งมีการศึกษาและพัฒนาระบบการคัดแยกชิ้นมันภายหลังการโม่หรือสับ ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการจัดการในการทำแห้งแบบลานตาก ลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ได้ระดับหนึ่ง

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

Research and Development of Machinery for Cassava Chip Drying

นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล
Mr. Nitat Tangpinijkul

เวียง อากรชี
Weang Arekornchee

พินิจ จิรัคคกุล
Pinij Jirukakul

อนุชิต ฉ่ำสิงห์
Anuchit Chamsing

วิชัย โอภานกุล
Wichai Ophanukul

มงคล ตุ่นเฮ้า
MongkolToonhouse

อนุชา เชาวโชติ
Anucha Chaochote

สิทธิชัย ดาศรี
Sithichai Dasri

ธนกฤต โยธาทูล
Thanakrit Yothatool

อุทัย ธานี
Uthai Thanee

คำสำคัญ (Keywords):

เครื่องจักรกลเกษตร เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง เครื่องสับหัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลัง มันเส้น มันเส้นสะอาด เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

agricultural machinery, cassava tuber cleaning, cassava tuber chopper, cassava chip, cleaned cassava chip, cassava harvesting

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โครงการ คือ 1) การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต่ำ และ 2)วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน

1) การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต่ำ เพื่อพัฒนาต่อยอดการผลิตมันเส้นสะอาด จากกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งมันเส้นประสบปัญหาของเรื่องขนาดชิ้นมันที่นำไปอบแห้งไม่มีความ สม่ำเสมอ ส่งผลต่อการอบแห้ง เช่น เวลาที่ใช้การเกิดเจลในชิ้นมันที่มีความหนามากๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต่ำ พบว่าสามารถสับหัวมันสำปะหลังให้มีลักษณะ สมมาตรได้ที่หน้าตัดชิ้นมันขนาด 1x1 ซม และความยาว 2-5 ซม ในสมรรถนะ 1.94 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 22 กิโลวัตต์ (30 แรงม้า) มีประสิทธิภาพในการสับได้ขนาดชิ้นมันที่เหมาะสม 81.75 % (หลัง การอบแห้ง) และสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่ 907 ไร่ต่อปี

2) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นมันเส้น ที่ออกแบบมีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งที่มีการวางท่อลมกระจายความร้อนการอบแห้งดี ขับเคลื่อนการหมุนถังอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ 2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 กิโลวัตต์ 3) แหล่งความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ผลการทดสอบอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 12 ชั่วโมง ที่ความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62 % ลดลงเหลือ 13% อัตราการใช้แก๊ส 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้มันเส้นอบแห้ง 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนมันเส้นสดต่อมันเส้นอบแห้ง 2.29:1

Abstract

This research project had 2 topic was 1) research and Development of a Cassava Dicer machine and 2) research and development of a cassava chip rotary dryer for farmer scale.

1) The objective of the research and development of a cassava dicer machine was to develop the clean cassava chip after drying process. The problem was the difference size of cassava chip which affected the drying process such as drying time, thick gelatinization layer and drying temperature. The result of the research and development of a cassava dicer machine showed the cassava can be cut to 1x1 cm of cross section and 2-5 cm length with capacity 1.94 ton per hour. The electricity was 22 kW (30 hp) and the cutting efficiency for suitable piece was 81.75% (after drying). The machine can be used to agriculture in the area of 907 rai per year.

2) The objective of this study is to design and develop a rotary dryer to dehydrate cassava chip. Dryer capacity was designed 7,000 kg/batch. A dryer composes of 3 main parts; 1) A dryer's drum was hot air duct installed for a good hot air distribution and was rotated by 5 kw electric motor. 2) A centrifugal fan powered by 3.5 kw electric motor. 3) A LPG burner set was designed for drying heat source. Results of fresh cassava chip drying 7,000 kg at 70 degree Celsius of hot air was drying time was 12 hours started at 62% moisture content of cassava chip reduced to 13%. The LPG consumption rate was 5 kg/hr. Weight of dried cassava chip was 3,057 kg. The proportion of fresh cassava chip per dried cassava chip was 2.29:1.

บทนำ

ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล โดยคิดเป็นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั่วโลก และเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก ส่วนแบ่งการตลาดมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของทั่วโลก มูลค่ารวมของอุตสาหกรรมประมาณ 6-7 หมื่นล้านบาทต่อปี โดยประเทศไทยมีเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 5 แสนครัวเรือน มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8 ล้านไร่ ใน 45 จังหวัด ผลผลิตประมาณ 29 ล้านตัน (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2552) ในปี 2554 มีการส่งออกมันเส้น 3.7 ล้านตัน มูลค่าส่งออก 29,252 ล้านบาท การใช้ในประเทศประมาณ 1.5 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตมันเส้นประมาณ 700 โรงงาน ซึ่งเป็นการผลิตมันเส้นโดยใช้ลานตากทั้งสิ้น และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัย

หลายอย่างที่ต้องคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องทำการเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด ทำให้ราคาของมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่มีราคาถูกลงเพราะเมื่อรับซื้อแล้วจำเป็นต้องส่งไปแปรรูปในอุตสาหกรรมแป้งซึ่งมีขีดจำกัดของการผลิต ทำให้การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลังจัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งเข้าโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเพื่อแปรรูปให้เร็วที่สุด โดยลานมันจะทำการโม่สับหัวมันเป็นมันเส้นและทำการตากลดความชื้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน โดยเฉพาะหัวมันที่หักจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลาย การเก็บรักษาในร่มมีแนวโน้มว่าหัวมันสำปะหลังจะเน่าเร็วกว่ากลางแจ้งเนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวฝนตกทำให้หัวมันเปียก ซึ่งจะส่งผลต่อราคาหัวมัดสดในพื้นที่ถูกลง

การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันเส้นสะอาดเป็นการพัฒนาระบบการจัดการการแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อการแก้ปัญหาเกษตรกร อุตสาหกรรม และนโยบายการประกันราคา อีกทั้งการเตรียมรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน(ASEAN Economic Community: AEC) ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาและยกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

การพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเส้นปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ในอุตสาหกรรมการผลิตมันเส้นมีการใช้เฉพาะเครื่องจักรที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องสับมันเส้น อุปกรณ์เกลี่ยมัน รถแทรกเตอร์หรือรถตัก และลานตาก ซึ่งทำให้การผลิตมันเส้นไม่เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในการวิจัยนี้จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันเส้นสะอาดด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปโดยการสับชิ้นมันให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและอบแห้งให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตมันเส้น โดยทำการพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(รูปสมมาตร) และการอบแห้งแบบโรตารี่ซึ่งเป็นเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ยังมีปัญหาในระบบการแปรรูปมันเส้นทั้งในระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรม

วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

Research and Development of a Cassava Dicer Machine

นายพินิจ จิรัคคกุล นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล วิชัย โอภานกุล

Pinij Jirukakul Mr. Nitat Tangpinijkul Wichai Ophanukul

มงคล ตุ่นเฮ้า อนุชิต ฉ่ำสิงห์ อนุชา เชาวโชติ สิทธิชัย ดาศรี

Mongkol Toonhouse Anuchit Chamsing Anucha Chaochote Sithichai Dasri

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, มันเส้น, เครื่องสับมันสำปะหลัง และเครื่องสับเต๋า

Keywords: Cassava , Cassava chip, Cassava tubers chipper and Dicer Chipper

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า เพื่อพัฒนาต่อยอดการผลิตมันเส้นสะอาด จากกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งมันเส้นประสบปัญหาของเรื่องขนาดชิ้นมันที่นำไปอบแห้งไม่มีความ สม่ำเสมอ ส่งผลต่อการอบแห้ง เช่น เวลาที่ใช้การเกิดเจลในชิ้นมันที่มีความหนามากๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า พบว่าสามารถสับหัวมันสำปะหลังให้มีลักษณะ สมมาตรได้ที่หน้าตัดชิ้นมันขนาด 1x1 ซม และความยาว 2-5 ซม ในสมรรถนะ 1.94 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 22 กิโลวัตต์ (30 แรงม้า) มีประสิทธิภาพในการสับได้ขนาดชิ้นมันที่เหมาะสม 81.75 % (หลัง การอบแห้ง) และสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่ 907 ไร่ต่อปี

Abstract

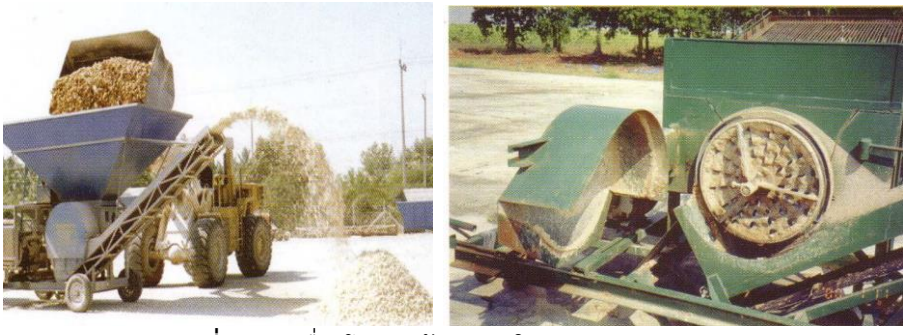
The objective of the research and development of a cassava dicer machine was to develop the clean cassava chip after drying process. The problem was the difference size of cassava chip which affected the drying process such as drying time, thick gelatinization layer and drying temperature. The result of the research and development of a cassava dicer machine showed the cassava can be cut to 1x1 cm of cross section and 2-5 cm length with capacity 1.94 ton per hour. The electricity was 22 kW (30 hp) and the cutting efficiency for suitable piece was 81.75% (after drying). The machine can be used to agriculture in the area of 907 rai per year.

บทนำ

การสับหรือการโม่หัวมันให้เป็นชิ้นๆแล้วนำไปตากแห้ง เป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำมันเส้น ซึ่งปัญหาจากการสับมันสำปะหลังที่มีขนาดแตกต่างกันมากๆ จะส่งผลให้การตากแห้งหรือทำให้แห้งใช้เวลาต่างกันมากด้วย โดยมันชิ้นเล็กบางจะแห้งเร็วกว่ามันชิ้นใหญ่หนา ถ้าตากมันชิ้นใหญ่ไม่แห้งจะทำให้เกิดเชื้อรา แบคทีเรีย เน่าเสียทั้งกองที่เก็บมันเส้นไว้ แต่ถ้าเน้นทำแห้งมันชิ้นใหญ่จนแห้งสนิทดี จะทำให้มันชิ้นเล็กแห้งเกินไปส่งผลให้น้ำหนักมันแห้งหายไปขายได้น้ำหนักรวมน้อยขาดทุนหรือได้กำไรน้อยไป จากปัญหาอันเกิดจากการสับชิ้นมันเส้นที่มีขนาดแตกต่างกันมากนี้ สามารถแก้ปัญหาได้โดยการสับมันให้มีขนาดใกล้เคียงกันและเหมาะสมต่อการทำแห้งต่อไป การพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(รูปสมมาตร) จะเป็นงานวิจัยเครื่องสับมันที่สามารถควบคุมขนาด รูปทรง ของชิ้นมันได้ตามที่ต้องการจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการแก้ปัญหาการสับมันเส้นดังที่กล่าวมาแล้ว

การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบต่างๆที่ทั้งที่มีจำหน่ายและที่มีการทำวิจัย พบว่า ลานผลิตมัน เส้นส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสับมันแบบจานหมุน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจานหั่น 36 – 40 นิ้ว ความเร็วรอบจานสับ ที่ 291 รอบต่อนาที ซึ่งเครื่องสับหัวมันสดขนาดเล็กความสามารถในการสับชั่วโมงละ 3-5 ตัน ขนาดกลางชั่วโมง ละ 20-30 ตัน และขนาดใหญ่ชั่วโมงละ 40-60 ตัน และนำไปตากแดด 2-3 วันจนแห้ง



รูปที่ 1.1 เครื่องโม่มันเส้นขนาดใหญ่และขนาดกลาง

ที่มา : ดนัย (2537)

รูปที่ 1.2 ลักษณะจานหมุนและชิ้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับ

รูปที่ 1.3 เครื่องสับมันสำปะหลังแนวตั้งและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง
ที่มา: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.2551

รูปที่ 1.4 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับ

รูปที่ 1.5 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์พัฒนาขึ้นและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับ

วิจิตรา, 2549 ได้ศึกษาเครื่องตัดแบบใบมีดหมุนในแนวตั้งฉากกับแนวแกน ที่ระยะห่างระหว่างใบมีด 3 ระยะ คือ 1.5, 1.8 และ 2.0 เซนติเมตร และกำหนดความเร็วรอบเพลาใบมีด 413-651 รอบ/นาทีพบว่า ทอร์กที่ เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเร็วรอบเพลาใบมีดและลดลงตามความเร็วรอบเพลาใบมีดที่เพิ่มขึ้น ทอร์กที่เกิดขึ้นในการตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 15.33-16.47 นิวตัน-เมตร และ 4.93-6.51 นิวตัน-เมตร ชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการเมื่อตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมี ปริมาณมากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 85.52-89.55% และ

79.92-87.92% และชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการมี ปริมาณมากขึ้นตามระยะห่างระหว่างใบมีดที่เพิ่มขึ้น เศษชิ้นมันและการสูญเสียมีปริมาณมากที่สุดอยในช่วง 3.19- 4.89% และ 0.85-1.63%

รูปที่ 1.6 เครื่องสับมันเส้นเล็กที่มีจำหน่าย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษา สำรวจ และรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกรรมวิธีการสับมันเส้นแบบต่างๆที่จำหน่ายทั้งในและส่งออกต่างประเทศ และชนิดเครื่องสับมันที่เกษตรกรใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 เช่น ขนาด กว้าง ยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง และภาพร่าง

- Specific Energy Consumption (kw/kg) ของการสับมันสำปะหลังขนาด เล็ก กลาง ใหญ่

3. ออกแบบและสร้างเครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋า โดยสร้างชุดทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะดำเนินการสร้างต้นแบบ เพื่อให้ได้ภาพแบบของอุปกรณ์การสับที่มีขนาดชิ้นเท่าๆกันทั้งแบบลูกเต๋าและสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.1 ออกแบบระบบป้อน

3.2 ออกแบบเครื่องสับมันสำปะหลังแบบเต๋าขนาดกำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง

- ออกแบบใบสับเพื่อลดการเป็นกาวของแป้งมันเมื่อมีความร้อน
- ทำการสร้างต้นแบบและทดสอบ

4. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น เครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋าต้นแบบ ในห้องปฏิบัติการและโรงงาน การทดสอบต้นแบบ

- ประสิทธิภาพการสับในการสับมัน

การวางแผนการทดลองRandomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วยจำนวน บล็อก(Block) 3 บล็อก และ ตำหรับ(Treatments) 3 ตำหรับ ทำการสับ 3 ซ้ำๆละ 200 กิโลกรัม(ต่อเนื่อง) เปรียบเทียบ Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ปัจจัยหลัก บล็อก ประกอบด้วย มันสำปะหลังจากลานมัน 3 แหล่ง (โรงงาน)

ปัจจัยรอง ตำหรับ ประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลัง 3 ขนาด เล็ก กลาง และใหญ่ โดยจำแนกเป็น 3 ขนาด หัวมันขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-35 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 40-

45 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 50-55 มิลลิเมตร โดยการสับแบบไม่มีการคัดขนาดเป็น Block Control

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

ก่อนสับ

ขนาดของตัวอย่าง 3 ขนาด เล็ก กลาง และใหญ่

ความชื้นในหัวมันสำปะหลัง

เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด

หลังสับ

1. เก็บขนาดของชิ้นมัน ทำการสุ่มจำนวน 10 กิโลกรัม จากการสับจำนวน 200 กิโลกรัม ทำ 3 ซ้ำ และบันทึกความสัมพันธ์น้ำหนักกับขนาดชิ้นมันสำปะหลัง

2. เปอร์เซ็นต์การแตกหัก

เปอร์เซ็นต์การแตกหัก =(น้ำหนักมันที่ไม่เป็นชิ้นสมมาตร/น้ำหนักมันที่สับ)x 100

- สมรรถนะการสับ (P)
- เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย (L)
- อัตราการป้อน (F)

การวิเคราะห์ Multiple regression สมรรถนะการสับ (ตันต่อชั่วโมง)

$P= c_1F+[c_2L_1+c_3L_2]+C$

5. เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
- เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร
- วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและความคุ้มทุน

6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 เช่น ขนาด กว้าง ยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และภาพร่าง

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบเบื้องต้นของสมบัติลักษณะทางกายภาพของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ชิ้นที่	D1		D2		D3		ความยาว	น้ำหนัก	สภาพทั่วไป
	D1,1	D1,2	D2,1	D2,2	D3,1	D3,2	(มิลลิเมตร)	(กรัม)	
1	75.30	68.70	60.00	56.80	52.00	47.40	305.00	903.50	
	67.10	65.10	65.80	60.00	64.70	52.40	328.00	970.00	
	66.40	62.20	68.20	61.90	46.30	45.60	384.00	1121.50	ส่วนหัวแตกหักเล็กน้อย
	57.40	57.10	49.80	51.80	42.00	42.60	333.00	666.50	
5	97.40	94.80	85.00	89.00	67.00	57.70	357.00	1905.00	
	79.50	72.50	67.40	67.40	61.60	61.90	268.00	949.50	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	68.30	61.80	74.50	63.30	62.10	54.70	247.00	871.00	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	84.80	60.70	48.30	48.50	32.90	33.60	343.00	735.00	
	69.40	74.70	63.90	65.60	55.10	54.70	336.00	1105.00	
10	56.00	49.80	48.80	48.00	35.00	30.70	240.00	395.00	
	64.40	64.00	59.20	62.50	50.80	52.00	344.00	955.00	
	85.80	82.30	74.20	69.50	48.60	49.90	322.00	1210.00	ส่วนหัวแตกหักเล็กน้อย
	76.80	69.60	69.10	73.70	63.00	60.10	248.00	1028.50	
	59.00	56.80	56.30	56.80	50.70	54.50	263.00	670.50	ค่อนข้างสมบูรณ์
15	64.20	61.30	62.40	59.80	52.00	49.20	340.00	955.00	
	70.50	76.50	71.40	70.10	54.50	61.60	262.00	1026.50	ค่อนข้างสมบูรณ์
	72.90	69.30	59.70	63.00	50.80	53.60	331.00	1093.00	
	63.70	66.80	70.20	71.60	52.10	51.70	410.00	1239.50	
	87.30	78.80	69.00	65.30	48.90	43.20	325.00	1207.50	
20	62.10	62.80	57.80	60.80	46.30	43.50	244.00	608.50	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	69.10	62.40	56.20	56.70	47.10	46.50	398.00	1038.50	
	70.00	71.40	61.80	60.00	47.20	44.00	378.00	1143.50	
	83.60	71.20	73.40	65.20	53.70	54.30	263.00	850.00	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	61.50	57.80	57.00	55.10	36.00	32.20	174.00	359.00	
25	57.80	53.30	55.90	46.60	42.60	38.00	190.00	356.50	
	54.20	54.00	44.30	45.80	31.50	34.50	184.00	278.50	
	60.00	63.40	44.30	43.90	33.70	32.80	252.00	444.00	
	67.50	69.50	56.40	50.40	38.00	35.70	240.00	542.00	
	61.10	61.20	53.60	51.00	38.30	37.70	340.00	707.50	
30	85.00	68.40	68.50	61.30	45.40	44.80	237.00	806.50	

ตารางที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

VAR00001	Mean	N	Std.Deviation
D1/1	69.9367	30	10.8696
D1/2	66.2733	30	9.3399
D2/1	61.7467	30	9.7337
D2/1	60.0467	30	9.7224
D3/1	48.3300	30	9.7104
D3/2	46.7033	30	9.2091
Total	58.8394	180	12.9504

ตารางที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 Duncan

	N	Subset			
VAR00001		1	2	3	4
D3/2	30	46.7033			
D3/1	30	48.3300			
D2/2	30		60.0467		
D2/1	30		61.7467	61.7467	
D1/2	30			66.2733	66.2733
D1/1	30				69.9367
Sig.		.519	.501	.073	.147

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 95.626.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

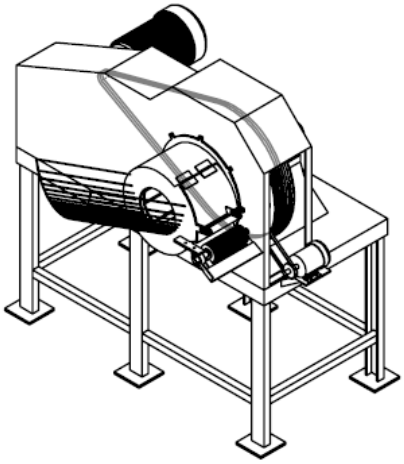
b Alpha = .05.

