



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดชิ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง
Research and Development on Cutting Machine and Drying
Machine for the Production Process black tea

เกรียงศักดิ์ น้กผูก
KIANGSAK NUKPOOK

2562



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง
Research and Development on Cutting Machine and Drying
Machine for the Production Process black tea

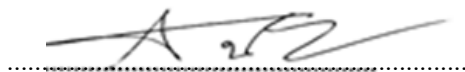
เกรียงศักดิ์ นักผูก
KIANGSAK NUKPOOK

2562

คำปรารภ

ประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตชาภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ และปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปชาทุกชนิดมีราคาแพง และนำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูง เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน แยกออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง และการทดลองที่ 2 วิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง เป็นเครื่องที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเมื่อนำไปขยายผลให้เกษตรกรและผู้ประกอบการแปรรูปชาฝรั่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต



(นายเกรียงศักดิ์ นักผูก)

หัวหน้าโครงการ

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับ

กระบวนการผลิตชาฝรั่ง

สารบัญ

คำปรารภ

	หน้า
สารบัญ	
กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ค
บทนำ	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	3
การทดลองที่ 1 วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง	4
การทดลองที่ 2 วิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง	14
การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์	32
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก ก คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 1	37
ภาคผนวก ข คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 2	41

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งและเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบการแปรรูปชาฝรั่ง และขอขอบเจ้าหน้าทีของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งและเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการอันประกอบด้วย นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม นายสุภาชิต เสงี่ยมพงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการทั้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมและสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนได้ต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งและเครื่องอบแห้งชาฝรั่งนี้ นับเป็นนวัตกรรมที่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายเกรียงศักดิ์ นักผูก วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ผู้ร่วมงาน

นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ วิศวกรการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายอภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์ นายช่างเครื่องกลปฏิบัติงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายสมพล นิลเวศน์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1

นายอนันต์ ปัญญาเพิ่ม นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

การทดลองที่ 1

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

การทดลองที่ 2

W_f	คือ น้ำหนักขาหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)
W_i	คือ น้ำหนักขาก่อนการอบแห้ง (กิโลกรัม)
M_f	คือ ความชื้นขาหลังการอบแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
M_i	คือ ความชื้นขาก่อนการอบแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
η_{th}	คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง
Q_d	ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในขา (กิโลจูล)
Q_f	ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง (กิโลจูล)

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 120,000 ไร่ จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทยสามารถผลิตชาได้ 80-90% ของผลผลิตชาทั้งหมดภายในประเทศ มีการส่งออกมากที่สุดไปประเทศไต้หวัน 607,404 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 27 ล้านบาท และการส่งออกชาไทยคิดเป็น 0.002 % ของมูลค่าการส่งออกของชาโลก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กิโลกรัม สมพล และคณะ 2558 ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องมือเนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้ว และใช้เครื่องอบแห้งแบบหกเหลี่ยมของสถาบันเกษตรวิศวกรรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใน พื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการสะดุดติดขัดขณะทำงานบ่อยและการอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็น 600-800 บาท/กิโลกรัม หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสม ด้วย สำหรับการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งหรือทดสอบพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ จะทำให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตนั้นคือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น การวิจัยทดสอบและพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งและวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง สำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เพื่อให้เป็นเครื่องจักรกลที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง

เกรียงศักดิ์ นักผูก¹ สติธัยพงษ์ รัตนคำ¹ อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์¹ สมพล นิลเวศน์² อนันต์ ปัญญาเพิ่ม³
คำสำคัญ(Keywords): ชาฝรั่ง เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ผลิตชาฝรั่ง มี 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และ 3) หัวตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลียวอัด ใบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ใช้ใบชาสดมีความชื้นเฉลี่ย 80.19% ผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้น 18 ซม. มีความชื้น 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที และทำการตัดขึ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดละเอียด ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัด และมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

การทดลองที่ 2 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อทดสอบ 2 แบบ คือ

1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ภายทำจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ มีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300^oซ. ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง โดยใช้ชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วไว้หมัก 50 นาที มีลักษณะสีน้ำตาลอมแดงเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งถาดละ 2 กก. ลำเลียงเข้าวางตามชั้นจนเต็ม ตัวตั้งอุณหภูมิอบไว้ที่ 100^oซ. เปิดชุดพัดลม ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90^oซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80^oซ. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 70.84% สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14^oซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ใช้เวลาอบแห้ง 164 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13%

2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ตู้ควบคุม ชุดระบบส่งกำลังเพลาใบคนและชุดพัดลม ใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ได้ดำเนินการทดสอบ คือ ใช้ชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วไว้หมัก 50 นาที มีลักษณะสีน้ำตาลอมแดง เกลี่ยลงในถังอบแห้ง 20 กก. ตั้งอุณหภูมิ 100^oซ. ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดมาที่ 90^oซ. ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดมาไว้ 80^oซ. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14^oซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% เวลาในการอบแห้ง 175 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชาที่มีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

³ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Research and Development on Cutting Machine and Drying Machine for the Production Process black tea

Kiangsak Nukpook¹ Satitpong Rattanakam¹ Apiwat Panyawong¹ Sompol Nillavesana² Anun Punyaperm³

Keywords : Black tea, tea forming machine, tea drying machine

Abstract

This research consisted of 2 experiments on black tea processing machines. The first experiment was conducted to create a prototype of a western tea cutting machine. The component of cutting machine consist of main power structure that using a 1.5 kW motor : speed 1,450 rpm. and the cutting head. The cutting head consists of rough cutting part made from the grinding head no. 52 and the fine cutting part made from the grinding head no. 42. The components of cutting part are frame, spiral shaft, cutting blades and face plates. On the experiment, tea leaf shoots must drying to reduce moisture for 18 hours with 71.68 %moisture and then massage with a cylindrical massage machine for 20 minutes. Formed tea shape by cutting was test by 2 treatment ; 1st cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore of 8 mm. The 2nd cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore 6 mm. The test was done 10 replications with 5 kilogram per replication. The result found that the machine can work continuously without interruption while continuing cutting both the upper and lower heads. The capacity of machine to cut tea was 91.22 kg/hr and 69.53 kg/hr., respectively.