โดยจากการศึกษาพบว่าความยาวเฉลี่ย 296.2 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักต่อหัว 871.4 กรัม ซึ่งจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่า ลักษณะภาพร่างของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีลักษณะ Conicalcylindrical จากสมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษาขั้นต้นจะไปออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสมกับลักษณะของ หัวมันสำปะหลัง

การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋า

จากการออกแบบต้นแบบเครื่องสับมันแบบลูกเต๋า ดังรูปที่ 1.13 ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดมัน สำปะหลังมาออกแบบ ซึ่งความกว้างของห้องสับมีขนาด 30± 1 เซนติเมตร สัมพันธ์กับความยาว และใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ระบบควบคุมแบบ Star- Delta

จากการทดสอบ ในการสับให้เป็นแผ่น พบว่า หัวมันสำปะหลังจะมีเหง้ามันติดมาด้วย ซึ่งจากการสร้างต้นแบบที่ 1 ได้ใช้ใบมีดชนิดบางหนา 2 มิลลิเมตร มีความแข็ง 50- 55 Rockwell scale C จากการทดสอบพบว่า หัวมันสำปะหลังจากลานมันเส้นจะมีส่วนที่เป็นเหง้ามันติดมาจำนวนมากซึ่งเมื่อเหง้ามันสำปะหลังติดไปกับหัวมัน สำปะหลังจะทำให้มีดเกิดความเสียหายได้หรือมีลักษณะบิดงอ ดังรูปที่ 1.14 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใบมีดใหม่ โดยใช้ ใบมีที่มีดขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วัสดุเหล็กเกรด SKD11 ผ่านการชุบแข็ง 58-60 Rockwell scale C มุมใบมีด 30 องศา เป็นมุมตัดเฉือนและใบมีดมีความแข็งแรงมากขึ้นเมื่อพบเหง้ามันในการสับ ดังรูปที่ 1.15 โดยการทดสอบที่ ความเร็วรอบ 260 รอบต่อนาที (No load) ใช้พลังงานไฟฟ้า 12-15 แอมป์ ดังรูปที่ 1.16 จากการทดสอบการสับ พบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนามากๆจะสงผลต่อการแตกหักของชิ้นมันสำปะหลัง ทำให้ผู้วิจัยปรับปรุงใบมีดให้มี ความบางมากขึ้นและความแข็งลดลง เนื่องจากมันสำปะหลังจะมีทรายและดินติดมากับหัวมันจะส่งผลต่อการใช้มีด ที่มีความแข็งสูง จะส่งผลต่อการแตกของใบมีดได้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและเลือกวัสดุในการทำใบมีดใหม่โดยใช้เหล็กทนสึกสำหรับเครื่องจักรการเกษตร ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ทั้งร้อนและเย็นได้ และมีความแข็งประมาณ 55 HRC (ชนิดเดียวกับวัสดุทำผาลไถ) ดังรูปที่ 1.17 ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และในกระบวนการต่อไปคือการพัฒนาสับให้เป็นลักษณะเส้นเส้นก่อนที่จะสับเป็นลูกเต๋า โดยเพิ่มใบมีดสับให้เป็นเส้น ดังรูปที่ 1.18 พบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนาจะทำให้การสับเกิดการสูญเสียสูง และเกิดการติดที่ใบมีด ทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบมีดที่มีลักษณะบาง และมีความคมมากขึ้นแต่ความแข็งลดลง เนื่องจากอุปสรรคข้างต้นที่กล่าวมาจาก ปัจจัยการมีเหง้ามันติดมากับหัวมันสำปะหลังจะไม่ส่งผลต่อชุดใบมีดชุดนี้ เนื่องจากหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการสับจากใบมีดชุดที่หนึ่งจะมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร ขึ้นกับขนาดของหัวมันสำปะหลัง โดยใบมีดจำเป็นต้องประกอบด้วยเขียง และชุดใบกันชิ้นมันติดในร่องมีดดังรูปที่ 1.19 โดยใบมีดสับใช้ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที โดยผลการทดสอบสมรรถนะแสดงดังตารางที่ 1.4



รูปที่ 1.7 การออกแบบทางวิศวกรรม

รูปที่ 1.8 ลักษณะใบมีดที่เกดจากการเสียหายจากเหง้ามันสำปะหลังที่ติดมากับหัวมัน

รูปที่ 1.9 ลักษณะใบมีดสับมันสำปะหลังที่นำมาเปลี่ยนเพื่อการทดสอบ

รูปที่ 1.10 ใบมีดที่ทำการปรับปรุงและทดสอบสับมันเส้นเป็นแบบแผ่น

รูปที่ 1.11 ชุดใบมีดสับมันสำปะหลังที่ทำให้เป็นเส้น

รูปที่ 1.12 ชุดใบมีด เขียงและใบกันชิ้นมันติดใบมีด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 1450 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก.)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (กก./ชม.)	*ประสิทธิภาพ
1	200	15.30	774	87.59
2	200	16.00	750	81.93
3	200	14.00	857	76.80
4	200	14.50	809	80.69
เฉลี่ย	200	15.05	797	81.75

หมายเหตุ : หัวมันสำปะหลังชนิดรวมทุกขนาดจากลานมันสำปะหลังจากจังหวัดขอนแก่น

* ประสิทธิภาพการเป็นชิ้นสำหรับการอบแห้งประเมินจากมันหลังการอบแห้ง

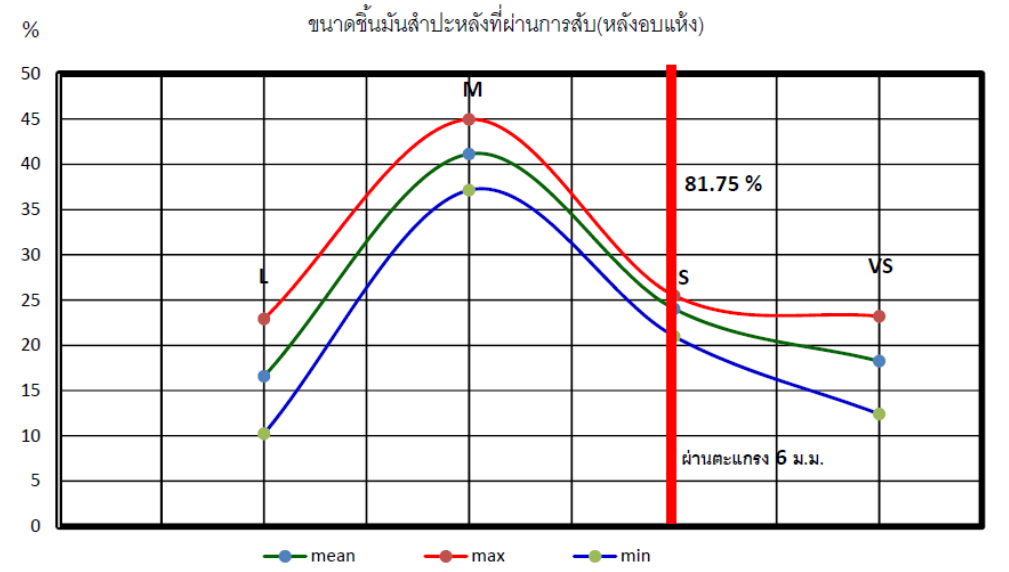
จากการทดสอบการสับ พบว่าสมรรถนะในการสับยังต่ำเนื่องจากชุดใบมีสับเล็กยังสับได้ช้า และการป้อนในการทดสอบยังต่ำ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและเพิ่มความเร็วรอบเป็น 2,175 รอบต่อนาทีพบว่าสมรรถนะสูงขึ้น ดังตารางที่ 5 โดยไม่ส่งผลต่อขนาดชิ้นมัน

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 2,175 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก.)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (กก./ชม.)
1	300	10.30	1714
2	300	8.00	2250
3	300	9.00	2000
4	300	10.00	1800
เฉลี่ย	300	9.11	1941

รูปที่ 1.20 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ ขนาด 1x1 ซม.

รูปที่ 1.21 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ



(ก) ก่อนอบแห้ง (ข) หลังอบแห้ง

รูปที่ 1.22 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ
(ก) ก่อนอบแห้งและ (ข) หลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

รูปที่ 1.23 เครื่องต้นแบบสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับผลิตมันเส้นสะอาด โดยการพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้ ชิ้นมันสำปะหลังมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง นั้นสามารถลดเวลาเรื่องของการอบแห้ง ได้ และชิ้นขนาด 1x1 ซม. มีความเหมาะสมต่อการนำไปอบที่อุณหภูมิสูงและไม่ส่งผลต่อการเกิดเจล เนื่องจาก พื้นที่ที่สัมผัสลมร้อนมีมากทำให้การระบายความชื้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ โดยเครื่องสับที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันสำปะหลังได้ในอัตรา 1.94 ตันต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพของขนาดที่ต้องการ 81.75 % ที่เหลือจะเป็นขนาดชิ้นเล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ในสภาวะหลังการอบแห้ง ซึ่งถ้านำไปอบแห้งในส่วนนี้จะแห้งเร็ว กว่าปกติ และสามารถจัดเก็บได้ ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียจากการตาก ซึ่งจากการศึกษาสมรรถนะเครื่องยังมี ความสามารถต่ำและยังใช้พลังงานไม่เต็มที่ เนื่องจากห้องสับที่มีขนาดเล็กเกินไปในการรับอัตราการป้อนที่สูงทำให้มีขีดจำกัดเรื่องการป้อน และชุดใบมีดสับเป็นเส้นสามารถพัฒนาและเพิ่มขนาดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสับได้

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ได้ต้นแบบเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋าสามารถนำไปเป็นเครื่องจักรในการแปรรูปมันเส้นสะอาดเพื่อการส่งออกได้ โดยต้นแบบจะต้องมีการพัฒนาให้เป็นโรงงานขนาดเล็กสำหรับชุมชนหรือกลุ่มสหกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแปรรูปผลิตทางการเกษตร

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน

Research and Development of a Cassava Chip Rotary Dryer for Farmer Scale

เวียง อากรชี นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์

Weang Arekornchee Nitat Tangpinijkul Anuchit Chamsing

ธนกฤต โยธาทูล อุทัย ธานี

Thanakrit Yothatool Uthai Thanee

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งแบบโรตารี มันเส้น ระดับชุมชน

Keywords: Rotary Dryer Cassava Chip Farmer Scale

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นมันเส้น ที่ออกแบบมีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งที่มีการวางท่อลมกระจายความร้อนการอบแห้งดี ขับเคลื่อนการหมุนถังอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ 2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 กิโลวัตต์ 3) แหล่งความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ผลการทดสอบอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 12 ชั่วโมง ที่ความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62 % ลดลงเหลือ 13% อัตราการใช้แก๊ส 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้มันเส้นอบแห้ง 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนมันเส้นสดต่อมันเส้นอบแห้ง 2.29:1

Abstract

The objective of this study is to design and develop a rotary dryer to dehydrate cassava chip. Dryer capacity was designed 7,000 kg/batch. A dryer composes of 3 main parts; 1) A dryer's drum was hot air duct installed for a good hot air distribution and was rotated by 5 kw electric motor. 2) A centrifugal fan powered by 3.5 kw electric motor. (3) A LPG burner set was designed for drying heat source. Results of fresh cassava chip drying 7,000 kg at 70 degree Celsius of hot air was drying time was 12 hours started at 62% moisture content of cassava chip reduced to 13%. The LPG consumption rate was 5 kg/hr. Weight of dried cassava chip was 3,057 kg. The proportion of fresh cassava chip per dried cassava chip was 2.29:1.

บทนำ

การผลิตมันเส้นโดยส่วนใหญ่จะใช้การตากลาน และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องทำการเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งเข้าโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเพื่อแปรรูปให้เร็วที่สุด โดยลานมันจะทำการโม่สับหัวมันเป็นมันเส้นและทำการตากลดความชื้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน โดยเฉพาะหัวมันที่หักจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลาย การเก็บรักษาในร่มมีแนวโน้มว่าหัวมันสำปะหลังจะเน่าเร็วกว่ากลางแจ้งเนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวฝนตกทำให้หัวมันเปียก ซึ่งจะส่งผลต่อราคาหัวมัดสดในพื้นที่ถูกลง การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารี่เพื่อใช้แก้ปัญหาการไม่สามารถตากมันเส้นได้ในช่วงที่ฝนตก เป็นการลดการเน่าเสียของมันเส้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูล งานวิจัย เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น ได้แก่ การหาความหนาแน่น (Bulk Density) ขนาดชิ้นมันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ เป็นต้น โดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นบาง และเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่

3. ทำการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งโรตารีขนาดใหญ่ที่ความจุประมาณ 5 ตันต่อครั้งการอบ โดยจะพัฒนาในส่วนของถังบรรจุอบแห้งพร้อมระบบหมุนถัง ระบบการกระจายลมร้อนและแหล่งเชื้อเพลิงความร้อน

4. ทำการทดสอบอบแห้งมันเส้น เก็บข้อมูล แก้ไขปรับปรุง

5. เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงานอัตราการลดความชื้น (กิโลกรัมน้ำที่ระเหย/ชั่วโมง)
- ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง) - ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน
- วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่างๆและความคุ้มทุน

6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น - กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี - สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ - แปลงปลูกพืชของเกษตรกร

ระยะเวลาทำการวิจัย: ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น

ผลการหาค่าความหนาแน่น (Bulk Density) ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของหัวมัน = 560.65 กิโลกรัม/เมตร^3

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของมันเส้นก่อนอบแห้ง = 669.8 กิโลกรัม/เมตร^3

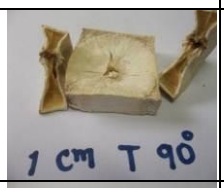
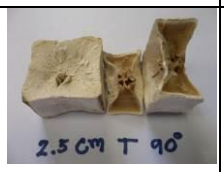
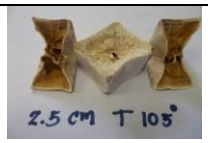
-หาความชื้นเริ่มต้นมันสดด้วยตู้อบ พบว่ามันสดมีความชื้นเริ่มต้น 62 % w.b.

-เปอร์เซ็นต์การยุบตัว ประมาณ 40 เปอร์เซนต์

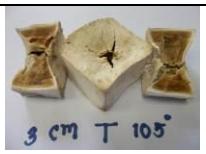
รูปที่ 2.4 การหาความชื้นด้วยตู้อบ

รูปที่ 2.5 การอบแห้งมันเส้นด้วยเรื่องอบลมร้อนแบบถาดที่ อุณหภูมิ 90 และ 105องศาเซลเซียส เพื่อหาการยุบตัว

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการอบแห้งมันเส้นด้วยเรื่องอบลมร้อนแบบถาด

อุณหภูมิ/ชั่วโมง อบ °C/ชม.	ความหนามันเส้น (ซม.)	ความชื้น % Wb	ลักษณะมันเส้นหลังอบ	บรรยายภาพ แป้งมันเส้น (หลังอบ)
90°C / 10ชม.	1	67.41		แป้งสุกมาก ผิวภายในแห้ง,แข็งและแตก ไม่เกิดเจล
90°C / 10ชม.	1.5	64.98		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90°C / 10ชม.	2	64.35		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90°C / 10ชม.	2.5	62.32		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90°C / 10ชม.	3	60.14		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105°C/ 10 ชม.	1	70.42		แป้งสุกมาก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105°C/ 10 ชม.	1.5	66.16		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105°C/ 10 ชม.	2	67.50		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105°C/ 10 ชม.	2.5	66.75		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการอบแห้งมันเส้นด้วยเรื่องอบลมร้อนแบบถาด (ต่อ)

อุณหภูมิ/ชั่วโมง อบ °C/ชม.	ความหนามันเส้น (ซม.)	ความชื้น % Wb	ลักษณะมันเส้นหลังอบ	บรรยายภาพ แป้งมันเส้น (หลังอบ)
105°C/ 10 ชม.	3	64.88		แป้งสุก ผิวภายในเหมือนมันนึ่ง, ไม่แข็งมากไม่เกิดเจล

จากการทดลองมันเส้น นำมันสำปะหลังตัดผ่าเส้นกึ่งกลางของหัวมันสด และตัดให้มีขนาด กxย 4x4 เซนติเมตร มีความหนา 1, 1.5, 2, 2.5, และ3 เซนติเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนัก ก่อนอบ ทุกตัวอย่าง อบที่อุณหภูมิ 90 และ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่ามันเส้นหลังอบ มีความชื้นของมันสำปะหลังเท่ากับ 60-65 % ลักษณะผิวด้านนอก มีสีขาวเหลือง กลิ่นเหมือนแป้งสุก เนื้อสัมผัสแข็งและแห้งมาก ผิวภายในมันเส้น ที่ความหนา 1 เซนติเมตร อุณหภูมิที่ 90และ 105 องศาเซลเซียส ลักษณะแป้งสุกมาก มีสีน้ำตาล แข็งแห้ง และแตก มากกว่าทุกตัวอย่าง ตัวอย่างแป้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความหนา 3 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อแน่นนุ่ม ผิวด้านในเหมือนมันนึ่ง ในการทดลองนี้ไม่สามารถนำตัวอย่างไปทดลอง การเกิด gelatinization temp ได้ เนื่องจากตัวอย่างผิวภายในมันเส้นแห้ง แป้งสุก

<u>การทดสอบอบมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ขนาดเล็ก</u>

รูปที่ 2.6 การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 70 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 70 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีไม่เกิดเจล เพราะใช้เครื่องอบที่มีลักษณะเป่าลมร้อนสูง ทำให้แพร่กระจายความร้อนของมันเส้น แห้งและสุกเร็วในช่วงแรก เมื่ออบนาน 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ตัวอย่างไม่เกิด gelatinization temp

รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบมันเส้นอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบโรตารีกับมันเส้นจากการตากแดด

ความชื้นในตัวอย่างมันเส้นหาได้โดยใช้วิธี นำตัวอย่างมันเส้นไปชั่งน้ำหนักเปียกบันทึกข้อมูล แล้วนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของแห้งที่ได้เพื่อหาน้ำหนักที่หายไปและคำนวณเป็นปริมาณความชื้นและแสดงในรูปของร้อยละของความชื้น ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มเพื่อหาค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการอบแห้งมันเส้น วัดค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อได้ค่าการใช้ปริมาณไฟฟ้าของพัดลม และชุดขับเคลื่อนถังในช่วงเวลาการอบแห้ง

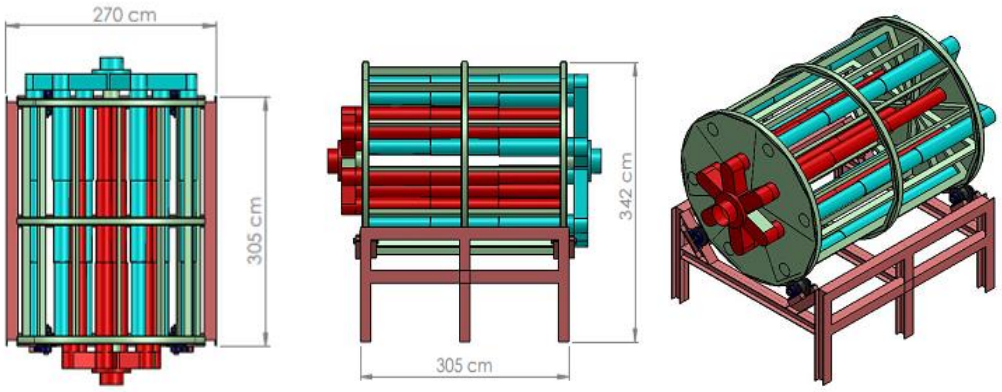
ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก

รายการ	ข้อมูล
น้ำหนักมันเส้นสด(kg)	254
ความชื้นเริ่มต้น(%w.b.)	62
น้ำหนักมันเส้นหลังอบแห้ง(kg)	111
ความชื้นสุดท้าย(%w.b.)	13
สัดส่วนมันเส้นสด:มันเส้นอบแห้ง	2.29:1
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง(^{O}C)	70
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	10
อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(kg/hr)	1.2
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	1.5

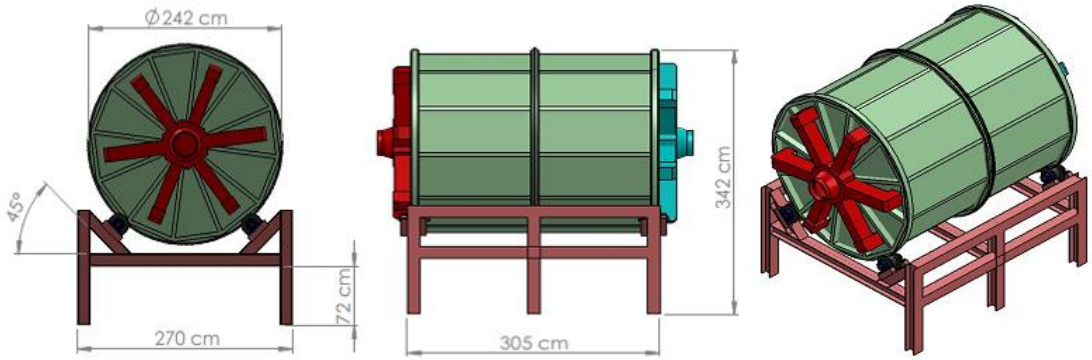
ปัญหาที่พบจากการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีคือ อัตราการแห้งของชิ้นมันที่มีขนาดใหญ่และเล็กแห้งเร็วต่างกัน โดยชิ้นใหญ่จะแห้งช้ากว่าชิ้นเล็ก จึงควรมีการคัดแยกขนาดชิ้นมันให้มีขนาดใกล้เคียงกันในการอบแห้ง

2) การออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี

พบว่าการออกแบบถังอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของการกระจายลมร้อนที่ทั่วถึงในการอบชิ้นมัน จึงต้องมีการพัฒนาระบบท่อลมร้อนให้กระจายลมร้อนได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 2.8 แสดงแบบการวางท่อลมร้อนถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด



รูปที่ 2.9 ภาพด้านหน้า ด้านข้าง และ 3 มิติ แบบถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด

รูปที่ 2.10 การสร้างถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด

รูปที่ 2.11 การม้วนและเชื่อมต่อท่อลมถังอบแห้งมันเส้น

รูปที่ 2.12 การติดตั้งท่อกระจายลมร้อนภายในถังอบ

รูปที่ 2.13 การหมุนถังอบด้วยเฟืองโซ่ เบอร์120 มอเตอร์ 7.5 แรงม้า

รูปที่ 2.14 พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แก๊สหุงต้ม(LPG) สำหรับลมร้อนในการอบแห้ง

รูปที่ 2.15 เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีที่สร้างเสร็จแล้ว

รูปที่ 2.16 การทดสอบการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแบบโรตารี

ตารางที่ 2.3 ผลการประมาณการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้น

รายการ	ข้อมูล
น้ำหนักมันเส้นสด(kg)	7,000
ความชื้นเริ่มต้น(%w.b.)	62
น้ำหนักมันเส้นหลังอบแห้ง(kg)	3,057
ความชื้นสุดท้าย(%w.b.)	13
สัดส่วนมันเส้นสด:มันเส้นอบแห้ง	2.29:1
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง($^{\circ}$C)	70
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	12
ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม(kg)	60
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	104.8

จากตารางที่ 2.3 เป็นการสรุปผลการอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้น 62% ให้ลดลงเหลือความชื้น 13% ใช้เวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ใช้ปริมาณแก๊สหุงต้มไป 60 กิโลกรัม

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

โดยกำหนดให้ราคาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ราคา 600,000 บาท มีอายุการใช้งาน 7 ปี พบว่า มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 710,860 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.35 ปี และมีอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนอยู่ที่ 15.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้นทุนจากการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงจะทำให้ต้นทุนการอบแห้งสูง จึงควรหาเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนในการอบแห้งที่มีราคาถูกกว่า

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่ออกแบบขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ขนาดถังอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.40 เมตร ยาว 3.00 เมตร มีการวางท่อลมร้อนให้กระจายทั่วถึงมันเส้นในถัง ใช้มอเตอร์ในการหมุนถัง ขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบถังหมุน 0.5 รอบ/นาที ใช้อบแบบไม่ต่อเนื่องเพราะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 12 ชั่วโมง จากความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62% ลดลงเหลือ 13% ที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส การใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังการอบแห้งจะได้มันเส้นเหลือประมาณ 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วน มันเส้นสดก่อนอบต่อมันเส้นอบแห้งหลังอบ 2.29:1 มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 710,860 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.35 ปี และมีอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนอยู่ที่ 15.75 เปอร์เซ็นต์

<u>คำแนะนำ</u> การใช้เครื่องอบแห้งสำหรับทำแห้งมันเส้นนั้นมีต้นทุนการทำแห้งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการตากลาน แต่จะช่วยแก้ปัญหาและลดการสูญเสียของมันเส้นในช่วงที่ฝนตกและมันเส้นเกิดความเสียหาย จึงเสนอแนะให้มีการใช้เครื่องอบแห้งควบคู่ไปกับการตากลานโดยจัดการอย่างเหมาะสมก็จะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่
Study and Design of Twin Drum Dryer of Cassava Pulp

กลวัชร ทิมินกุล **พินิจ จิรัคคกุล** **วุฒิพล จันทร์สระคู**
มงคล ตุ่นเฮ้า **ประยูร จันทองอ่อน** **ธนกฤต โยธาทูล**

คำหลัก: การลดความชื้นกากมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง

บทคัดย่อ

กากมันสำปะหลังที่มีความชื้น 80%wb ใส่ลงในระหว่างช่องของลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะรีดให้กากมันเป็นแผ่นติดกับผิวลูกกลิ้งที่มีอุณหภูมิที่ผิวไม่ต่ำกว่า500องศาเซลเซียส ลูกกลิ้งหมุนอบลดความชื้นกากมันเคลื่อนที่ไปได้ระยะ ¾ รอบของเส้นรอบวงของลูกกลิ้งจนความชื้นเหลือต่ำกว่า14เปอร์เซ็นต์ กากมันก็จะถูกปาดออกด้วยใบมีดมีลักษณะเป็นแผ่น จากการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังได้ 200 กรัม/รอบของการอบลดความชื้น โดยความเร็วในการหมุนอบคือ 2 รอบ/นาทีดังนั้นจะได้ความสามารถในการอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังที่24 กิโลกรัม(แห้ง)/ชั่วโมงหรือ120กิโลกรัม(เปียก)และมีอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจี 0.8 กิโลกรัม/ชั่วโมง

Abstracts

Study and Design of Moisture-Reducing Machine of Cassava Pulp by the Twin Drum Dryer

Cassava Pulp was put in the bin as hopper between the two drum. It were located closer in parallel way. Around surface of the drum getting the high temperature from the heat source were the Infrared strove, it can generate the high temperature of 500 degree Celsius. The cassava pulp was dried until the moisture content running below 14%wb and then are remove by the knife blade was set at the ¾ of the circumference line of the drum. The capacity of dry cassava pulp was 200 gram /revolution of the rotation. So we get 24 kg/hour of dry cassava pulp or 120kg of wet cassava pulp with the LPG consumption of 0.8 kg/hour.

บทนำ

มันสำปะหลังพบว่า มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6.5 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3 ตัน/ไร่ ประมาณการได้ว่าผลผลิตของประเทศในปี 2552 จะมีประมาณ 20 ล้านตัน (หัวมันสด) นอกจากนี้พบว่า มันสำปะหลังยังมีศักยภาพในการเพิ่มผลิตให้ได้มากกว่า 3 ตัน/ไร่ (จนถึง 30 ตัน/ไร่) ด้วยกำลังการผลิตที่มีปริมาณมาก จึงมีอุตสาหกรรมที่ได้นำเอามันสำปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบมากมายเช่นอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังและมีผลพลอยได้จากการผลิตแป้งมันนี้ คือ กากมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณมากมายและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในระยะหลังได้มีการนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่างเช่นผลิตเอธานอล อาหารสัตว์ ประกอบกับในปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาที่สูงขึ้นมาก โดยปัจจุบันมันเส้นมีราคากิโลกรัมละ7-10บาทแต่กากมันมีราคากิโลกรัมละ0.125บาท ด้วยราคาที่แตกต่างกันขนาดนี้จึง ได้มีการนำเอากากมันมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นอาหารสัตว์แต่เนื่องจากคุณค่าทางอาหารที่มีอยู่น้อยจึงต้องมีการเพิ่มคุณประโยชน์โดยการนำมาหมักยีสต์เพื่อเพิ่มโปรตีนหรือส่วนผสมอื่นเช่นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์นั้นๆที่มีความแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของสัตว์หรืออาจนำมาใช้โดยตรงในบางชนิดที่ไม่ต้องการธาตุอาหารที่สูงมากนัก แต่เนื่องจากกากมันมีความชื้นสูงประมาณ 80%จึงเป็นปัญหาในภาคการขนส่ง เช่นในการขนส่งโดยรถบรรทุกขนาด 20 ตันจะมีน้ำถึง 16 ตันแต่จะมีเนื้อกากมันแค่ 4 ตันและในภาคการเก็บรักษา ในสภาพเปียกนี้สามารเก็บไว้ได้นานสูงสุดแค่ประมาณ 2 สัปห์ดาหลังจากนี้ก็จะขึ้นรา จึงมีแนวคิดที่จะลดความชื้นกากมันสำปะหลังโดยการใช้ความร้อนจากกาซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่เครื่องลดความชื้นแบบลูกกลิ้งคู่ อบลดความชื้นลงมาที่ 14% wb

ระเบียบวิธีการวิจัย

เริ่มจากการศึกษาข้อมูล การอบแห้งโดยการใช้เครื่องลดความชื้นแบบลูกกลิ้งในอุตสาหกรรมอาหารหรือในสายงานอื่นๆเพื่อที่จะได้นำเทคนิคและวิธีการมาประยุกต์ใช้ ทำการศึกษาทดลองการอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลูกกลิ้ง (Drum Dry) .ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งกากมันสำประหลังต้นแบบ ปัจจัยศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบแห้ง ปริมาณพื้นที่ผิวของลูกกลิ้ง พลังงานที่ใช้การอบแห้ง อัตราการลดความชื้น ความสามารถในการทำงาน และคุณภาพของกากมันสำปะหลังแห้ง นำข้อมูลมาออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งกากมันสำประหลังแบบลูกกลิ้งคู่ กำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 100 กิโลกรัมแห้งต่อชั่วโมง ที่ความชื้น 14 % มาตรฐานเปียก แล้วทดสอบการทำงานเบื้องต้นและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ หลังจากนั้นทำการทดสอบการทำงานและบันทึกข้อมูล โดยใช้ตัวอย่างกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ปัจจัยศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบแห้ง

ปริมาณพื้นที่ผิวของลูกกลิ้ง (ความเร็วของลูกกลิ้ง) พลังงานที่ใช้การอบแห้ง อัตราการลดความชื้น ความสามารถในการทำงาน และคุณภาพของกากมันสำปะหลังแห้ง และทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และเขียนรายงาน

- เวลาและสถานที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จ.ขอนแก่น

ระยะเวลาดำเนินการ 2557-2558

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ

ผลการดำเนินการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ โดยใช้Twin drum dryerแบบอุตสาหกรรม ในการทดสอบและเก็บข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องต้นแบบต่อไป โดยจะทำการทดสอบหาตัวแปรที่มีผลต่อการทำแห้งกากมัน ได้แก่ ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง, ระยะห่างของลูกกลิ้งหรือความหนาของการป้อน และอุณหภูมิที่เหมาะสม

ตารางที่4 ผลการทดสอบการทำแห้งกากมันในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง Twin Drum Dry ที่อุณหภูมิ 140 C ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 1.7 รอบต่อนาที

ความหนา/ระยะห่างลูกกลิ้ง (mm)	**เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)**
0.3	10
0.5	15
0.7	20
1.0	25

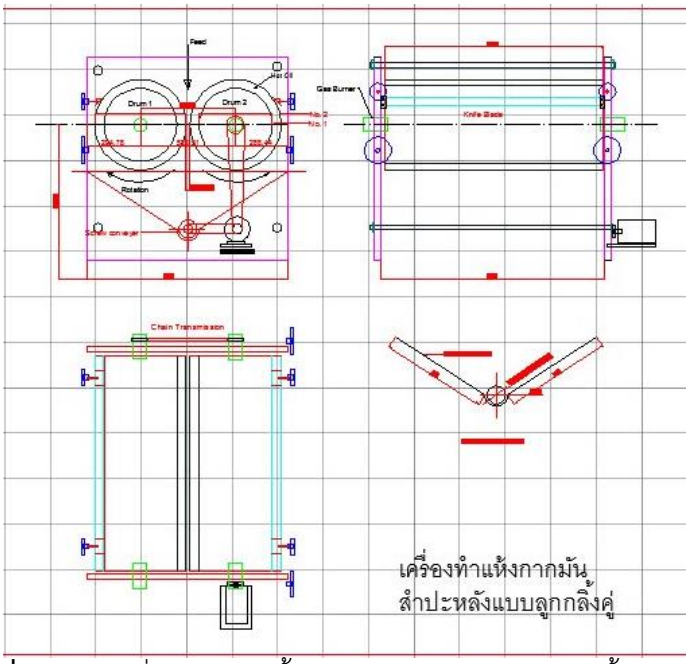
จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบการลดความชื้นกากมันในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม หมุนด้วยความเร็วรอบ 1.7 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทำแห้งกากมันมีความชื้นเริ่มต้นที่ 75 %wb

พบว่าสามารถทำแห้งได้ใน 1 รอบ ที่ความหนาไม่เกิน 1 มม (ระยะห่างลูกกลิ้ง) ได้ความชื้นกากมัน 10-25 %wb ดังนั้นถ้าจะทำแห้งชั้นกากมันที่มีความหนามากกว่านี้จะต้องเพิ่มพื้นที่ผิวหรือเพิ่มขนาดลูกกลิ้งให้ใหญ่ขึ้น และ เพิ่มอุณหภูมิ แต่เนื่องจาก อุณหภูมิสูงอยู่แล้วจึงไม่ควรจะปรับสูงกว่านี้

2. ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบ

การออกแบบเครื่องต้นแบบตัวแรก ได้ดำเนินการสร้างและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ โดยในระยะแรกได้ทำการออกแบบถังเป็น 2ชั้น (รูปที่17)โดยใช้น้ำมันฮ๊อดออยล์เป็นตัวกลางในการพาความร้อน แต่เนื่องจากการสร้างและการใช้งานมีความยุ่งยากและอันตรายเนื่องจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความ

ดันต้องมีอุปกรณ์ความปลอดภัยเพิ่มเข้ามา จึงได้ออกแบบเป็นถังชั้นเดียวทำจาก สเตนเลสแผ่นหนา 5 มม ม้วนขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกยาว 120 ซม (รูปที่18)



รูปที่17 แบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่ตัวแรก

รูปที่18 เครื่องต้นแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่

โดยใช้ความร้อนจากหัวเผากาซแอลพีจี แบบที่ใช้กับตู้อบแบบอุโมงค์ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป(รูปที่19) พ่นเข้าไปในถังโดยตรง