The second experiment was conducted to construct the prototype of 2 types of tea dryers. The first one was cubic cabinet dryer, consisted of 3 important components, 1) drying room covered with galvanized sheets, inner wall is stainless steel sheet with 10 trays 2) the fan set uses a motor with a power of 0.75 kilowatts with 3) temperature controller (0-300°C). The tea leaves was fermented until the color was reddish brown then spreading for drying 2 kilogram per tray. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 70.84% moisture at temperature of 21.1 °C and 84.5% relative humidity that after taked 164 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The second dryer was consisted of 3 components 1) semicircle drying tank 2) temperature controller and 3) power transmission set using stirrer and fan of 0.75 kilowatts motor. The experiment was put 20 kilograms of fermented tea into drying tank. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 73.02% moisture at temperature of 27.1°C and 55.7% relative humidity that after taked 175 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The color of tea was dark reddish brown that after tea making the color was red liked ripe areca-nut.

¹ Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai: Agricultural Engineer Research Institute: Department of Agriculture.

²Office of Agricultural Research and Development Region 1: Department of Agriculture

³Chiangmai Royol Agricultural Research Center: Horticulture Research Institute: Department of Agriculture.

การทดลอง 1
วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง
Test and Development of Cutting Machine for black tea

เกรียงศักดิ์ นักผูก¹ สติตย์พงศ์ รัตนคำ¹ อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์¹ สมพล นิลเวศน์² อนันต์ ปัญญาเพิ่ม³
 Kiangsak Nukpook¹ Satitpong Rattanakam¹ Apiwat Panyawong¹ Sompol Nillavesana²Anun Punyaperm³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และ 3) หัวตัดขึ้นรูปประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลากลีเยวอต ไบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ใช้ใบชาสดมีความชื้นเฉลี่ย 80.19% ผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้น 18 ช.ม. มีความชื้น 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที และทำการตัดขึ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดละเอียด ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

คำสำคัญ(Keywords): ชาฝรั่ง ตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

³ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Abstract

This experiment was conducted to create a prototype cutting machine for black tea. The component cutting machine consist 3 component 1) main structure 2) motor power transmission using a 1.5 kW ,speed 1,450 rpm. and 3) cutting head. The cutting head consists of rough cutting part made from the grinding head no. 52 and the fine cutting part made from the grinding head no. 42. The components of cutting part are frame, spiral shaft, cutting blades and face plates. On the experiment, tea leaf shoots must dried fermented tea leaves to reduce moisture for 18 hours with 71.68 %moisture and then massage with a cylindrical massage machine for 20 minutes. Formed tea shape by cutting was test by 2 treatment ; 1st cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore of 8 mm. The 2nd cutting by using coarse pore of 20 mm. and fine pore 6 mm. The test was done 10 replications with 5 kilogram per replication. The result found that the machine can work continuously without interruption while continuing cutting both the upper and lower heads. The capacity of machine to cut tea was 91.22 kg/hr and 69.53 kg/hr., respectively.

Keywords : Black tea, tea forming machine, tea

คำนำ

ประเทศไทยมีชาที่ปลูกแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชาอัสสัมและพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม บางครั้งเรียกว่า ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง พื้นที่ปลูกชาอัสสัม 98,544 ไร่ คิดเป็น 84.4% ราคาขายใบชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดเฉลี่ย 12 และ 50 บาทต่อกิโลกรัม ประเทศไทยผลิตใบชาสดทั้งสิ้นประมาณ 81,074 ตัน ซึ่งใบชาสด 77% นำมาผลิตเป็นใบชาแห้ง และ 23% นำไปผลิตเป็นเมี่ยง ในการผลิตชาแห้ง ใช้ชาอัสสัมคิดเป็น 96% ที่เหลือเป็นชาจีน ส่วนการผลิตเมี่ยงใช้เฉพาะชาอัสสัม ชาแห้งที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (สายลม และคณะ 2550) เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กิโลกรัม, สมพล และคณะ 2558 ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องมือเนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้ว และใช้เครื่องอบแห้งแบบหกเหลี่ยมของสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบขั้นบันได เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใน พื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการสะดุดติดขัดขณะทำงานบ่อยๆ การอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็น 600-800 บาท/กิโลกรัม หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งหรือทดสอบพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ จะทำให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตนั้นคือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการทดสอบพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยมีแนวคิดใช้เกสียาวัดโดยการป้อนชาที่นวดแล้วให้ไหลไปตามท่อเป็นการอัดนวดไปที่สุดปลายท่อมีชุดใบมีดที่หมุนอยู่เพื่อตัดขึ้นรูปยอดใบชาสำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เป็นเครื่องที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการ อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
5. เครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง
6. ยอดใบชาสดพันธุ์อัสสัม
7. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม, ขนาด 7 กก. และขนาด 50 กก.

วิธีการดำเนินการ

1. ตรวจสอบเอกสารข้อมูลของเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และ ศึกษาการทำงานของเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งของต่างประเทศ
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบให้เป็นลักษณะเกลียววัด ที่มีใบเกลียดติดอยู่บนเพลลาหมุน และมีใบเกลียวที่อยู่ฝั่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวดและเกิดการพลิกกลับตัวของใบชา ขณะที่ไหลไปตามท่อ และที่ปลายท่อมืดใบมีดที่อยู่ปลายเพลลาหมุนตัดชิ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก
3. ทดสอบเบื้องต้นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ขั้นแรกสุ่มความเร็วรอบไว้ประมาณ 360 รอบ/นาที เทียบเคียงมาจากเครื่องจักรของต่างประเทศ และการนวดอัดให้ยอดใบชาให้ไหลไปตามท่อ เพื่อให้ยอดใบชาถูกตัดชิ้นรูปด้วยใบมีดที่ปลายท่อ
4. แก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบ โดยทำการปรับปรุงชิ้นส่วนที่ทำงานได้ยังไม่ดี จากนั้นทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบทั้งระบบ ทำการทดสอบอีกครั้ง เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบที่ทำงานได้ดีตามความต้องการ
5. ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง หลังจากดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องและปรับแต่งเครื่องต้นแบบตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง การทดสอบตัดชิ้นรูปแบบต่อเนื่องเพื่อดูการทำงานว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบและทดสอบในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น เพื่อดูการทำงานโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่งว่าสามารถทำงานได้ดีตามความต้องการ
6. ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ในการทดสอบตัดชิ้นรูปแบบต่อเนื่องสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง เก็บข้อมูลความชื้นในยอดใบชาสด ความชื้นในยอดใบชาสดหลังผึ่ง ความสามารถในการทำงานของต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง โดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวน 8 และ 6 มม. ทดสอบตัวอย่างละ 5 กก. จำนวน 10 ซ้ำ และผลผลิตชาฝรั่งเทียบเคียงกับชาฝรั่งที่มีขายในท้องตลาดในส่วนของรูปลักษณะและชิมรสชาติโดยผู้ที่มีความชำนาญในการชิม
7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบและทำการสังเคราะห์การทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัย สิ้นสุด