รูปที่19 หัวเผาแก๊สแอลพีจีแบบใช้ในตู้อบแบบอุโมงค์

แต่จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการใช้หัวเผาแบบนี้ใช้งานไม่ได้เนื่องจากไม่มีแรงลมดูดให้เปลวไฟเข้าไปในห้องอบเหมือนในตู้อบแบบอุโมงค์ จึงได้เปลี่ยนเป็นหัวเผาแบบอินฟราเรด(รูปที่20) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยหัวเตามีความกว้าง 15 ซม ความยาว 50 ซม และปรับลดความยาวของถังลงเป็น60 ซม

รูปที่ 20 หัวเผากาซแอลพีจีแบบอินฟราเรดมาเป็นตัวให้ความร้อนแทนจากการทดสอบเบื้องต้นทำการวัดค่าอุณหภูมิ

3. ผลการทดสอบอุณหภูมิของเปลวไฟอินฟราเรด

รูปที่21 การทดสอบการวัดอุณหภูมิ

จากรูปที่21เป็นการทดสอบอุณหภูมิด้วยหัวโปบเทอร์โมคัปเปิล (Thermo couple) ของหัวเตาอินฟราเรดที่สามารถสร้างอุณหภูมิได้ถึง 700องศาเซลเซียสวัดที่หัวเตาโดยตรงและวัดที่ผิวลูกกลิ้งประมาณ 500 องศาเซลเซียสอุณหภูมิตกลงเนื่องจากเป็นการแผ่รังสีมาผ่านมาเป็นการนำความร้อนที่แผ่นสแตนเลสอีกทอดหนึ่งแต่ก็เพียงพอสำหรับการทำให้กากมันแห้งได้

4. ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ

ลูกกลิ้งทำจากสแตนเลสแผ่นหนา5 มม ม้วนขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม ยาว 60ซมจำนวน 2 ลูก วางขนานกันอยู่บนลูกล้อโดยผิวนอกมีระยะห่างกันประมาณ1 มมดังรูปที่22ซึ่งเป็นขนาดความหนาของชั้นกากมันที่เราจะลดความชื้น สามารถหมุนได้อิสระโดยมีทิศทางการหมุนเข้าหากันรีดกากมันสำปะหลังที่ถูกป้อนเข้าตรงกลางระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองให้เป็นแผ่นและสามารถปรับระยะห่างได้ โดยติดตั้งอยู่บนโครงเหล็ก มีการถ่ายระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1แรงม้าขับชุดเกียร์ทด 1ต่อ60ด้วยสายพานและจากชุดทดส่งถ่ายกำลัง ด้วยโซ่เบอร์40 ไปหมุนลูกกลิ้งดังรูปที่23

รูปที่22 เครื่องต้นแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่

รูปที่23 ระบบการส่งกำลัง

รูปที่24 การประกอบหัวเตาอินฟราเรดเข้าด้วยกัน

แล้วทำการประกอบหัวอินฟราเรดจำนวน 4 หัวต่อหนึ่งชุดดังรูปที่24 สำหรับใส่เข้าไปในลูกกลิ้งสำหรับเป็นตัวกำเนิดความร้อน

5 ผลการทดสอบการลดความชื้นกากมัน

ก. กากมันสำปะหลังก่อนอบ ข.กากมันสำปะหลังหลังอบ

รูปที่ 25 กากมันสำปะหลัง

ทำการทดสอบการลดความชื้นกากมันสำปะหลังโดยเปิดหัวอินฟราเรดให้ร้อนแดงก่อน แล้วใส่กากมันสำปะหลังที่มีความชื้น 80%wbรูปที่25ก.ลงในระหว่างช่องของลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะรีดให้กากมันเป็นแผ่นติดกับผิวลูกกลิ้งที่มีอุณหภูมิที่ผิวไม่ต่ำกว่า500องศาเซลเซียส ลูกกลิ้งหมุนอบลดความชื้นกากมันเคลื่อนที่ไปได้ระยะ ¾ รอบของเส้นรอบวงของลูกกลิ้งกากมันก็จะถูกปาด

ออกด้วยใบมีดมีลักษณะเป็นแผ่นดังรูปที่ 25ข.จากการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังได้ 200 กรัม/รอบของการอบลดความชื้น โดยความเร็วในการหมุนอบคือ 2 รอบ/นาทีดังนั้นจะได้ความสามารถในการอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังที่24 กิโลกรัม(แห้ง)/ชั่วโมงหรือ120กิโลกรัม(เปียก)และมีอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจี 0.8 กิโลกรัม/ชั่วโมง

จะเห็นว่าการอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังด้วยวิธีนี้ได้ปริมาณค่อนข้างต่ำแต่ก็สามารถขยายสัดส่วนให้ใหญ่ขึ้นได้โดยนำไปเปรียบเทียบกับการใช้ระบบเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นการใช้ หม้อต้มขนาดใหญ่(boiler) งบลงทุนเริ่มต้น(first cost)มีราคาแพงและทุนในการดำเนินการ(operating cost)ก็สูง หากเปรียบเทียบกับแบบของเราที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงต้นทุนทั้งสองจะถูกกว่ามาก

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การอบลดความชื้นกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องแบบลูกกลิ้งคู่สามารถทำได้แต่จะให้ปริมาณที่ต่ำแต่ก็สามารถขยายขนาดได้โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้คือ ลูกกลิ้งควรทำจากท่อสแตนเลสเนื่องจากการนำเอาสแตนเลสแผ่นมาม้วนขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกทำได้ไม่กลมจะส่งผลหลายอย่างมากต่อการติดตั้งลูกกลิ้งไม่ได้ศูนย์ส่งผลต่อคุณภาพวัสดุอบแห้งเนื่องจากควบคุมความหนาได้ไม่สม่ำเสมอ ผิวลูกกลิ้งควรเป็นผิวมันจึงจะทำให้ใบมีดสามารถปาดกากมันออกได้หมดไม่ตกค้าง ทำให้ไหม้สะสมที่ผิวดังรูปที่26 ในการเลือกหัวแก๊สมาใช้งานสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมของลูกกลิ้งเช่นลูกกลิ้งยาวควรจะเลือกหัวแก๊สแบบหัวพ่นแก๊ส(gas nozzle)ราวท่อติดรอบแนวเส้นรอบวงตลอดความยาวก็สามารถนำมาปรับใช้ได้

รูปที่26 การสะสมของกากมันที่เหลือจากการปาดของใบมีด

การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

Testing and Development of Cassava Planter on field

ประสาท แสงพันธุ์ตา อนุชิต ฉ่ำสิงห์ วุฒิพล จันทร์สระคู
สนอง อมฤกษ์ คุรุวรรณ ภามาตย์ ขนิษฐ์ หว่านณรงค์
สิทธิชัย ดาศรี

คำสำคัญ ; เครื่องปลูกมันสำปะหลัง, เครื่องปลูก, มันสำปะหลัง

Keywords ; Cassava planter, planter, Cassava

บทคัดย่อ

การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆกัน ซึ่งมีความหลากหลายในสภาพดินชนิดต่าง เพื่อรวบรวมปัญหา รวมถึงการพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เพาะปลูกให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ พบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์นี้ใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สามารถทำงานในสภาพดินทราย และดินร่วนปนทรายได้ดี มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 1 ไร่ต่อชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 85 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.15 ลิตรต่อไร่ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามจาการทดสอบยังพบว่าในพื้นที่ปลูกที่เป็นสภาพดินร่วน หรือดินเหนียว เครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้ต้องการการเตรียมดินที่ประณีตมากขึ้น เพื่อย่อยให้ดินมีความละเอียดเครื่องปลูกมันจึงสามารถทำงานได้ดีขึ้น โดยการย่อยดินด้วยจอบหมุนเพิ่มอีก 2 ครั้ง ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปักท่อนพันธุ์จาก 62.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 75.9 และ 80.4 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

The cassava planter which is developed by Agricultural Engineering Research Institute is tested in three regions of Thailand. The aim of this testing is reaching the problem which will be happen in difference soil such as sandy soil, sandy-loam soil and loam soil. When the cassava planter is tested, it will be attached to 35 hp tractor. As the result of testing, it can be clearly seen that the cassava planter is suitable for operation on sandy soil and sandy-loam soil. The average field capacity was about 1 rai/ hour (planting space is 50x120 cm), the field efficiency was about 85 percent, and the fuel consumption was about 2.15 liters/rai. The cassava stake angle with ground plane varied from 60-80 degrees by movement tractor. The efficiency of planting was about 93-95 percent. However, on testing field of loam soil type, the cassava planter need more soil preparing than tradition soil preparing of cassava cultivation for more efficient working. It can be improved the efficient planting from 62.5 percent to be 75.9 percent and 80.4 percent by soil preparing with rotary each time.

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ โดยในปี 2553 มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 68,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 7.40 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 21.91 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 53.11 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 27.71 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 19.17 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม **และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล** ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (**วงศ์สุภัทร, 2549**)

การผลิตมันสำปะหลังของไทยได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอื่นๆ ตลอดจนเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตรมีการศึกษาค่อนข้างน้อย

ในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยต้นทุนในการเตรียมท่อนพันธุ์และการปลูกมีสัดส่วนร้อยละ 7 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) ผลของการขยายตัวของเศรษฐกิจนอกภาคเกษตร ทำให้เกษตรกรที่ปลูกพืชเกือบทุกชนิดประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในขั้นตอนการปลูก และมีความต้องการเครื่องปลูกเพื่อทดแทนแรงงานและลดต้นทุนในขั้นตอนการปลูกเป็นอย่างมาก มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังจากทั้งภาครัฐและเอกชนหลายหน่วยงาน แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ยังไม่ได้รับการยอมรับนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ได้มีการศึกษา ออกแบบและพัฒนาซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2556 แต่ยังไม่ได้ทำการทดสอบ

และพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังอื่นๆ ดังนั้นเนื่องจากสภาพดิน พันธุ์มันสำปะหลัง และระบบการปลูก เป็นปัจจัยสำคัญต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังเช่นเดียวกับเครื่องปลูกพืชอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมากในแต่เขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังให้เหมาะสมกับแต่ละสภาพพื้นที่ ที่มีการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ได้รับการยอมรับจากเกษตรกรนำไปใช้งาน และจะส่งผลให้ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดต้นทุนการผลิต และเป็นการแก้ปัญหาการปลูกมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมส่วนหนึ่ง

ระเบียบวิธีการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการต่อยอดงานวิจัยจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยเป็นการทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ ให้สามารถใช้งานได้เหมาะสมในการใช้งานในสภาพพื้นที่ปลูกต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพดิน พันธุ์ และระบบการปลูก เป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูก และปัจจัยดังกล่าวมีความหลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการทดสอบและพัฒนา

วิธีการ

1. ทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ เช่น ดินทราย ดินร่วนปนทราย และดินร่วน เก็บรวบรวมประเด็นปัญหา รวมถึงแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง
2. ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบตามประเด็นปัญหาที่พบ และทดสอบการทำงานจนได้ต้นแบบที่ต้องการ โดยศึกษาปัจจัยที่สำคัญเช่น ความเร็วรอบ รูปแบบของล้อปัก แรงที่ต้องการในการปักท่อนพันธุ์ ให้เหมาะสมกับการทำงานในสภาพพื้นที่ต่างๆ และพร้อมสำหรับการปฏิบัติงาน
3. ทดสอบและประเมินผลต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ โดยมีค่าชี้ผลหลัก เพื่อประเมินสมรรถนะในการทำงานดังนี้
   - ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)
   - ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ (%)
   - อัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโต (%)
   - อัตราท่อนพันธุ์ที่ขาดหาย (%)
   - ประสิทธิภาพในการปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงมากกว่า 45 องศา (%)

$$\text{ประสิทธิภาพการปัก} = \frac{\text{จำนวนท่อนพันที่ปักได้ตรงมากกว่า } 45 \text{ องศา} (10 \text{เมตร})}{\text{จำนวนท่อนพันธุ์ทั้งหมด} (10 \text{เมตร})} \times 100$$

- อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)

4. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

ระยะเวลา (เริ่มต้นกันยายน 2557 – สิ้นสุดตุลาคม 2558)

สถานที่ทำการทดลอง

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 02-579-2757 โทรสาร 02-579-2757

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
320 ม. 12 ถ.มะลิวัลย์ ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
โทรศัพท์ 043-255-038 โทรสาร 043-255-038

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
27 ม. 1 ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
โทรศัพท์ 039-451-222 โทรสาร 039-451-222

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
235 ม. 3 ต.แม่เหี๊ยะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
โทรศัพท์ 053-114-119 โทรสาร 053-114-119

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างๆ

ได้ดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบ ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในแปลงปลูกมันสำปะหลังที่มีสภาพดินร่วนปนทรายในจังหวัดลำปาง ขอนแก่น และพิษณุโลก เพื่อครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในภาคเหนือ อีสาน และกลางตอนบน ดังแสดงในรูปที่ 9 รูปที่ 10 และรูปที่ 11

รูปที่ 9 ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง

รูปที่ 10 ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง จ.พิษณุโลก

รูปที่ 11 ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง จ.ขอนแก่น

ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

รายการทดสอบ	ลำปาง	ขอนแก่น	พิษณุโลก
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	120	120	120
ระยะห่างระหว่างต้น (เซนติเมตร)	55	54	55
ท่อนพันธุ์ที่ปักได้ มีมุมเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ เฉลี่ย (องศา)	65	70	67
ประสิทธิภาพในการปัก (เปอร์เซ็นต์)	95.4	98.5	90.1
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	1.05	1.12	1.09
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	85.3	87.5	83.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อไร่)	2.10	2.05	2.21
อัตราการงอก (เปอร์เซ็นต์)	93	95	90

จากตารางผลการทดสอบพบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถปักท่อนพันธุ์ได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการปักท่อนพันธุ์สูงประมาณ 90-98 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการงอกประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์นี้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแปลงมันสำปะหลังที่มีสภาพดินเป็นชนิดดินทราย หรือดินร่วนปนทราย

จากนั้นดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในพื้นที่สภาพดินร่วน ณ จังหวัดกาญจนบุรี โดยในเบื้องต้นได้ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้ ในแปลงที่เตรียมดินด้วยวิธีปฏิบัติของเกษตรกรด้วยผาล3 และผาล7 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินร่วนเบื้องต้น (เตรียมดิน: ผาล3 และผาล7)

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	120
ระยะห่างระหว่างต้น (เซนติเมตร)	55
ท่อนพันธุ์ที่ปักได้ มีมุมเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (องศา)	60
ประสิทธิภาพในการปัก (เปอร์เซ็นต์)	52.5
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	1.10
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	80
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อไร่)	2.55

จากตารางที่ 3 พบว่าในแปลงมันสำปะหลังที่มีสภาพดินเป็นดินร่วน เมื่อทำการเตรียมดินเตรียมปลูกมันสำปะหลังด้วยการไถบุกเบิกด้วยผาล3 และไถย่อยดินด้วยผาล7 เพียงครั้งเดียวตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรนั้น เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์นี้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีประสิทธิภาพการปักท่อนพันธุ์เพียงประมาณ 52.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาพดินที่เตรียมปลูกนั้น ยังมีสภาพเป็นก้อนแข็งและมีขนาดก้อนใหญ่ เมื่อท่อนพันธุ์ที่จะปักด้วยเครื่องพุ่งลงมาถูกก้อนดินนั้นไม่สามารถปักลงไปในร่องปลูกได้

จากนั้นได้ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยเปรียบเทียบปัจจัยการเตรียมดินต่อประสิทธิภาพการปักท่อนมันสำปะหลัง ในแปลงปลูกมันสำปะหลังเดิม ดังแสดงในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 และผลการทดสอบในตารางที่ 4

รูปที่ 12 การเตรียมดินรอบที่2 ด้วยจอบหมุน

รูปที่ 13 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องปลูกมันสำปะหลังด้วยวิธีการเตรียมดินต่างๆ

ปัจจัยทดสอบการเตรียมดิน			ความเร็วการเคลื่อนที่แทรกเตอร์ (เมตร/วินาที)	ประสิทธิภาพการปักท่อนมัน (%)	อัตราการงอก (%)
เตรียมดินรอบที่ 1	เตรียมดินรอบที่ 2	เตรียมดินรอบที่ 3			
ผาล3	ผาล7	ผาล7	0.48	62.5	88
ผาล3	ผาล7	จอบหมุน	0.45	75.9	91
ผาล3	จอบหมุน	จอบหมุน	0.52	80.4	92
		เฉลี่ย	0.47	72.93	90.33

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 พบว่าเมื่อทำการย่อยดินเพิ่มเติมจากวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกรด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ดินละเอียดขึ้น ประสิทธิภาพในการปักท่อนมันสำปะหลังของเครื่องปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นที่ 62.5%, 75.9% และ80.4% มากกว่าการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังด้วยการเตรียมดินแบบปกติของเกษตรกร (ไถบุกเบิกด้วยผาล3แล้วไถย่อยดินด้วยผาล7)

รูปที่ 14 การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในดินร่วน

จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบซ้ำ โดยการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในแปลงที่มีการเตรียมดินด้วยการไถผาล3 และย่อยดินด้วยจอบหมุนจำนวน 2 รอบ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินร่วน (เตรียมดิน: ผาล 3 / จอบหมุน /จอบหมุน)

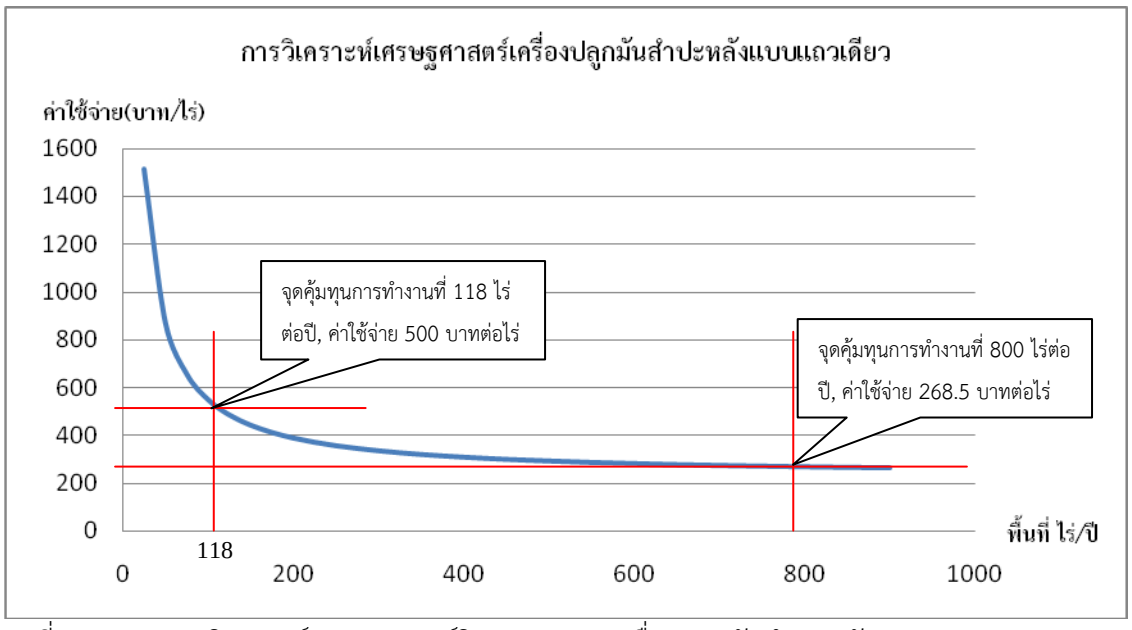
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	120
ระยะห่างระหว่างต้น (เซนติเมตร)	55
ท่อนพันธุ์ที่ปักได้ มีมุมเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (องศา)	65
ประสิทธิภาพในการปัก (เปอร์เซ็นต์)	87
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	1.05
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	85
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อไร่)	2.25
อัตราการงอก (เปอร์เซ็นต์)	90

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5 พบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการปักท่อนพันธุ์ 87% ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 85% ความสามารถในการทำงานประมาณ 1.05 ไร่ต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมคำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยเปรียบเทียบการปลูกมันสำปะหลังด้วยเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ และการใช้แรงงานคน โดยคำนวณในกรณีที่เกษตรกรผู้รับจ้างต้องการซื้อรถแทรกเตอร์และเครื่องปลูกมันสำปะหลังมาใช้งานหรือรับจ้าง กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท โดยกำหนดให้การใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อปลูกมันสำปะหลังประมาณ 30% ของการใช้งานทั้งหมด และราคาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวเท่ากับ 60,000 บาท

จากการคำนวณ (ภาคผนวก-ก) สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์แบบแถวเดียว และการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนได้ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 กราฟการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากเส้นกราฟในรูปที่ 15 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังโดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังทั้งสองแบบ จะมีค่าลดลงเมื่อพื้นที่การทำงานเพิ่มขึ้น ส่วนค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังโดยแรงงานคนนั้น มีค่าคงที่ที่ 500 บาทต่อไร่ ซึ่งราคานี้คิดจากการจ้างรถแทรกเตอร์ไถยกร่องรวมกับการจ้างแรงงานคนนำท่อนมันสำปะหลังไปปักบนร่อง

จากภาพที่ 15 เส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคนตัดกับเส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยเครื่องปลูกที่พื้นที่การทำงาน 118 ไร่ต่อปี นั้นหมายความว่าหากเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังหรือพื้นที่รับจ้างปลูกมันสำหลังมากกว่า 118 ไร่ต่อปี เป็นระยะเวลา 5 ปี ก็สามารถที่จะพิจารณาซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวมาใช้งานหรือรับจ้าง เพราะค่าใช้จ่ายจะน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงงานคน และจากการวิเคราะห์ถึงความสามารถในการทำงานใน 1 ปีที่ 800 ไร่ต่อปี จะพบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้ จะมีต้นทุนการใช้งานที่ 268.5 บาทต่อไร่ สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปลูกลงได้ประมาณ 500-268.50=231.50 บาทต่อไร่ หรือประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วนแรงงานคน

แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่แปลงปลูก ที่มีสภาพดินเป็นดินร่วน พบว่าต้องมีการเตรียมดินที่ประณีต ให้ดินเอียดมากขึ้น ซึ่งการเตรียมดินที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นด้วย และหากเกิน 231.50 บาทต่อไร่แล้ว จะทำให้การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นในการพิจารณาซื้อเครื่องปลูกมันสำปะหลังมาใช้งานเกษตรกรจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสมกับสภาพดินของแปลงปลูกมันสำปะหลังของตนเองว่ามีความเหมาะสมกับการใช้เครื่องปลูกหรือไม่ โดยเฉพาะในแปลงที่ดินเป็นดินร่วน ซึ่งการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังอาจไม่คุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบค่าใช้จ่ายกับการจ้างแรงงานปลูก แต่หากในพื้นที่นั้น ไม่สามารถหาแรงงานได้หรือแรงงานปลูกขาดแคลนเนื่องจากความต้องการปลูกในเวลาพร้อมๆกันในพื้นที่ การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังอาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เพราะสามารถใช้แรงงานในครัวเรือน และปลูกได้เร็วทันฤดูกาล

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการการทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ เป็นการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆกัน ซึ่งมีความหลากหลายในสภาพดินชนิดต่าง เพื่อรวบรวมปัญหา รวมถึงการพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เพาะปลูกให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ พบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์นี้ใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สามารถทำงานในสภาพดินทราย และดินร่วนปนทรายได้ดี มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 1 ไร่ต่อชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 85 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.15 ลิตรต่อไร่ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบยังพบว่าในพื้นที่ปลูกที่เป็นสภาพดินร่วน หรือดินเหนียว เครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้ต้องการการเตรียมดินที่ประณีตมากขึ้น เพื่อย่อยให้ดินมีความละเอียด เครื่องปลูกมันจึงสามารถทำงานได้ดีขึ้น โดยการย่อยดินด้วยจอบหมุนเพิ่มอีก 2 ครั้ง ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปักท่อนพันธุ์จาก 62.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 75.9 และ 80.4 เปอร์เซ็นต์ ยิ่งมีการเตรียมดินที่ดีมากขึ้นเท่าใด ประสิทธิภาพการปลูกก็จะมากขึ้นเท่านั้น แต่การเตรียมดินที่มากขึ้นนี้ ส่งผลให้ต้นทุนการเตรียมดินสูงขึ้น ทำให้ความคุ้มค่าในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังลดลง

บรรณานุกรม

โครงการที่ 1: วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง

จำลอง เจียมจำนรรจา ปิยวุฒิ พูลสงวน สมยศ พุทธเจริญ เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิทยา แสงสิงแก้ว. 2537. ระยะเวลาในการควบคุมวัชพืชในมันสำปะหลัง. วารสารวัชพืช 2(3) : 144-147.

จำลอง เจียมจำนรรจา. 2531. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดวัชพืชในไร่มันสำปะหลัง. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 22(3) : 185-188.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์. ภาควิชาไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.439 หน้า.

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศ ไทย. http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545

พักตร์วิภา สุทธิวารี อัคคพล เสนาณรงค์ ยุทธนา เครือหาญชาญพงค์ อนุชิต ฉ่ำสิงห์ ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ ประสาท แสงพันธุ์ตา สากลวีริยานันท์ คุรุวรรณ ภามาตย์ และนิวัติ อาระวิน. 2553. วิจัยและพัฒนาคราดสปริงติดพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กสำหรับกำจัดวัชพืชในไร่อ้อย. วารสารวิชาการเกษตร 28(2) :157-169.

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2552/53. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2557/58. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรพงษ์ เจริญรัถ, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตังสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสภาวะความเสี่ยงของเกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. 159 น.

โครงการที่ 2: วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

Anuchit Chamsing. 2007. Agricultural Mechanization Status and Energy Consumption for Crop Production in Thailand. AIT Diss No. AE...(In process). Asian Institute of Technology,

Chakkaphak, Chak and Kiatiwat, Thanya. 1995. Situation of farm machinery and prospected cooperation with CIAT. Unpublish. Agricultural Engineering Division, Department of Agirculure, Bangkok Thailand

kasetresearch53/group06/wichar/index_04.html, ธันวาคม 2553.

Thant, Thida Khin. 1997. A study on the effect of storage condition on cassava roots and the effect of intermediate products on the quality of glucose syrup. AIT thesis no. AE-97-11. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. สืบค้นจาก : http://www.cassava.org. [มี.ค. 2556].

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และมานพ ตันตระบัณฑิตย์.2555. การออกแบบและสร้างเครื่องปลิดหัวมันสำปะหลัง. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ : 30 ฉบับที่ : 3 เลขหน้า : 300-311 ปีพ.ศ. : 2555.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ และอนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2550. เครื่องขุดมันสำปะหลัง. หนังสือพิมพ์กสิกร, 80(5): หน้า 89-102.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ, สาทิส เวณุจันทร์, คนึงศักดิ์ เจียรนัยกุล และสุทิน จูฑะสุวรรณ. 2535. วิจัยวิเคราะห์การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2535 ทะเบียนวิจัยเลขที่ 35 08 006 008, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27.

เจษฎา ขอนพุดซา, อภิเดช กิจสัมพันธ์วงศ์, และเสรี วงส์พิเชษฐ. 2556 งานโครงการนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2555 ชื่อโครงการ การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าด้วยกลไกการตัดแบบเลื่อยวงเดือน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา และเสรี วงพิเชษฐ. 2549 . การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก . สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและหลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 8-9 มิถุนายน 2549 จังหวัดเชียงใหม่.

ดนุวัศ ทางดี และเสรี วงส์พิเชษฐ์ .2555. การออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ตักและลำเลียงเหง้ามันสำปะหลัง การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่13 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์.โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก :http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, [7 ส.ค. 2545].

พยุงศักดิ์ จุลยุเสน, คธา วาทกิจ, จรูญศักดิ์ สมพงศ์ และวีรชัย อาจหาญ. 2557. การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45 (3/1 พิเศษ): 353-356. 2557.

พร้อมพันธุ์ เสรีวิชยสวัสดิ์. 2549. อิทธิพลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งปะเทศ. สืบค้นจาก : http://www.tapiocathai.org/reference/03.htm [มี.ค. 2556].

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html

วิทวัส สมัญญาภรณ์ . 2545. เครื่องขนมันสำปะหลังเพื่อบรรทุกขึ้นรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 99 หน้า.

ศักดา อิทรวิชัย และธัญญะ เกียรติวัฒน์. 2542. เครื่องขุดหัวมันสำปะหลังสั่นสะเทือน K.72, น.88-94. ในเอกสารรายงานประจำปี 2542. สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 138น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2543/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุกรี นันตะสุคนธ์ พักตร์วิภา สุทธิวารี สมนึก นิยะโต และพรศักดิ์ ต่ายก้อนทอง. 2540. ออกแบบและพัฒนาเครื่องขนมันสำปะหลัง. รายงานวิจัยฉบับเต็ม ทะเบียนวิจัยเลขที่ 4008001007, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรพงษ์ เจริญรัถ, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตังสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสภาวะความเสี่ยงของเกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. 159 น.

เสรี วงส์พิเชษฐ์. 2549. การใช้เครื่องเก็บขุดมันสำปะหลังและการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง. สัมภาษณ์

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ. 2552. การพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู. รายงานผลการวิจัย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ. 2553. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือปลิดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า. รายงานผลการวิจัย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

โครงการที่ 3: วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับทำมันเส้นสะอาด

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทนอลของประเทศไทย. http://www.cassava.org

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึก**ประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551**. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. http://www2.oae.go.th/pdffile/commodity.pd พฤศจิกายน 2550

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนกันยายน 2547.แหล่งที่มา : http://www.dft.moc.go.th/the_files/$$8/level4/tapp1.htm ตุลาคม 2547

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548.มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา : http://www.thaifta.com/ascn_potato1.doc มีนาคม 2548.

กรมวิชาการเกษตร.2528.มันสำปะหลัง.เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.หน้า 132-133

ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2548. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยกสำหรับผลิตชิ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

ดนัย ศุภาหาร. 2537.พฤษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า 14-30

ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมอก. 52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลังอัดเม็ดแข็ง.มอก.330-2523.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน. 2546. ประวัติและการแพร่กระจายมันสำปะหลัง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หน้า 4-30

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา

เรืองเกียรติ ศุภาดารัตนาวงศ์. 2547.เครื่องย่อยวัสดุเกษตร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจิตราหงษ์ศิริ. 2549.การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meiying food machinery co.,ltd. 2012.CHD100 vegetable dicer machine.Source :http://www.seekpart.com/company/97204/products/2012528171446123502.html July 7, 2012

Thanh, N.C., S. Muttamara, B.N. Lohani , B.V.P.C. Raoand and S.Burintaratikul 1979. Optimization of drying and pelleting techniques for tapioca roots. Environmental Engineering division Asian Institute of technology Thailand.

Visvanathan, R., V.V. Sreenarayanan, and K.R. Swaminathan 1996. Effect of knife angle and velocity on the energy required to cut cassava tubers. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 64, p. 99-102.

โครงการที่ 4: วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนกันยายน 2547. แหล่งที่มา : http://www.dft.moc.go.th/the_files/$$8/level4/tapp1.htm ตุลาคม 2547

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548. มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา : http://www.thaifta.com/ascn_potato1.doc มีนาคม 2548.

กรมวิชาการเกษตร. 2528. มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.หน้า 132-133

กรมวิชาการเกษตร. 2528. มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.หน้า 132-133.

ดนัย ศุภาหาร. 2537. พฤษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า 14-30.

ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2548. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยกสำหรับผลิตชิ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

ปรารถนา ปรารถราดี, จิรชัย พุทธกุลสมศิริ, เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. 2552. การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว.

วิจิตรา หงษ์ศิริ. 2549. การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธุ์ วิบูลย์ เทเพนทร์ นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล ปรีชา อานันท์รัตนกุล ยงยุทธ คงซ่าน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2553. ปรับปรุงถังอบเครื่องอบแห้งกาแฟโรบัสต้าแบบโรตารีเป็นถังอบทรงกระบอกเหลี่ยม. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ประจำปี พ.ศ.2553. นวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเศรษฐกิจพอเพียงและชุมชนเข้มแข็ง. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. หน้า ๒๓๗-๒๔๑

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา

ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน. 2546. ประวัติและการแพร่กระจายมันสำปะหลัง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หน้า 4-30

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง มอก.52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลังอัดเม็ดแข็ง. มอก.330-2523.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2550/51. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2545. การผลิตมันเส้นคุณภาพดี, เกรดอาหารสัตว์. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์และภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Best, R. 1997. Cassava Drying. Cassava Information Center Centro International de Agricultural Tropical.

Meiying food machinery co.,ltd. 2 0 1 2 . CHD1 0 0 vegetable dicer machine. Source :http://www.seekpart.com/company/97204/products/2012528171446123502.html July 7, 2012.

Olufayo, A.A. and O.J. Ogunkunle 1996. Natural drying of cassava chip in the humid zone of Nigeria. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 21, Issue 4, December 1976, p. 361-369.

Thanh, N.C., S. Muttamara, B.N. Lohani , B.V.P.C. Raoand and S.Burintaratikul 1979. Optimization of drying and pelleting techniques for tapioca roots. Environmental Engineering division Asian Institute of technology Thailand.

Touré, S. and K.N. Serge 2004. Comparative study of natural solar drying of cassava, banana and mango. Renewable Energy Volume 29, p. 975 -990.

Visvanathan, R., V.V. Sreenarayanan, and K.R. Swaminathan 1996. Effect of knife angle and velocity on the energy required to cut cassava tubers. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 64, p. 99-102.

Wade A.Amos.,(1998).Report on Biomass Drying Technology. Midwest research Institute for the U.S. Department of Energy.

โครงการที่ 5: การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่

วีรชัย อาจหาญและคณะ. .2551. รายงานโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล.ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2554. ยุทธศาสตร์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังประเทศไทยและโปรแกรมวิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง.สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.2555-2559

โครงการที่ 6: การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

กรมกรมส่งเสริมการเกษตร. 2527. การปลูกมันสำปะหลัง. โรงพิมพ์สงเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. http://www.cassava.org, 5 พฤษภาคม 2549

จิราภรณ์และคณ.2549. วิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบกึ่งอัตโนมัติ

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศ ไทย. http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545

ประสาท แสงพันธุ์ตา อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และวุฒิพล จันทร์สระคู. 2556. วิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์. เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15. ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จ.พระนครศรีอยุธยา. 2-4 เมษายน 2556

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ และมานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2553. การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง. เอกสารรายงานการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. 53น.

ภากรณ์ และคณะ.2549. ออกแบบและพัฒนาระบบปลูกมันสำปะหลังแบบตอกกระทุ้งแถวเดียว.

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพส์ทูเดย์. http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2552/53. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมชาย ชวนอุดม. 2541. การศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการปลูกที่มีต่อลักษณะการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังบนรางดิน. เอกสารประกอบการสัมมนาภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 13น.

สุรพงษ์ เจริญรัถ, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตังสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสภาวะความเสี่ยงของเกษตรกร

จากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. 159น.

สัญลักษณ์ กิ่งทอง, ปรีชานันท์ ศรีแก้ว และจิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์. 2552. การศึกษาแนวทางการออกแบบกลไกปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อสภาพการเพาะปลูกของประเทศไทย. น.7-12. เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10.

Bernardo Ospina et al. 2002. Mechanization of cassava production in Colombia http://202.129.0.133/plant/cassava/3.html

Kiyoshi et al. 1990. Study on metering system and planting mechanism for cassava planter. Publish in Kansai Branch Report of Agricultural Machinery, Japan. No.67 p.17-22.

Ladeinde, M.A., S.R. Verma and Vacilevish Bakshev. 1995. Performance of semi automatic tractor- mounted cassava planter. AGRICUTURAL MECHANIZATION IN ASIA, AFRICA AND LATIN AMERICA, VOL.26 (l): pp. 27-30.