ผลการทดลอง

ชาที่ผลิตในประเทศส่วนมากเป็นใบชาแห้งหรือชาดำในกลุ่มของชาใบ การผลิตชาที่มีขั้นตอนที่ต้องใช้เครื่องจักรที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมีขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูง และราคาก็สูงมากด้วย เป็นผลให้มีการผลิตในประเทศน้อยมาก มีเอกชนที่ผลิตชาฝรั่งที่มีลูกไร่ในเขตอำเภอแม่แตงและแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องจักรที่ใช้นำเข้าจากต่างประเทศ ใช้เครื่องตัดแบบโรเตอร์เวน ที่มีลักษณะเป็นแบบเกลียววัด โดยมีใบเกลียดติดอยู่บนเพลลาหมุน และใบเกลียวที่อยู่ฝั่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวด เกิดการพลิกและบดตัวของใบชาขณะที่ไหลไปตามท่อให้เกิดการฉีกขาด และที่ปลายท่อมืดใบมีดติดอยู่ปลายเพลลาหมุน

ตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก เมื่อเทียบเคียงกับเครื่องบดเนื้อมีการอัดบดไปตามเกลียววัดและมีหน้าแวนเป็นใบ ขวางการไหลและมีใบมีดหมุนตัดชิดที่ตรงหน้าแวนก่อนที่เนื้อที่บดอัดจะไหลออกมาตามรูของแวน

จากการเก็บข้อมูล สมพล และคณะ (2558) ให้ข้อมูลว่า เครื่องบดเนื้อสามารถตัดขึ้นรูปได้ แต่การทำงาน ยังช้าอยู่และต้องตัดหลายครั้ง ในแต่ละครั้งต้องคอยเปลี่ยนหน้าแวนจาก รูโตสุดแล้ว ต่อด้วยรูที่เล็กลงตามลำดับ ดังนั้น จึงได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปชาฝรั่งเบื้องต้น โดยพิจารณาออกแบบมี แนวคิดนำเอาหัวบดเนื้อมาทดสอบและพัฒนาให้สามารถตัดขึ้นรูปชาฝรั่งให้ทำงานได้ต่อเนื่องกัน โดยการออกแบบ วางหัวบดและชุดเพลาลงบนโครงสร้างหลัก มีขั้นตอนจากด้านบนตัดหยาบและด้านล่างตัดละเอียด ใช้ต้นกำลังตัว เดียวขับเคลื่อนการทำงาน โดยมีชุดเพลลา และโซ่เป็นตัวส่งกำลัง มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B ที่เพลลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (d_p) 102 มม. (4 นิ้ว) ส่งกำลังไปเพลลาของเกลียววัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_p) 203 มม. (8 นิ้ว) ผลการคำนวณสายพานลิ้มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง เพลลาอยู่ในช่วงระหว่าง 213.5-610 มม. ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 168.87 องศา ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7.74 ม./วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 193.80 นิวตัน และในการออกแบบเลือกขนาดโซ่ได้เบอร์ 40 โซ่โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตซ์ 12.7 มม. ค่าความเร็วเชิงเส้นของโซ่ 2.01 ม./วินาที แรงดึงในโซ่ 748.74 นิวตัน ความ ปลอดภัยในการใช้โซ่ 18.47 เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียววัดมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลลาในแนวแกน กระจายอยู่ บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียววัดจึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาเฉลี่ย 0.085 ม. มีความยาว 0.500 ม.

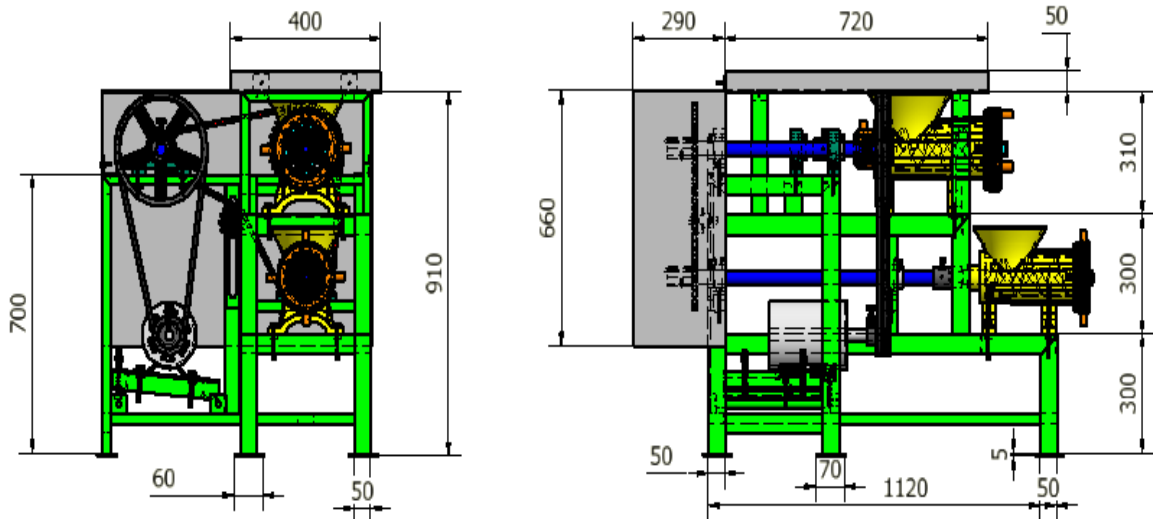
การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free , $L_e = 2L$) ตรวจสอบค่าความถี่ของเพลลาเกลียว พบว่า เป็นเกลียวยาวใช้สมการของออยเลอร์ ค่าความถี่ความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลลาขามีค่ายังไม่ดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล (วรวิทย์ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกลียววัดที่คำนวณได้ คือ 2.38 แสดงว่า เพลลาเกลียววัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโค้งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน (ผนวก ก)

ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนโครง หลักที่ใช้ในการติดตั้ง อุปกรณ์หัวตัดขึ้นรูป และระบบส่งกำลัง รายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. โครงสร้างหลัก (ภาพที่ 1.1) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 50x50x3 มม. (ก x ย x ท) โครงสร้างชั้นบน สำหรับติดตั้งถาดเตรียมป้อนยอดใบชา ถัดลงมาเป็นชั้นกลางสำหรับติดตั้งหัวขึ้นรูปตัดหยาบ มีขนาดเท่ากับ 150 X 800 X 300 มม. (ก X ย X ส) ส่วนโครงสร้างชั้นล่างสำหรับติดตั้งหัวขึ้นรูปตัดละเอียด มีขนาดเท่ากับ 300 X 1120 X 300 มม. (ก x ย x ส) และมีโครงสร้างส่วนที่ต่อออกมาด้านข้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์และวางเพลลา ลอยบนโครงเหล็กด้านล่าง มีขนาดเท่ากับ 450X500X700 มม. (ก x ย x ส)