ภาคผนวก

โครงการที่ 1: วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง)

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ กำหนดให้ราคารถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท เครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยราคา 50,000 บาท อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอายุการใช้งานเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยเท่ากับ 5 ปี

1. <u>ต้นทุนคงที่</u> (Fixed cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method DP = (P-S)/L โดยที่ P คือราคาซื้อเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุการใช้งานแล้ว (บาท) และ L คืออายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

1.1.1) จากราคาเครื่องต้นแบบที่ได้ประเมินไว้เท่ากับ 50,000 บาท มูลค่าของเครื่องเมื่อครบอายุการใช้งาน 5 ปีมีค่าเหลือ 20 % ของราคาซื้อเครื่อง ดังนั้น

ราคาคงเหลือเครื่อง = (50,000x20)/100
= 10,000 บาท
ค่าเสื่อมราคา (DP) = (50,000-10,000)/5
= 8,000 บาทต่อปี

1.1.2) ในการคำนวณ กำหนดราคารถแทรกเตอร์เท่ากับ 450,000 บาท มูลค่าของรถแทรกเตอร์เมื่อครบอายุการใช้งาน 10 ปีมีค่าเหลือ 20% ของราคาซื้อ ดังนั้น

ราคาคงเหลือเครื่อง = (450,000x20)/100
= 90,000 บาท
ค่าเสื่อมราคา (DP) = (450,000-90,000)/10
= 36,000 บาทต่อปี

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตมันสำปะหลัง ในที่นี้ประมาณว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการปลูกประมาณ 30% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึงคิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 30% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี ดังนั้น

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (36,000x30)/100
= 10,800 บาทต่อปี

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment) คิดค่าเสียโอกาสจากสมการ (I) = (P+S)/2 x i/100 โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10% ดังนั้น

1.2.1) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ค่าเสียโอกาสต่อปี = (50,000+10,000)/2 x10/100

= 3,000 บาทต่อปี

1.2.2) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อรถแทรกเตอร์เพื่อใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ค่าเสียโอกาสต่อปี = (450,000+90,000)/2 x10/100x30/100

= 8,100 บาทต่อปี

ดังนั้นรวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Fixed cost) = 8,000+10,800 +3,000+8,100

= 29,900 บาทต่อปี

2. <u>ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)</u>

2.1 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Repair and maintenance) ของรถแทรกเตอร์คิดเฉลี่ยโดยเท่ากับ 0.1% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน(Hunt,1983) ดังนั้นค่าซ่อมและบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ (0.001x450,000)/100 = 4.5 บาท/ชั่วโมง ส่วนเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังคิดเฉลี่ย เท่ากับ 5% ของราคาเครื่อง/100ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นมีค่าเท่ากับ (0.05x50,000)/100 = 25 บาท/ชั่วโมง รวมค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ 4.5+25 = 29.5 บาท/ชั่วโมง

2.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จาการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.7 ลิตร/ไร่ เครื่องทำงานได้ 1 ไร่/ชั่วโมง และราคาน้ำมันประมาณ 25 บาท/ลิตร ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเท่ากับ 1.7 x 1 x 25 = 42.5 บาท/ชั่วโมง

2.3 ค่าน้ำมันหล่อลื่น คิดโดยประมาณ 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 4.25 บาท/ชั่วโมง

2.4 ค่าแรงงานคนขับ จำนวน 1 คนวันละประมาณ 300 บาท ทำงานวันละ 8ชั่วโมง ดังนั้นคิดเป็น 300/8 = 37.5 บาท/ชั่วโมง

2.5 ค่าแรงคนงาน ต้องใช้คนงานประมาณ 1 คน/วัน ในการควบคุมใบพรวน โดยคิดค่าแรงงานวันละ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้นค่าแรงคนงานจะเท่ากับ (1 x 300)/8 = 37.5 บาท/ชั่วโมง

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยใช้สมการการคำนวณดังต่อไปนี้

$$A_c = (\frac{F_c}{A}) + (\frac{1}{C_t}) \times (R\&M + F + O + L_0 + L_1)$$

โดยที่ F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ปี (ไร่)

$R\&M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

L_0 = ค่าแรงคนขับ (บาท/ชั่วโมง)

L_1 = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

C_t = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)

แทนค่า

$$A_c = (\frac{29,900}{A}) + (\frac{1}{1})(29.5 + 42.5 + 4.25 + 37.5 + 37.5)$$

$$A_c = (\frac{29,900}{A}) + (151.25) \quad \text{..... (1)}$$

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยด้วยแรงงานคน คิดโดยแรงงาน 1 คน สามารถทำงานได้ประมาณ 1 ไร่ต่อวัน และคิดค่าแรงวันละ 300 บาท นอกจากนี้ยังมีค่าจ้างในการใส่ปุ๋ยอีก 50 บาทต่อไร่ ดังนั้นคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 300+50=350 บาทต่อไร่

จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย สามารถคำนวณได้เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ดังสมการ (1) เท่ากับค่าใช้จ่ายด้วยแรงงานคนในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง 350 บาทต่อไร่

ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลัง = ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน

(29,900/A)+151.25 = 350

A = 150 ไร่ต่อปี

ภาคผนวก 1

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

กำหนดให้ราคามอเตอร์ต้นกำลังขนาด 30 แรงม้า (22 กิโลวัตต์) เท่ากับ 30,000 บาท เครื่องสับมัน สำปะหลัง ราคา 120,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 150,000 บาท โดยใช้งาน 10 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของมอเตอร์ต้นกำลัง

ราคามอเตอร์, P	= 30,000	บาท
ราคาซาก, S	= 30 %ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, N	= 10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	= 7.5	เปอร์เซ็นต์/ปี
ค่าไฟฟ้า	= 4.20 (ก.พ. 2559)	บาท/หน่วย
อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าสูงสุด	= 92.4	บาท/ชั่วโมง
	= 47.6	บาท/ตัน

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสับมันสำปะหลัง

ราคา, P_1	120,000	บาท
ราคาซาก, S_1	10%ของ P_1	บาท
อายุการใช้งาน, N_1	10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i_1	7.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	0.5% ของ P_1/100ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	1.94	ตัน/ชั่วโมง
จำนวนการทำงานต่อปี	A	ตัน

การคำนวณต้นทุนต่อปีของมอเตอร์

ราคามอเตอร์	30,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา (แบบเส้นตรง)	2,100.0	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	1,462.5	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	3,562.5	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าไฟฟ้า	92.40	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษามอเตอร์และตู้ควบคุม	2.00	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	94.40	บาท/ชั่วโมง
	48.66	บาท/ตัน

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องสับมันสำปะหลัง

ราคา, P	120,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา (แบบเส้นตรง)	12,000.00	บาท/ปี

ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	4,950.00	บาท/ปี
ค่าต้นทุนคงที่ของเครื่องสับมันสำปะหลัง	16,950.00	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษา วัสดุสิ้นเปลือง เครื่องสับมันสำปะหลัง	5.00	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	5.00	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	1.94	ตัน/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	2.58	บาท/ตัน

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องสับมันสำปะหลัง

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องสับมันสำปะหลัง, บาท/ตัน = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= (52575/A)+(48.66+2.58) (1)

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องสับมันสำปะหลัง สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องสับมัน สำปะหลัง ในสมการที่ (1) เท่ากับราคารับจ้างสับมันสำปะหลัง ในปัจจุบันเท่ากับ 200 บาท/ตัน

ต้นทุนในการใช้งานเครื่องสับมันสำปะหลัง = ค่ารับจ้างสับมันสำปะหลัง

(52575/A)+51.24 = 200

A = 353.42 ตัน/ปี

ซึ่งถ้านำเครื่องสับมันสำปะหลังไปทำงานในแต่ปีสามารถผลิตมันเส้นได้

= 300 วัน x 6 ชั่วโมง x 1.94 ตัน/ชั่วโมง

= 3,492 ตันต่อปี

หรือ สามารถพิจารณาใช้ในพื้นที่เกษตรกร เมื่อผลผลิตเฉลี่ย 3.846 ตันต่อไร่ (ข้อมูลมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย 57/58) = 908 ไร่

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชนหรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

A_c = $(F_c/A) + (1/C_t)$ (M+K+R&M+O+F+L+H)---------- สมการที่ 1

F_c = D + I ---------- สมการที่ 2

D = (P – S)/N ---------- สมการที่ 3

I = (P + S)/2 x (r/100) ---------- สมการที่ 4

โดย

A_c	=	ต้นทุนการใช้เครื่อง	บาทต่อกิโลกรัม
F_c	=	ต้นทุนคงที่	บาทต่อปี
D	=	ค่าเสื่อมราคา	บาทต่อปี
I	=	ดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาส	บาทต่อปี
r	=	อัตราดอกเบี้ย	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
P	=	ราคาซื้อเครื่องอบแห้ง	บาท
S	=	มูลค่าซาก ราคาขายเมื่อเครื่องอบหมดอายุ	บาท
N	=	อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง	ปี
A	=	ปริมาณมันเส้นอบแห้งที่อบใน 1 ปี	กิโลกรัมต่อปี
C_t	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
R&M	=	ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	บาทต่อชั่วโมง
O	=	ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	บาทต่อชั่วโมง
F	=	ค่าไฟฟ้า	บาทต่อชั่วโมง
L	=	ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน	บาทต่อชั่วโมง
H	=	ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG)	บาทต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

ราคาเครื่องอบแห้ง	(P)	= 600,000		บาท
อายุการใช้งาน	(N)	= 7		ปี
มูลค่าซาก (5 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ)	(S)	= 30,000		บาท
อัตราดอกเบี้ย	(r)	= 8	8	เปอร์เซ็นต์ต่อปี

จากสมการที่ 3: ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/N

= (600,000-30,000)/7 บาทต่อปี

= 81,429 บาทต่อปี

จากสมการที่ 4: ดอกเบี้ย (I) = [(P + S)/2] x (r/100)

= (600,000+30,000)/2 x (8/100) บาทต่อปี

= 25,200 บาทต่อปี

จากสมการที่ 2: ต้นทุนคงที่ (F_c) = D+I

= 81,429 + 25,200 บาทต่อปี

= 106,629 บาทต่อปี

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (C_t) = 7,000 กิโลกรัมต่อครั้ง

ในการอบ 1 ครั้งใช้เวลา 12 ชั่งโมง = 583 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จำนวนครั้งการอบแห้งมันเส้น = 90 ครั้งต่อปี

ปริมาณการอบมันเส้นใน 1 ปี (A) = 7,000x90 กิโลกรัมต่อปี

= 630,000 กิโลกรัมต่อปี

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M)= 2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน

= 0.02x600,000/100 บาทต่อชั่วโมง

= 120 บาทต่อชั่วโมง

=120x12 =1,440 บาทต่อครั้งการอบ

(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โซ่ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)

ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ (O) = 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน

= 0.002x600,000/100 บาทต่อชั่วโมง

= 12 บาทต่อชั่วโมง

=144 บาทต่อครั้ง

(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)

ค่าไฟฟ้า (F) =(7.5+5)x0.746 x 3.50 =32.64 บาทต่อชั่วโมง

=32.64 x12

= 391.8 บาทต่อครั้ง

(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 1.000 ยูนิตต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG) (H)= 5.0 x 20 บาทต่อชั่วโมง

= 100 บาทต่อชั่วโมง

= 100 x 12 บาทต่อครั้ง

= 1,200 บาทต่อครั้ง

(ใช้แก๊สหุงต้ม 5.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคากิโลกรัมละ 20 บาท)

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L) =2x300 บาทต่อครั้ง

=600/12 =50 บาทต่อชั่วโมง

(คนปฏิบัติงานอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน 2วันต่อครั้งการอบแห้ง)

ต้นทุนแปรผัน (R&M+O+F+L+H) =120+12+32.64+100+50 บาทต่อชั่วโมง

= 314.64 บาทต่อชั่วโมง

=314.64 x 12 บาทต่อครั้ง

= 3,775.68 บาทต่อครั้ง

ต้นทุนแปรผัน ($1/C_t$) R&M+O+F+L+H) =1/583.33 x 314.64 บาทต่อกิโลกรัม

= **0.54** บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนคงที่ (F_c/A) = 106,629/630,000 บาทต่อกิโลกรัม

= 0.17 บาทต่อกิโลกรัม

จากสมการที่ 1: ต้นทุนการใช้เครื่อง (A_c) = $(F_c/A) + (1/C_t)$ (R&M+O+F+L+H)

= 0.17 + 0.54 บาทต่อกิโลกรัม

= **0.71** บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุน

จุดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(รายได้เพิ่มจากการขายมันเส้นแห้ง – ราคาทุนมันเส้นสด-ค่าดำเนินการอบ)

อบมันเส้นสดครั้งละ 7,000 กิโลกรัม ใช้เวลา 12 ชั่วโมง เดือนละ 30 ครั้ง ปีละ 3 เดือน หรือ 90 ครั้ง หรือปีละ 630,000 กิโลกรัม

ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี = 106,629 บาทต่อปี

ค่ามันเส้นสด กิโลกรัมละ 2.20 บาท 7,000 กิโลกรัม

เป็นเงิน = 15,400บาท

ต้นทุนการใช้เครื่อง = 0.71 บาทต่อกิโลกรัม

มันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม = 0.71 x 7,000 บาทต่อครั้ง

=4,970 บาทต่อครั้ง

มันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม อบแล้วได้มันเส้นแห้ง 3,057 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 7 บาท

คิดเป็นเงิน =3,057x7 = 21,399 บาทต่อครั้ง

มูลค่าเพิ่มจากการทำมันเส้นอบแห้ง = 21,399-15,400-4,970 บาทต่อครั้ง

= 1,029 บาทต่อครั้ง

หรือ = 1,029/7,000 =0.15 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้น จุดคุ้มทุน = 106,629 / 0.15

= **710,860** **กิโลกรัมต่อปี**

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

ผลิตมันเส้นอบแห้ง 630,000 กิโลกรัมต่อปี = 630,000 กิโลกรัมต่อปี x 0.15 บาทต่อกิโลกรัม

= 94,500 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม

$$= \frac{600{,}000 \text{ บาท}}{94{,}500 \text{ บาท/ปี}}$$

= 6.35 ปี

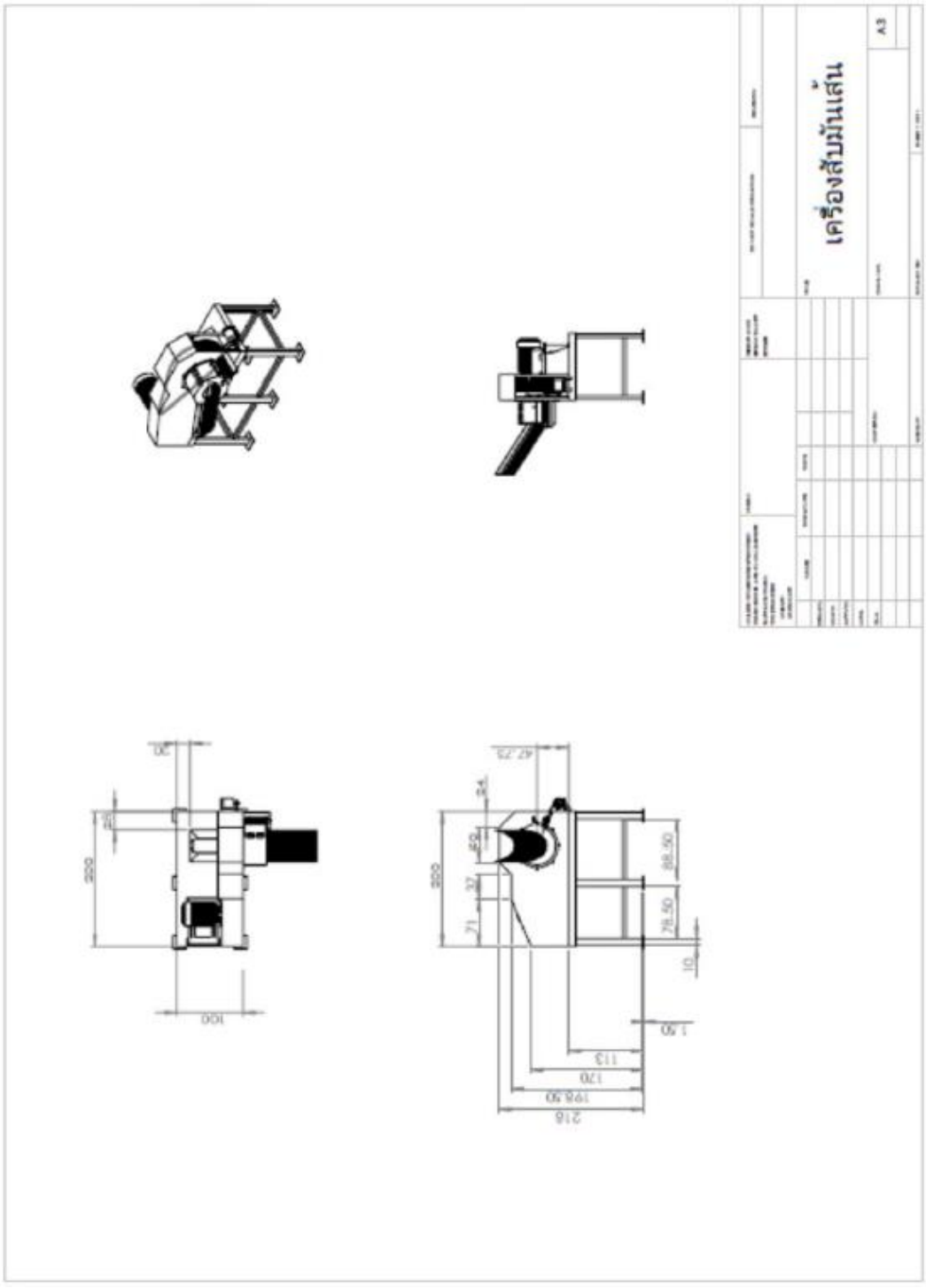
อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน = (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) x 100 เปอร์เซ็นต์