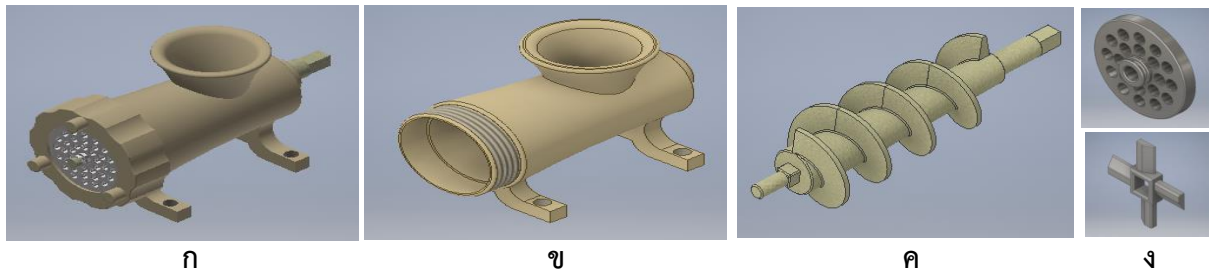
2 ชุดหัวขึ้นรูปตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย ชุดหัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และชุดหัวตัดขึ้น รูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 ในแต่ละหัวมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ชุดหัวตัดขึ้นรูปตัดหยาบ (ภาพที่ 1.2ก) ประกอบด้วย กระจบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พื้นหน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 155 มม. ยาว 590 มม. หน้า 20 มม. (ภาพที่ 1.2ข) เพลลาเกลียววัดมี 5 เกลียว ความ ยาว 400 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 552 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 115 มม. ระยะพิตซ์ไม่คงที่ ระยะพิตซ์โดยเฉลี่ย 85 มม. (ภาพที่ 1.2ค) และหน้าแวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 154 มม. หน้า 17 มม. มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. กระจายรอบแปลน และใบมีดซึ่งมีมุม 37 องศา เป็น แฉกคล้ายเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง (ภาพที่ 1.2ง)

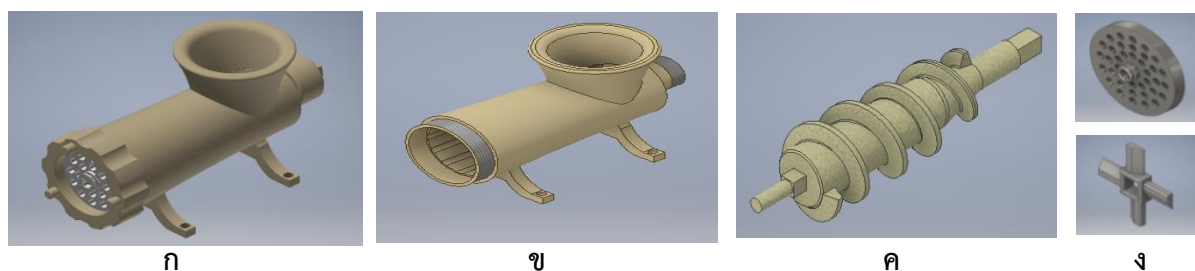


ภาพที่ 1.1 โครงสร้างหลักของเครื่องตดชนรูปชาฝรั่ง

2.2 หัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดประกอบด้วย (ภาพที่ 1.3ก) กระจบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 130 มม. ยาว 445 มม.หนา 30 มม.(ภาพที่ 1.3ข) เกลียวอัด 5 เกลียว ความยาว 275 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 420 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 272 มม. ระยะพิตซ์ไม่คงที่ ระยะพิตซ์โดยเฉลี่ย 48 มม.(ภาพที่ 1.3ค) และหน้าแวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 มม. หนา 15 มม. มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.(ภาพที่ 1.3ค) กระจายรอบแปลน และใบมีดซึ่งมีมุม 37 องศา เป็นแฉกคล้ายเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง (ภาพที่ 1.3ง)



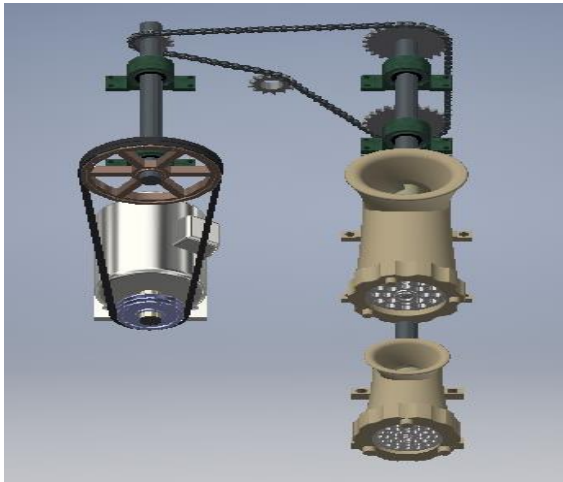
ภาพที่ 1.2 ก. หัวตัดขึ้นรูปหยาบ ข. กระจบอกหัวตัดนอก ค. เกลียวอัดหัวตัดหยาบ ง. บนหน้าแวนและล่างมีดตัด



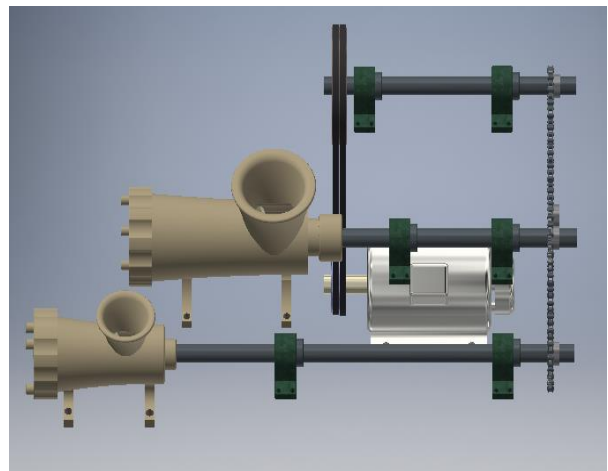
ภาพที่ 1.3 ก. หัวตัดขึ้นรูปละเอียด ข. กระจบอกหัวตัดนอก ค. เกลียวอัดหัวตัดหยาบ ง. บนหน้าแวนและล่างมีดตัด