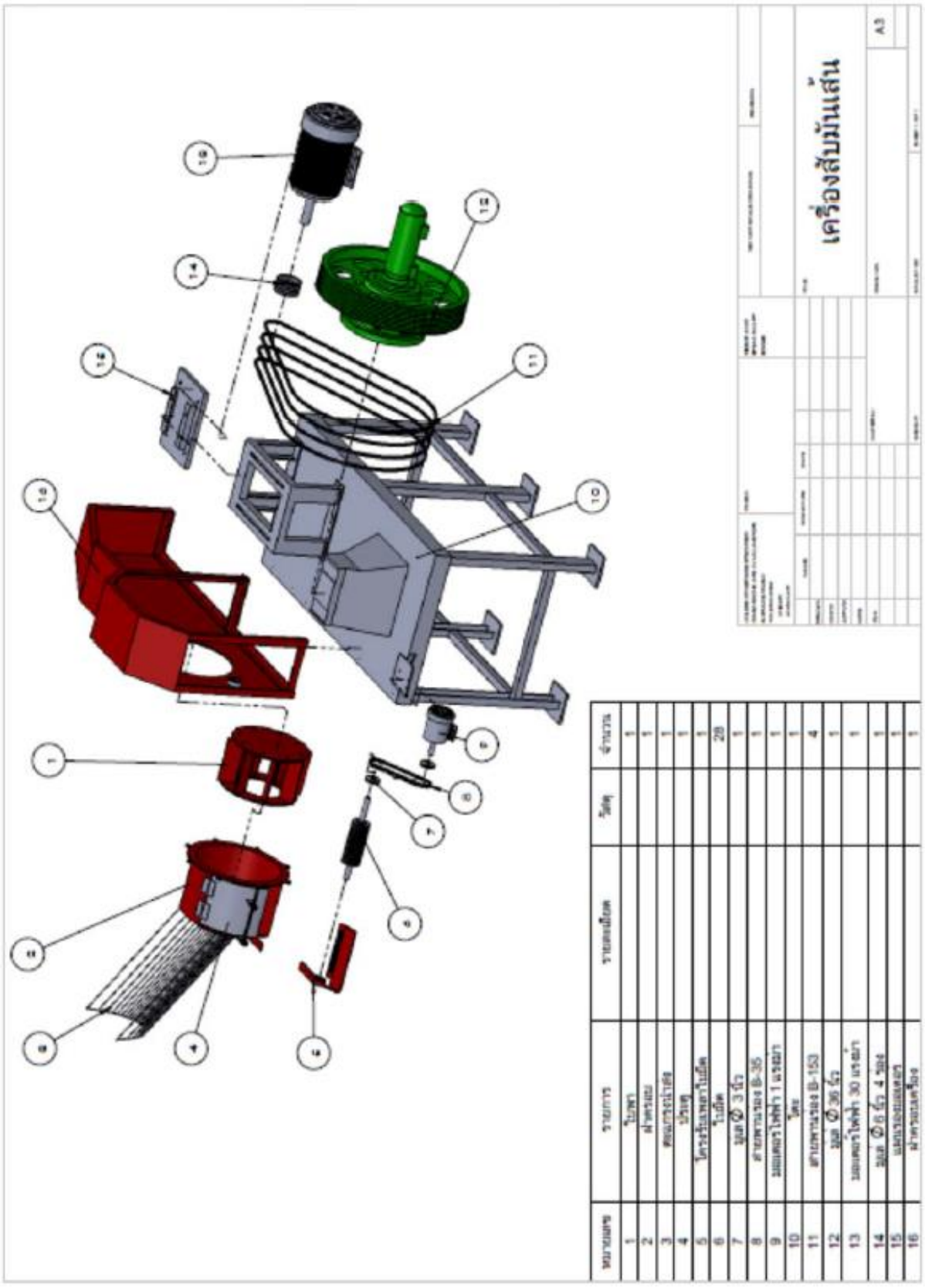
= (94,500/600,000) x 100

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี = 15.75 เปอร์เซ็นต์

โครงการที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

แบบทางวิศวกรรมเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า





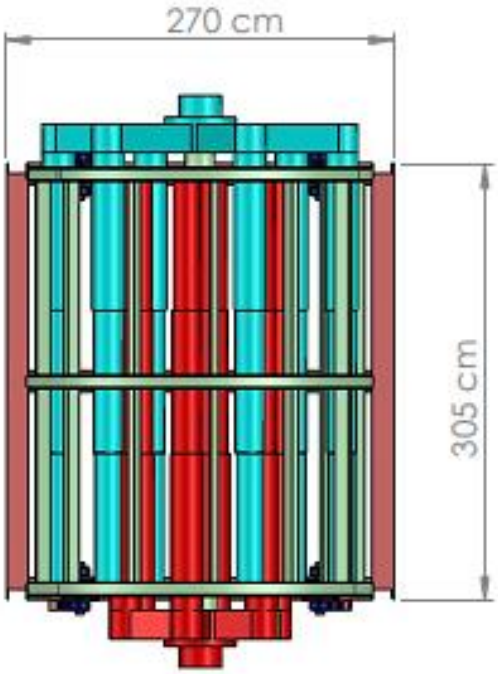
หมายเลข	รายการ	รายละเอียด	วัสดุ	จำนวน
1	ใบมีด			1
2	ฝาครอบ			1
3	สลักกันโก่ง			1
4	บังใบ			1
5	โครงด้านหลังใบมีด			1
6	ใบมีด			28
7	บูช Ø 3 นิ้ว			1
8	สายพานรถ B-35			1
9	มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า			1
10	โต๊ะ			1
11	สายพานรถ B-153			4
12	บูช Ø 30 นิ้ว			1
13	มอเตอร์ไฟฟ้า 30 แรงม้า			1
14	บูช Ø 6 นิ้ว 4 รู			1
15	แผ่นรองมอเตอร์			1
16	ฝาครอบสายพาน			1

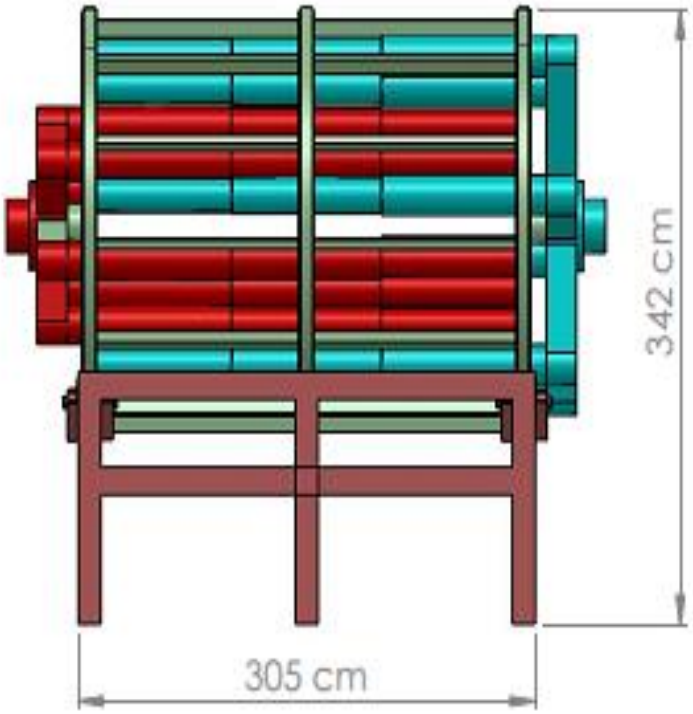
เครื่องสับมันสำ

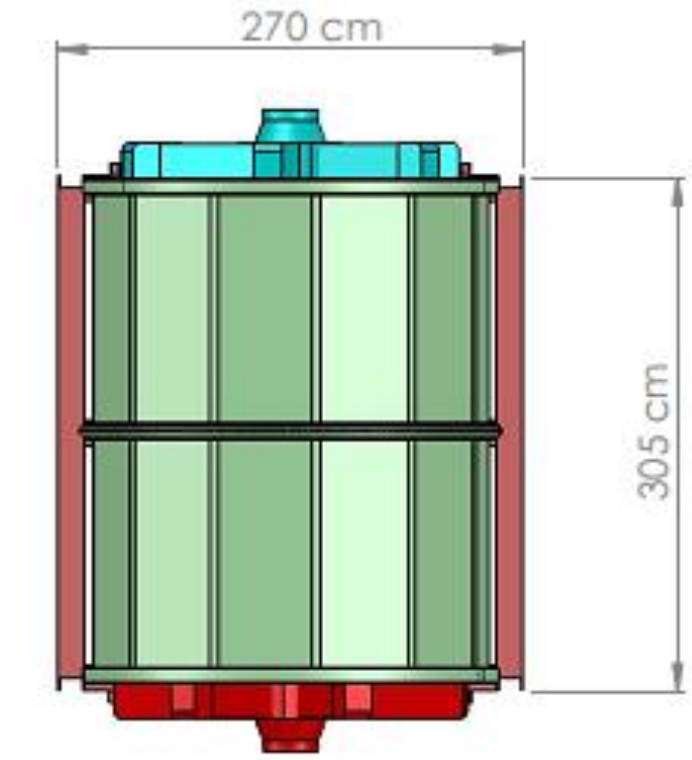
A3

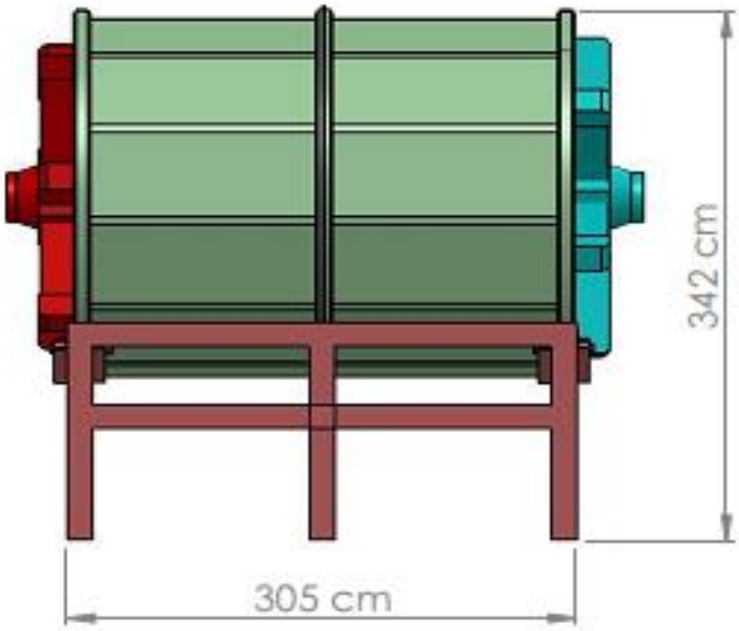
แบบทางวิศวกรรม

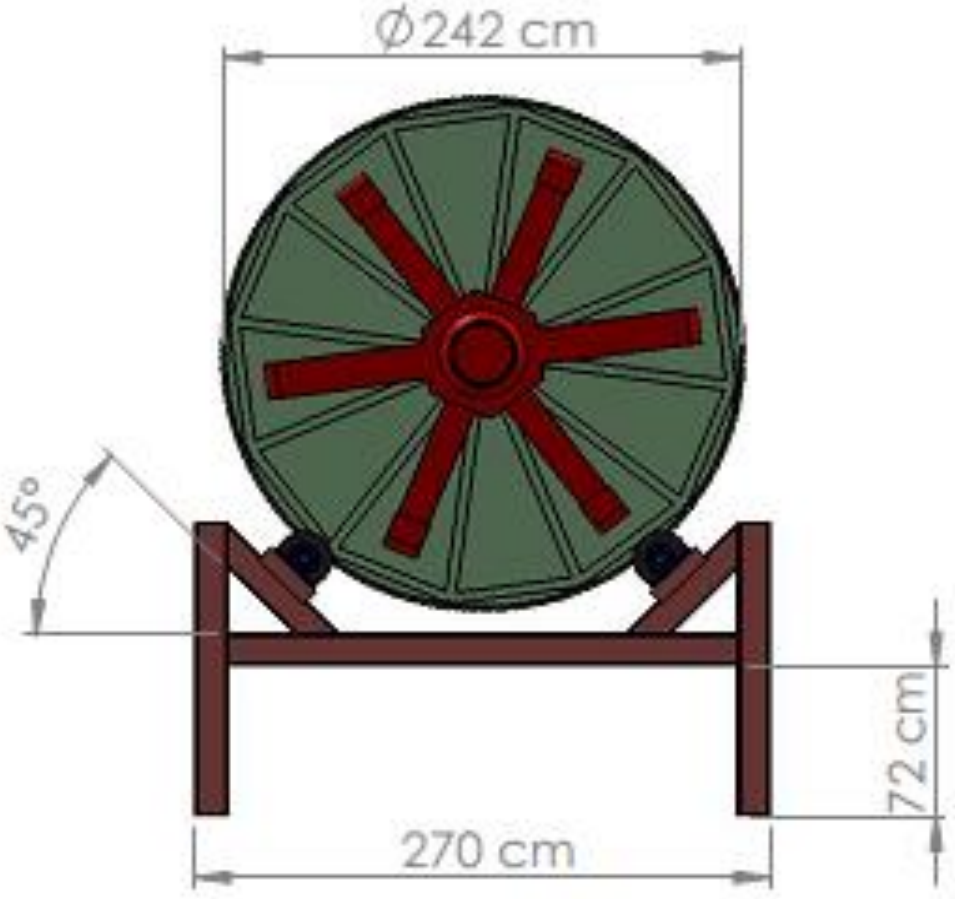
เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน





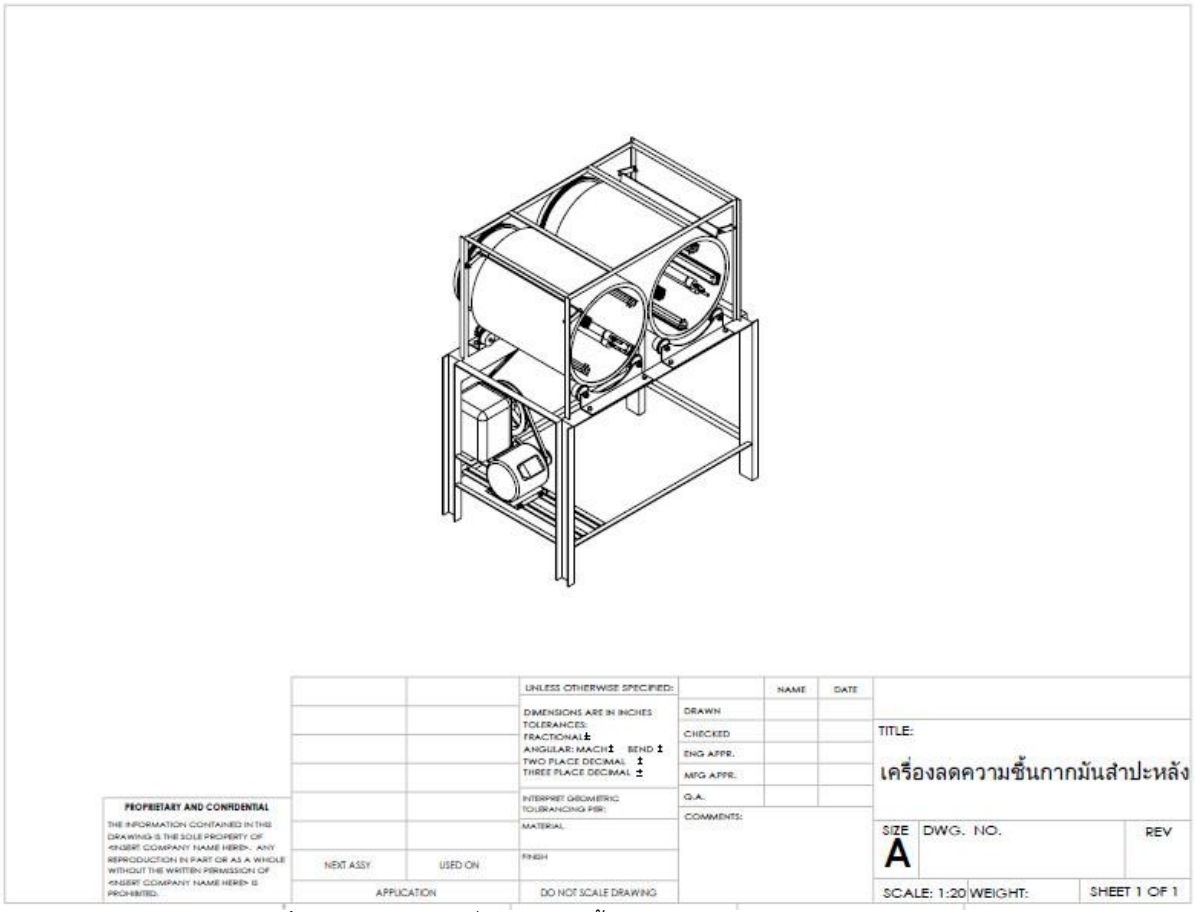

270 cm
305 cm


342 cm
305 cm

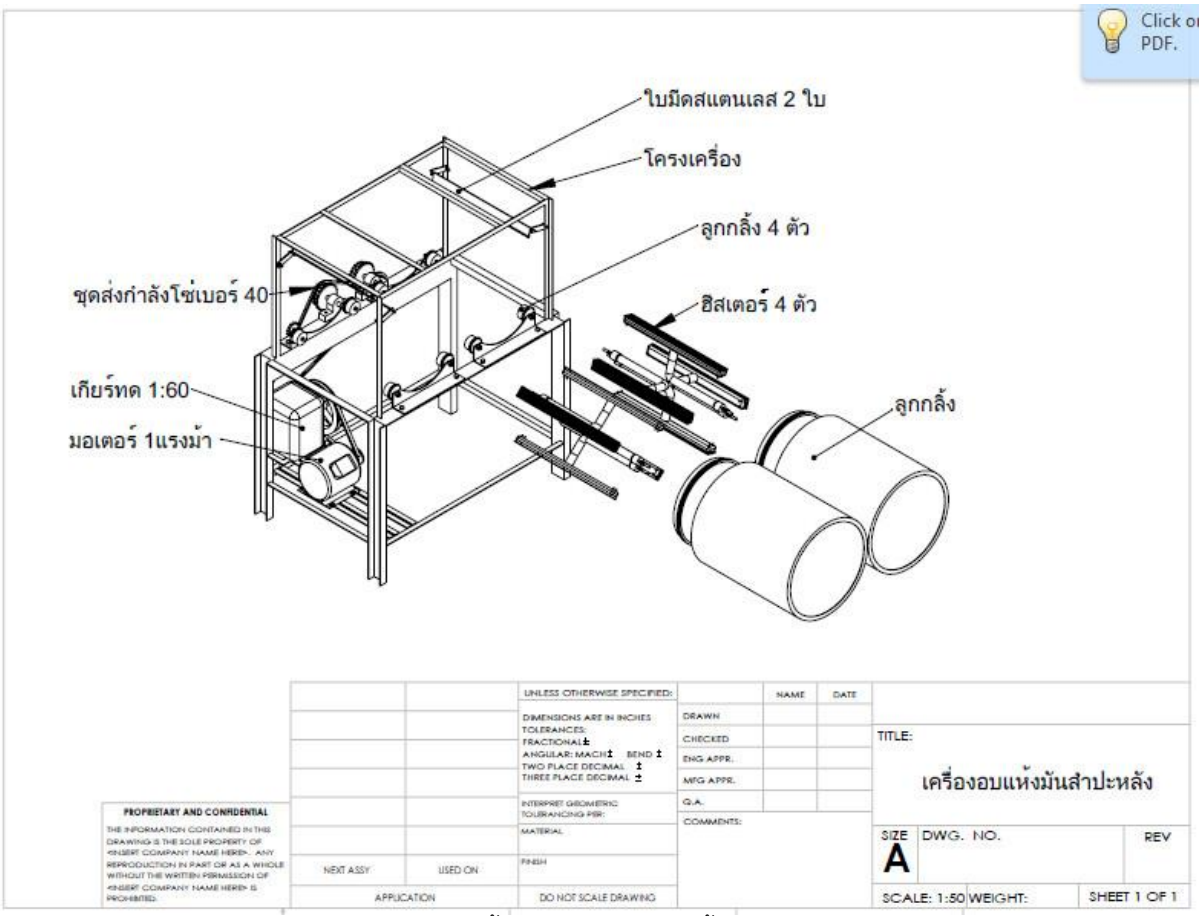


โครงการที่ 5: การศึกษาและออกแบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่

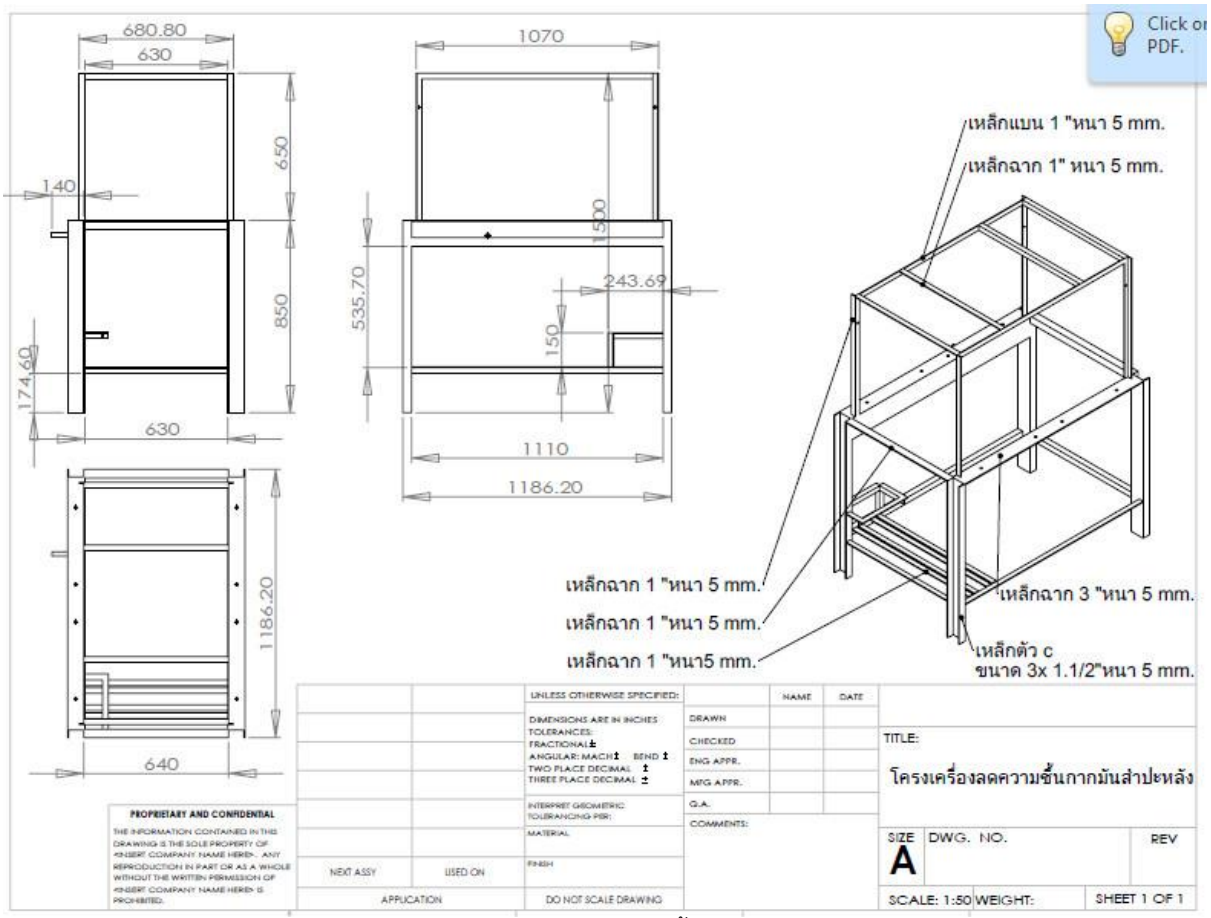
แบบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลังแบบลูกกลิ้งคู่



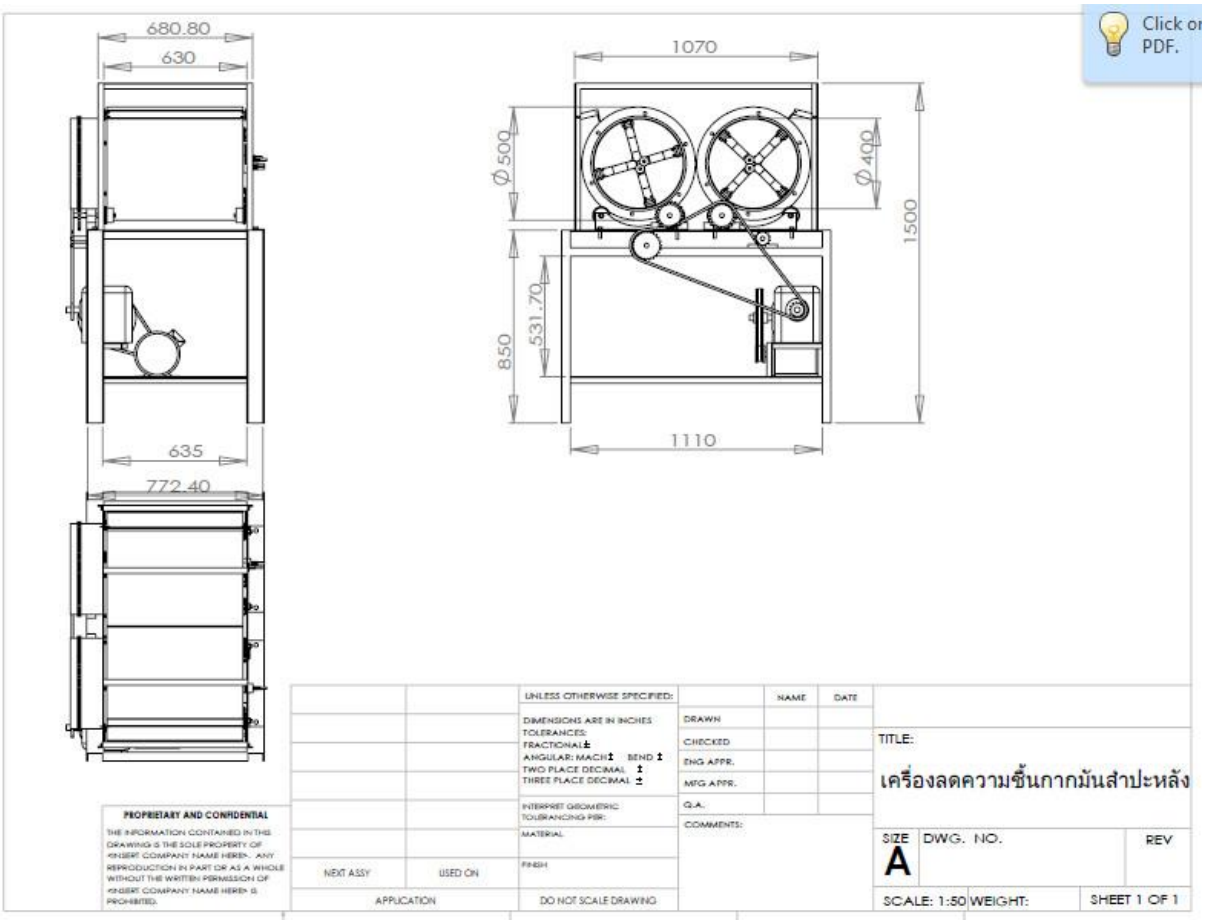
ภาพผนวกที่1 แบบประกอบเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง



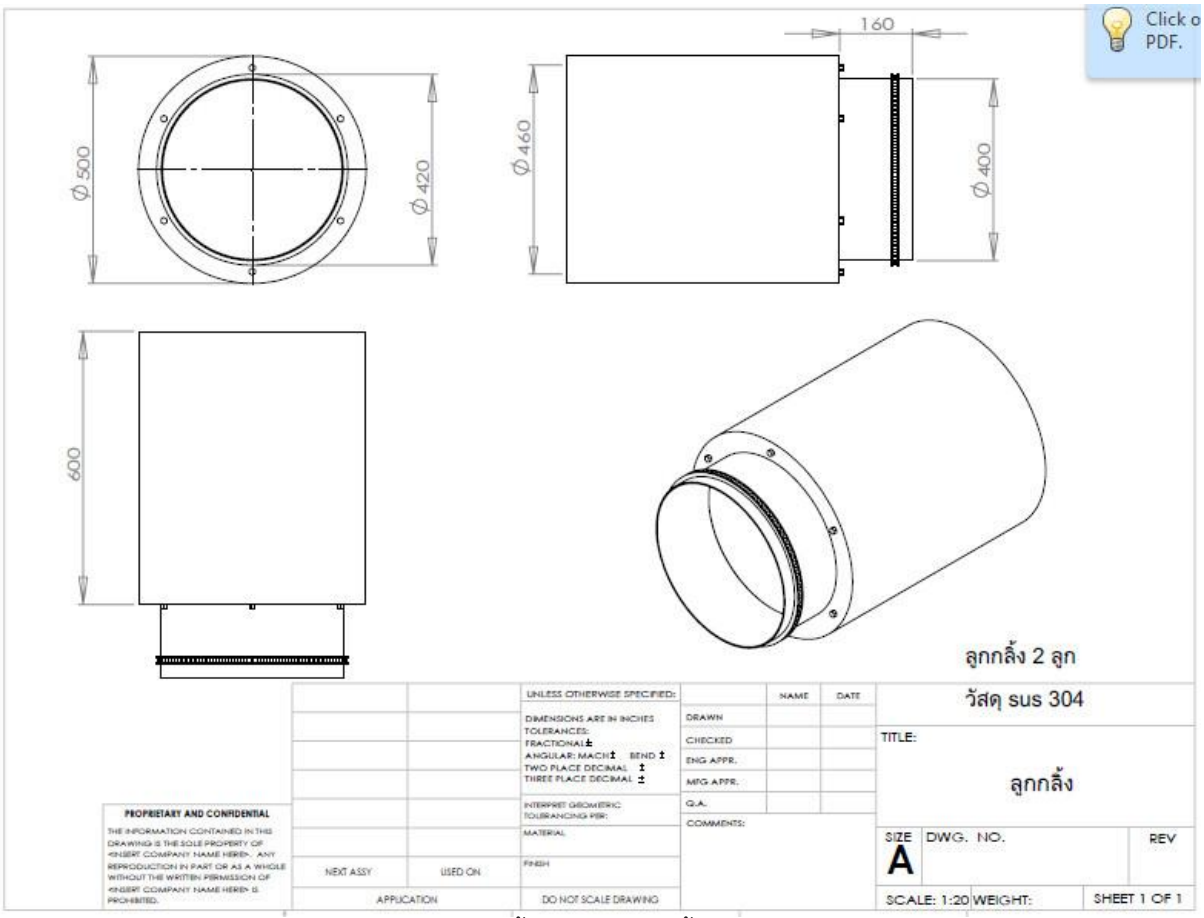
ภาพผนวกที่2 แบบแยกชิ้นส่วนเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง



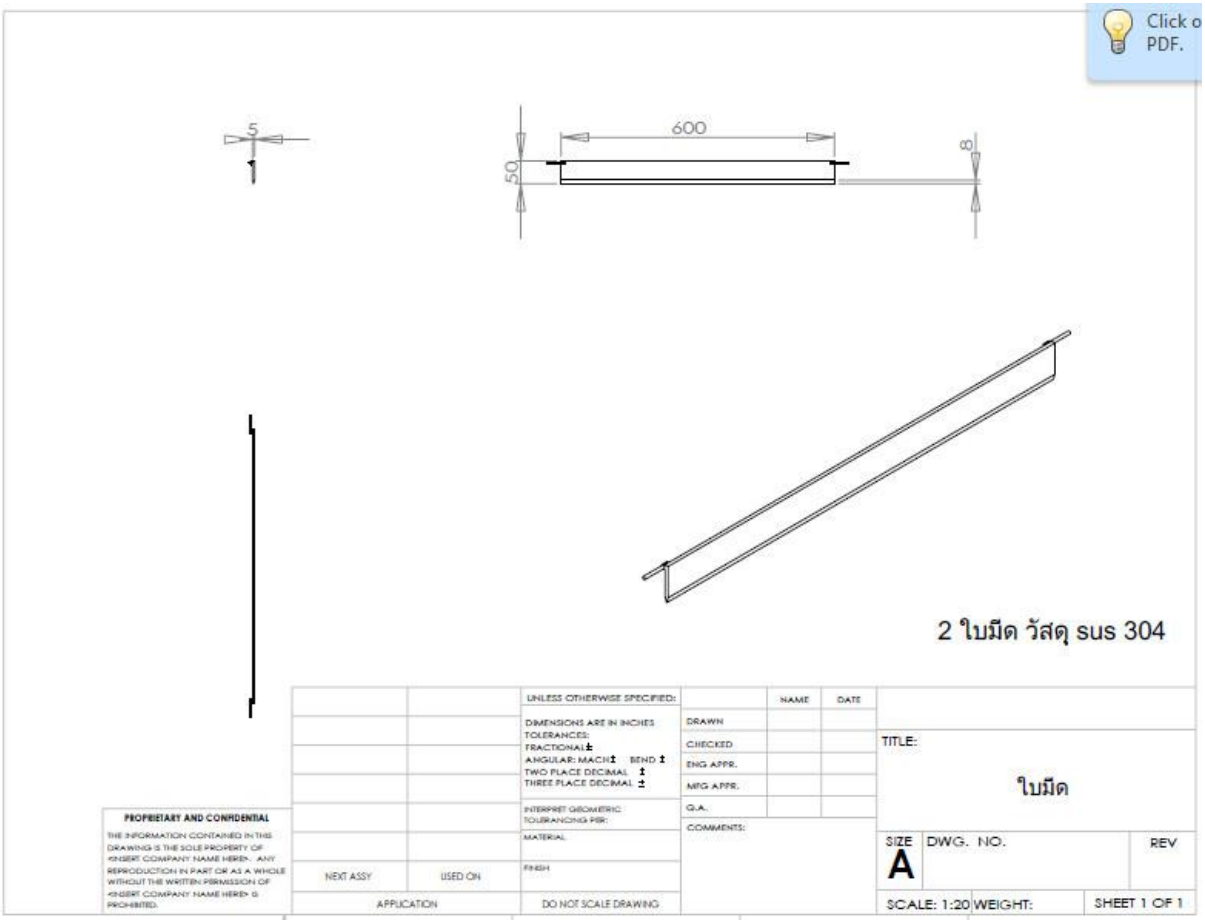
ภาพผนวกที่3 แบบโครงเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง



ภาพผนวกที่4 ภาพฉายเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง



ภาพผนวกที่5 แบบลูกกลิ้งเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง



ภาพผนวกที่ 6 แบบใบมีดเครื่องลดความชื้นกากมันสำปะหลัง

โครงการที่ 6 การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ในสภาพพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

กำหนดให้ราคารถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวราคา 60,000 บาท อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอายุการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแถวเดียวเท่ากับ 5 ปี

2. <u>ต้นทุนคงที่</u> (Fixed cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method DP = (P-S)/L โดยที่ P คือราคาซื้อเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุการใช้งานแล้ว (บาท) และ L คืออายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

1.1.1) จากราคาเครื่องต้นแบบที่ได้ประเมินไว้เท่ากับ 60,000 บาท มูลค่าของเครื่องเมื่อครบอายุการใช้งาน 5 ปีมีค่าเหลือ 20 % ของราคาซื้อเครื่อง ดังนั้น

ราคาคงเหลือเครื่อง = (60,000x20)/100

= 12,000 บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (60,000-12,000)/5

= 9,600 บาทต่อปี

1.1.2) ในการคำนวณ กำหนดราคารถแทรกเตอร์เท่ากับ 450,000 บาท มูลค่าของรถแทรกเตอร์เมื่อครบอายุการใช้งาน 10 ปีมีค่าเหลือ 20% ของราคาซื้อ ดังนั้น

ราคาคงเหลือเครื่อง = (450,000x20)/100

= 90,000 บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (450,000-90,000)/10

= 36,000 บาทต่อปี

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตมันสำปะหลัง ในที่นี้ประมาณว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการปลูกประมาณ 30% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึงคิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 30% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี ดังนั้น

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (36,000x30)/100

= 10,800 บาทต่อปี

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment) คิดค่าเสียโอกาสจากสมการ (I) = (P+S)/2 x i/100 โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10% ดังนั้น

1.2.1) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ค่าเสียโอกาสต่อปี =(60,000+10,000)/2 x10/100

= 3,600 บาทต่อปี

1.2.2) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อรถแทรกเตอร์เพื่อใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ค่าเสียโอกาสต่อปี =(450,000+90,000)/2 x10/100x30/100

= 8,100 บาทต่อปี

ดังนั้นรวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Fixed cost) = 9,600+10,800 +3,600+8,100

= 32,100 บาทต่อปี

2. <u>ต้นทุนแปรผัน</u> (Variable cost)

2.6 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Repair and maintenance) ของรถแทรกเตอร์คิดเฉลี่ยโดยเท่ากับ 0.1% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน(Hunt,1983) ดังนั้นค่าซ่อมและบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ (0.001x450,000)/100 = 4.5 บาท/ชั่วโมง ส่วนเครื่องปลูกมันสำปะหลังคิดเฉลี่ย เท่ากับ 5% ของราคาเครื่อง/100ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นมีค่าเท่ากับ (0.05x60,000)/100 = 30 บาท/ชั่วโมง รวมค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ 4.5+30 = 34.5 บาท/ชั่วโมง

2.7 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.05 ลิตร/ไร่ เครื่องทำงานได้ 1 ไร่/ชั่วโมง และราคาน้ำมันประมาณ 25 บาท/ลิตร ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเท่ากับ 2.05 x 1 x 25 = 51.25 บาท/ชั่วโมง

2.8 ค่าน้ำมันหล่อลื่น คิดโดยประมาณ 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 5.125 บาท/ชั่วโมง

2.9 ค่าแรงงานคนขับ จำนวน 1 คนวันละประมาณ 500 บาท ทำงานวันละ 8ชั่วโมงดังนั้นคิดเป็น 300/8 = 62.5 บาท/ชั่วโมง

2.10 ค่าแรงคนงาน ต้องใช้คนงานประมาณ 2 คน/วัน ในการเรียงท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 1 คน และคนงานป้อนท่อนพันธุ์ 1 คน โดยคิดค่าแรงงานวันละ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้นค่าแรงคนงานจะเท่ากับ (2 x 300)/8 = 75 บาท/ชั่วโมง

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลังใช้สมการการคำนวณดังต่อไปนี้

$$A_c = (\frac{F_c}{A}) + (\frac{1}{C_t}) \times (R\&M + F + O + L_0 + L_1)$$

โดยที่ F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ปี (ไร่)

$R\&M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

L_0 = ค่าแรงคนขับ (บาท/ชั่วโมง)

L_1 = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

C_t = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)

แทนค่า

$$A_c = (\frac{32,100}{A}) + (\frac{1}{1})(34.5 + 51.25 + 5.125 + 37.5 + 75)$$

$$A_c = (\frac{32,100}{A}) + (228.375) \quad \text{..... (1)}$$

ค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคน ระยะระห่างระหว่างร่อง 120 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ประกอบด้วย

ค่าจ้างรถแทรกเตอร์ไถยกร่อง 250 บาท

ค่าจ้างแรงงานปักท่อนพันธุ์ 250 บาท

รวมค่าใช้จ่ายเท่ากับ 500 บาทต่อไร่

จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว สามารถคำนวณได้เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดังสมการ (1) เท่ากับค่าจ้างยกร่องและค่าจ้างแรงงานในการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังรวม 450 บาทต่อไร่

ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลัง = ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงงาน

$(32{,}100/A)+228.375 = 500$

$A = 118$ ไร่ต่อปี