3. ชุดส่งกำลังเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง (ภาพที่ 1.4ก) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ส่งกำลังไปผ่านล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มม. ร่องปี แบบ 2 ร่อง โดยมีสายพานลิ้มขนาดความยาว 1,772 มม. ส่งกำลังไปยังล้อสายพานตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม. มีระยะห่างศูนย์กลางเพลลา 550 มม. เพลลาออยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. ปลายอีกด้านมีเฟืองโซ่ติดอยู่ เฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ 80 มม. ความหนา 9.5 มม. และจำนวนฟันเฟือง

13 ฟัน เพื่อขับชุดโซ่แบบโรลเลอร์เบอร์ 60 (ภาพที่ 1.4ก,ข) ส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิทช์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดหยาบ และส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิทช์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดละเอียด และเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิทช์ 80 มม. และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน อีกตัวมีไว้เพื่อปรับเลื่อนตั้งโซ่ สำหรับเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดหยาบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. และเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 950 มม.



ก



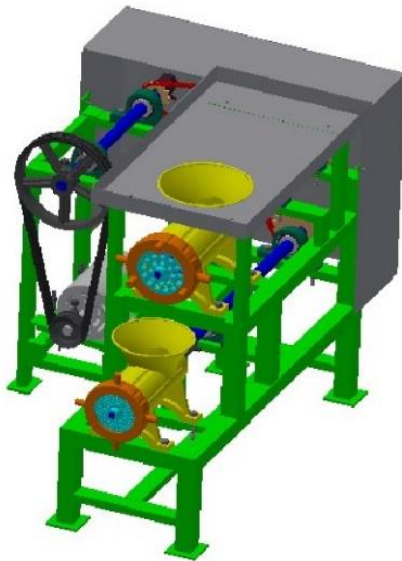
ข

ภาพที่ 1.4 ก.ส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลาลอยด้วยสายพาน ข.ส่งกำลังจากเพลาลอยไปเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดหยาบและเพลลาขับหัวขึ้นรูปตัดละเอียด

จากการเก็บข้อมูลความเร็วรอบของเพลากลีวยัดเบื้องต้น พบว่า เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 32 มีความเร็วรอบเพลากลีวยัดและชุดกลีวยัด 138 รอบ/นาที เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 42 มีความเร็วรอบเพลากลีวยัดและชุดกลีวยัด 209 รอบ/นาที เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 52 มีความเร็วรอบเพลากลีวยัดและชุดกลีวยัด 226 รอบ/นาที จากการทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นกรณีเครื่องบดเนื้อปกติที่นำมาใช้ตัดขึ้นรูปใบชา พบว่า การตัดหยาบถ้ารูหน้าแว่นเล็กกว่า 15 มม. เครื่องไม่สามารถอัดชาให้ไหลออกมาได้ ดังนั้น รูตัดหยาบควรต้องโตกว่า 15 มม. กรณีตัดละเอียด รูขนาด 4,6 และ 8 มม. เครื่องสามารถอัดชาให้ไหลออกมาตัดได้ ในการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เคยทำการแปรรูปในเบื้องต้น รูที่เหมาะสมน่าจะเป็นรูปประมาณ 6 และ 8 มม. เมื่อดูการตัดของเครื่องบดเนื้อ เบอร์ 32 มีการไหลเคลื่อนตัวของใบชาค่อนข้างสม่ำเสมอดีกว่าเครื่องบดเนื้อเบอร์ 42 และเครื่องบดเนื้อ เบอร์ 52 การทดสอบเบื้องต้นได้เลือกใช้ความเร็ว 234 รอบ/นาที เลือกความเร็วรอบที่ใกล้เคียงกับความเร็วของเครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 มาใช้ในการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ทำงานได้ดี แต่การไหลยังไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะ บางครั้งก็ชะงักและรอจังหวะไหลพุ่งออก จากข้อมูลการทดสอบเบื้องต้นในครั้งแรกได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ คือ การไหลยังไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะ บางครั้งก็ชะงักและรอจังหวะไหลพุ่งออก สาเหตุ เกิดจากระยะห่างระหว่างปลายใบเกลียวที่ช่วงปลายเพลามีระยะห่างกับใบมีดประมาณ 10 มม. จึงได้ทำการปรับปลายใบเกลียวให้ชิดกับผนังของชุดกระบอกหัวตัดมากขึ้นมีระยะห่างมากประมาณ 2 มม. เพื่อช่วยรีดให้มีการไหลของใบชาดีขึ้นเพราะใบมีดตัดเบอร์ 52 มีความหนา 25 มม. (ใบมีดตัดเบอร์ 42 มีความหนา 20 มม. และใบมีดตัดเบอร์ 32 มีความหนา 15 มม.) ทำให้ใบชามาติดอยู่ตรงช่วงความหนาของใบมีด เกิดอัดตัวกันแน่นจนต้านทานการเคลื่อนตัวของใบชาออกไปยังรูหน้าแว่นทำให้เกิดการไหลเป็นจังหวะไม่สม่ำเสมอ สำหรับการตัดหยาบถ้ารูหน้าแว่นเล็กกว่า 15 มม. เครื่องไม่สามารถอัดชาให้ไหลออกมาได้ จึงได้ขยายรูสำหรับตัดหยาบเป็นรูขนาด 20 มม. เพื่อให้การไหลสะดวกขึ้น จึงต้องปรับระยะปลายสุดเกลียวให้มีระยะห่างจาก

หลังใบมีด 15 มม. และได้ทำตัวครอบปากกรวยตัวล่างเพิ่ม เพื่อป้องกันในกรณีที่มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะที่พุ่งแรงจะได้ไม่หกออกจากปากกรวยตัวล่างได้ ส่วนกรวยด้านบนได้ทำถาดไว้สำหรับพักใบชาก่อนทำการป้อนลงในรูกรวยตัวบน ได้ทำการทดสอบดูสภาพการทำงานในเบื้องต้นหลังปรับปรุงเสร็จ พบว่า สามารถทำงานได้ดีขึ้นคือมีการไหลออกมาของวัสดุทดสอบดูสม่ำเสมอ

จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนที่สำคัญมาหมดแล้ว รวมทั้งข้อมูลการทดสอบและพัฒนาจนได้แบบของต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่งที่เสร็จสมบูรณ์ (1.5ก) และสร้างต้นแบบเครื่องตามแบบจนแล้วเสร็จ (1.5ข)



ก



ข

ภาพที่ 1.5. ก แบบรายละเอียดเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ข. ภาพถ่ายเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง

การทดสอบตัดแบบต่อเนื่องเพื่อแปรรูปชาฝรั่ง เริ่มต้นจากการเก็บยอดใบชาอัสสัมในแปลงปลูก นำมาผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ยอดใบชาที่ผ่านการผึ่งประมาณ 18 ชม. (ภาพที่ 1.6ก) ยอดใบชาสดก่อนผึ่งและหลังผึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 80.19 % และ 71.68 % ตามลำดับ (ตาราง 1.1) จากนั้นนำยอดใบชาหลังผึ่งเข้าขนาดที่เครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (ภาพที่ 1.6ข) เมื่อทำการนวดเสร็จ (ภาพที่ 1.6ค) นำยอดใบชาที่นวดแล้วมาแบ่งออกเป็นชุดละ 5 กก. (ภาพที่ 1.6ง) จากนั้นทำการตัดชิ้นรูปด้วยเครื่องตัดชิ้นรูป โดยการป้อนยอดใบชาลงในช่องป้อนของหัวตัดหยาบ เมื่อยอดใบชาถูกตัดหยาบแล้วตกลงไปที่ช่องป้อนหัวตัดละเอียดเพื่อทำการตัดละเอียดต่อเลย (ภาพที่ 1.6จ) โดยใช้รูลหน้าแวนหัวตัดหยาบขนาด 20 มม. ส่วนหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. และใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดต่อเนื่องทั้งหัวบนและหัวล่าง มีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดีทั้ง การทดสอบใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. และรูลหน้าแวนขนาด 6 มม. (ตารางที่ 1.2) พบว่า หัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง 69.53 กก./ชม. หลังจากตัดชิ้นรูปเสร็จแล้วนำผงชามาทำการหมักโดยผึ่งในสภาพอุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดลักษณะเป็นสีแดงหมากสุก ก่อนจึงนำไปทำการอบแห้ง (ภาพที่ 1.6ฉ)

ตารางที่ 1.1 ความชื้นในใบชาและหลังผึ่งลดความชื้นในกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง

ซ้ำที่ (10 ตัวอย่าง/ซ้ำ)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	
	ใบชาสด	ใบชาหลังผึ่ง
1	80.9	72.15
2	79.97	72.40
3	80.83	69.56
4	80.71	73.19
5	81.05	70.18
6	80.58	68.75
7	80.80	72.61
8	78.23	69.81
9	78.26	73.21
10	80.58	74.94
ค่าเฉลี่ย	80.19	71.68
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.07	1.99



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ

ภาพที่ 1.6 ก ผึ่งลดความชื้นยอดใบชา ข นำยอดชาใบชาลงในเครื่องนวดทรงกระบอก ค ยอดชาใบชาที่นวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเสร็จแล้ว ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างยอดใบชาที่ใช้ทดสอบตัดขึ้นรูป จ ตัดขึ้นรูปยอดใบชา ฉ หมักยอดใบชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว

ตารางที่ 1.2 แสดงความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง โดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลำแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลำแวน 8 และ 6 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง	ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง	
	ใช้รูลำแวน 8 มม. (กก./ชม.)	ใช้รูลำแวน 6 มม. (กก./ชม.)
1	91.20	73.30
2	99.50	68.50
3	91.00	74.17
4	93.55	68.30
5	91.00	69.20
6	85.00	67.57
7	85.59	62.57
8	91.10	68.56
9	88.24	69.68
10	94.00	73.49
ค่าเฉลี่ย	91.22	69.53
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.98	3.45

อภิปรายผล

ต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และหัวตัดชิ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดชิ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดชิ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดชิ้นรูปมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลิยวอด ไบมีดตัดและจานรูลำแวน ในการทดสอบตัดชิ้นรูป 2 วิธี คือ 1.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลำแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลำแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลำแวน 20 มม. กับหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลำแวนขนาด 6 มม. จำนวนวิธีการละ 10 ซ้ำ ใช้น้ำหนักตัวอย่างซ้ำละ 5 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัด และมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม. สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา สามารถนำต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ไปใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกหัวตัดเบอร์ 1.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลำแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลำแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลำแวน 20 มม. กับหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลำแวนขนาด 6 มม.ควรต้องมีการทดสอบตลาดก่อนว่าผู้ซื้อต้องการขนาดผงชาขนาดใด เพราะเป้าหมายของการนำผงชาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันมักมีความต้องการขนาดผงชาที่ต่างกัน

การทดลอง 2 วิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง

Test and Development of Dryer Machine for black tea

เกรียงศักดิ์¹ นักผูก¹ สถิตย์พงศ์¹ รัตนคำ¹ อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์¹ สมพล นิลเวศน์² อนันต์ ปัญญาเพิ่ม³
Kiangsak Nukpook¹ Satitpong Rattanakam¹ Apiwat Panyawong¹ Sompol Nillavesana² Anun Punyaperm³

บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อทดสอบ 2 แบบ คือ

1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม มีชั้นวางจำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม 2) ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 3) ตู้ควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°ซ. ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง โดยนำชาหมักได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งให้ได้ถาดละ 2 กก. ล้างเข้าวางตามชั้นจนเต็ม ตัวตั้งอุณหภูมิอบไว้ที่ 100°ซ. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°ซ. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 70.84% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% เวลาในการอบแห้ง 164 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 27.1%

2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน คือ 1) โครงสร้างส่วนฐาน 2) ชุดระบบส่งกำลังเพลลาใบกวาด 3) ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม 4) ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ 5) ตู้ควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°ซ. ได้ดำเนินการทดสอบ คือ เกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถังอบแห้ง 20 กก. ตั้งอุณหภูมิ 100°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาที่ 90°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ลมจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°ซ. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% ใช้เวลาในการอบแห้ง 175 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 22%

ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 2 เครื่อง มีสีชาออกน้ำตาลแดงเข้มพอกัน เมื่อชงชามีสีน้ำชาออกสีแดงหมากสุก

คำสำคัญ(Keywords): ชาฝรั่ง อบแห้งชาฝรั่ง เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

³ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Abstract

This experiment was conducted to construct the prototype of 2 types of tea dryers. The first one was cubic cabinet dryer, consisted of 3 important components, 1) drying room covered with galvanized sheets, inner wall is stainless steel sheet with 10 trays 2) the fan set uses a motor with a power of 0.75 kilowatts with 3) temperature controller (0-300°C). The tea leaves was fermented until the color was reddish brown then spreading for drying 2 kilogram per tray. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 70.84% moisture at temperature of 21.1 °C and 84.5% relative humidity that after taked 164 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The second dryer was consisted of 3 components 1) semicircle drying tank 2) temperature controller and 3) power transmission set using stirrer and fan of 0.75 kilowatts motor. The experiment was put 20 kilograms of fermented tea into drying tank. The dryer setting temperature at 100 °C and switch on the fan for 30 minutes then decrease temperature to 90 °C for 30 minutes and decrease temperature to 80 °C. The result found that before drying tea leaves contained 73.02% moisture at temperature of 27.1°C and 55.7% relative humidity that after taked 175 minutes to dry the tea leaves contained 13% moisture. The color of tea was dark reddish brown that after tea making the color was red liked ripe areca-nut.

Keywords: tea, tea Black, tea dryer

คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 120,000 ไร่ จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทยสามารถผลิตชาได้ 80-90 % ของผลผลิตชาทั้งหมดภายในประเทศ มีการส่งออกมากที่สุดไปประเทศไต้หวัน 607,404 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 27 ล้านบาท และการส่งออกชาไทยคิดเป็น 0.002 % ของมูลค่าการส่งออกของชาโลก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กก. สมพล และคณะ 2558 ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องมือเนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้ว และใช้เครื่องอบแห้งแบบทกเหลี่ยมของสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ ชาที่ขึ้นรูปที่ได้ยังไม่สม่ำเสมอดี และการอบแห้งยังใช้เวลานานเกินไป เกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็น 600-800 บาท/กก. หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพงและเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศและสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ เครื่องจักรย้อมมีราคาถูกกว่าการนำเข้า ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งมีเครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตนั้น คือ เครื่องอบแห้งที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงทดสอบพัฒนาเครื่องอบแห้งชาฝรั่งมีแนวคิดในการอบแห้ง 2 วิธี คือ การอบแห้งแบบชั้นบางและใช้ถังอบแห้งรูปครึ่งวงกลม เป่าลมจากด้านบนลงไปถังอบแห้งภายในถังอบแห้งออกแบบให้มีเพลลาที่ติดกับใบกวาดที่ใช้ในการกวาดชา เพื่อให้ชาสัมผัสกับลมร้อนได้เต็มที่ และทำให้ชาไม่ติดกันเป็นก้อนด้วย เป็นเครื่องที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการ อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
5. เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตุ้สึเหลียม
6. เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม
7. ยอดใบชาสดพันธุ์อัสสัม
8. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม ตาชั่งขนาด 7 กก. และตาชั่งขนาด 50 กก.

วิธีการดำเนินการ

1. ตรวจสอบเอกสารข้อมูลของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และ ศึกษาการทำงานของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้น คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลผลิต นิยามของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis moisture content) คืออัตราส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักมวลทั้งหมด

$$W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

2. ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง โดยมีแนวคิด 2 วิธี คือ 1. การอบแห้งแบบชั้นบางในชั้นถาดอยู่ในตุ้สึเหลียม และ 2 แบบถังอบแห้งรูปครึ่งวงกลม เป่าลมจากด้านบนลงไปถึงอบแห้งภายในถังอบแห้งออกแบบให้มีเพลลาที่ติดกับใบกรวดที่ใช้ในการกรวดชา เพื่อให้ชาสัมผัสกับลมร้อนได้เต็มที่และทำให้ชาไม่ติดกันเป็นก้อนด้วย

3. ทดสอบการทำงานของต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง มี 2 วิธี คือ

3.1 ทดสอบเบื้องต้นสภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตุ้สึเหลียมเปล่า เพื่อดูสภาพการทำงาน of ทัวไป ความสามารถสร้างอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง การกระจายลมในห้องอบแห้งมีความเร็วลมที่พ่นออกมาในแต่ละชั้น โดยวัดตรงรูลมออกจากผนังตู้อบด้านบนในสุดเป็นตำแหน่งที่ 1 ตรงกึ่งกลางเป็นตำแหน่งที่ 2 และด้านซิดประตูเป็นตำแหน่งที่ 3 จุดที่วัดห่างผนัง 50 มม. ทั้งด้านซ้ายและขวา นำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมในแต่ละชั้น และการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งในเบื้องต้นโดยเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตุ้สึเหลียม ข้อมูลที่เก็บมีความชื้นชาก่อนอบแห้ง และหลังอบแห้ง ลักษณะผลผลิตชา

3.2 ทดสอบเบื้องต้นสภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมเปล่า เพื่อดูสภาพการทำงาน of ทัวไป และทดสอบปรับเปลี่ยนความเร็วลม โดยการเปลี่ยนฟูลเลย์ ตัวขับและตัวตาม เพื่อหาความเร็วรอบของเพลลาพัดลมที่เหมาะสม มีดังนี้ 1) ทดสอบความเร็วรอบ 1208 รอบ/นาที 2) ทดสอบความเร็วรอบ 967 รอบ/นาที 3) ทดสอบความเร็วรอบ 846 รอบ/นาที และ 4) ทดสอบความเร็วรอบ 725 รอบ/นาที โดยวัดความเร็วลมที่ท่อทางลมเข้า 5 จุด มีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา เลือกความเร็วลมหรือปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสม โดยดูที่ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของผงที่เป็นฝุ่นเมล็ดเล็กๆของชาหลุดออกมาที่ปล่องทางออกของเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้ 100°C. และมีความสมบูรณ์ของการเผาไหม้

4. ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งในเบื้องต้นและดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง ในกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เก็บข้อมูลความสามารถในการทำงานของต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งทั้ง 2 แบบ โดยเริ่มการอบแห้งตั้งอุณหภูมิ 100°C. ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นลดลงเป็น 90°C. ใช้เวลา 30 นาที และลดลงเป็น 80°C. อบต่อจนแห้ง

เก็บข้อมูลลักษณะการลดลงของความชื้น และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในอาหารด้วยปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง (สามารถและสัมพันธ์, 2547)

$$\eta_{th} = \frac{Q_d}{Q_f} \quad (2)$$

6.วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบและทำการสังเคราะห์ข้อมูลการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัยสิ้นสุด

ผลการทดลอง

เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งเศสยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งเศสหากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมากและเป็นเครื่องขนาดใหญ่ไม่เหมาะกับการผลิตในระดับกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ลักษณะของเครื่องอบแห้งชาที่นำเข้ามาใช้ในโรงงานชา (ภาพที่ 2.1 ก และ ข) ประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ มีแบบหัวเผาแอลพีจี หรือ แบบหัวเผาน้ำมันดีเซล และอีกส่วน คือ โครงตู้อบเป็นแบบสายพานลำเลียงเข้าและออกสลับกันในแต่ละชั้นและชั้นสุดท้ายลำเลียงออก กระบวนการอบแห้งนี้เป็นการอบแห้งด้วยลมร้อนนั่นเอง สมพลและคณะ (2558) ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องอบแห้งแบบทกเหลี่ยมของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งเศสร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า เกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา เนื่องจากมีชุดพัดลมแบบ 3 ใบ ลมไหลในแนวแกน ติดตั้งไว้ภายในตู้อบเพื่อดูดความร้อนจากห้องเผาไหม้และอัดลมร้อนเข้าไปยังชั้นถาดอบแห้งและหมุนเวียนลมร้อนภายในตัวตู้อบแห้ง



ก



ข



ค

ภาพที่ 2.1 ก. เครื่องอบแห้งในโรงงานผลิตชาฝรั่งเศส ข. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ค. หัวเผาให้ความร้อน

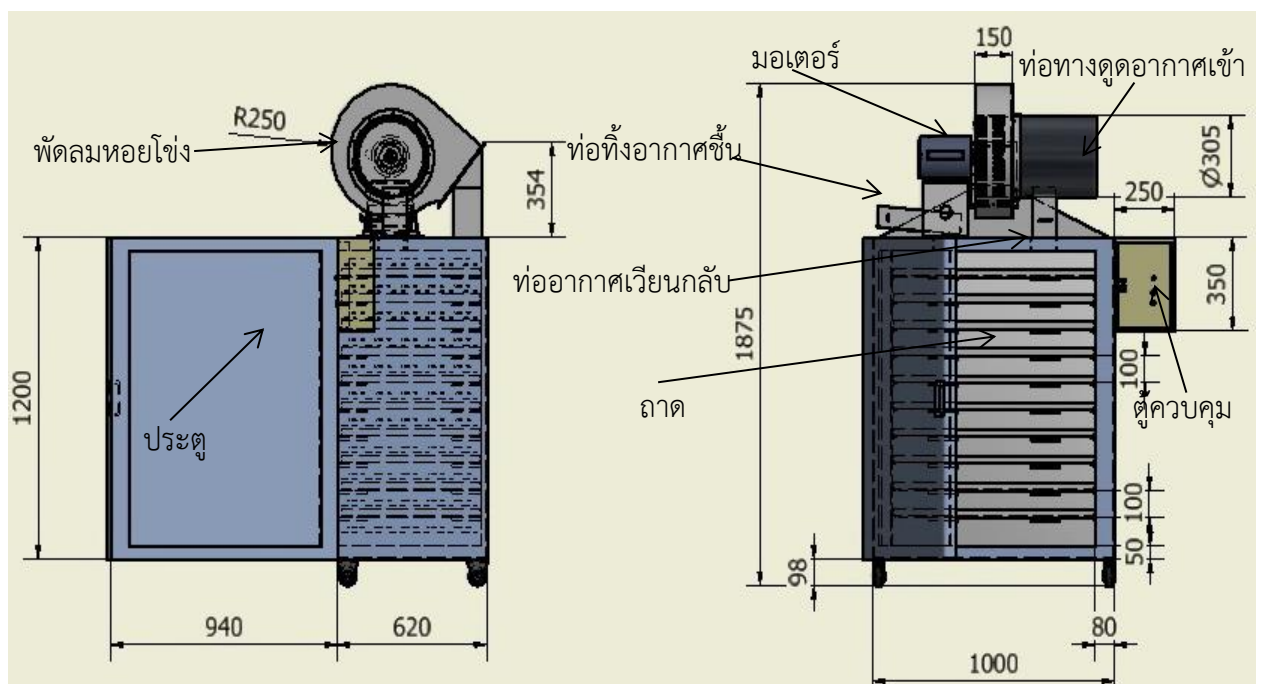
การอบแห้งมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อหยุดปฏิกิริยาเคมีชั้นสุดท้ายของสารประกอบต่าง ๆ ในใบชาโดยความร้อนในการอบแห้งและเป็นการไล่น้ำที่เหลือในใบชาออกจนแห้ง รอกการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ การนำเอาอากาศจากสภาวะแวดล้อม เข้ามาทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ในกระบวนการนี้เป็นการเพิ่มอุณหภูมิ ลดความชื้นสัมพัทธ์ ในส่วนความชื้นจำเพาะคงที่ และในขบวนการอบแห้งในทางทฤษฎีเป็นกระบวนการอะเดียแบตคิกค่าเอนโทรปีคงที่ เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ ความต้องการระเหยน้ำ

นอกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ซึ่งมีเงื่อนไขเบื้องต้น คือ ชาฝรั่ง 20 กก. ความชื้นเริ่มต้น 70 % ความชื้นสุดท้าย 13 % ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย 13.1 กก. ต้องใช้ปริมาณอากาศแห้ง 0.17 ลบม./วินาที ใช้เวลา 3 ชม. ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งสำหรับการอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ คือ

1. เครื่องอบชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.2) โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสีผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ด้านบนติดตั้งชุดพัดลมดูดลมร้อนและอุปกรณ์หัวเผา โดยเครื่องอบแบบตู้สี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับลดความชื้นชาฝรั่ง มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1.1. ตู้อบแห้ง (ภาพที่ 2.2) ตู้อบแห้งมีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด (ก×ย×ส) เท่ากับ 1000×620×1200 มม. มีความหนา 620 มม. ด้านบนของตู้มีช่องรับอากาศเข้าขนาด (ก×ย) เท่ากับ 150×180 มม. ช่องอากาศไหลเวียนกลับขนาด เท่ากับ 100×100 มม. (ก×ย) และช่องระบายอากาศเป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม มีขนาดเท่ากับ 200×100 มม. (ก×ย) และท่อพ้นจากผนังด้านนอกยาว 400 มม. ทำมุมเอียงกับแนวระนาบ 20 องศา ภายในห้องอบแห้งผนังทั้งสองข้างมีช่องลมขนาดเล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด เท่ากับ 3×50 มม. (ก×ย) มีชั้นละ 11 ช่อง และมีชั้นวางถาดบรรจุใบชาทั้งหมด 10 ชั้น ถาดบรรจุมีขนาด (ก×ย×ส) เท่ากับ 580×840×30 มม. และมีประตูเปิด - ปิด ลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด (ก×ย) เท่ากับ 1000×1200 มม. ติดตั้งชุดตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง ที่ผนังนอกด้านข้างมุมบนขวามือ และผนังนอกด้านล่างเป็นฐานติดตั้งล้อไว้เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย

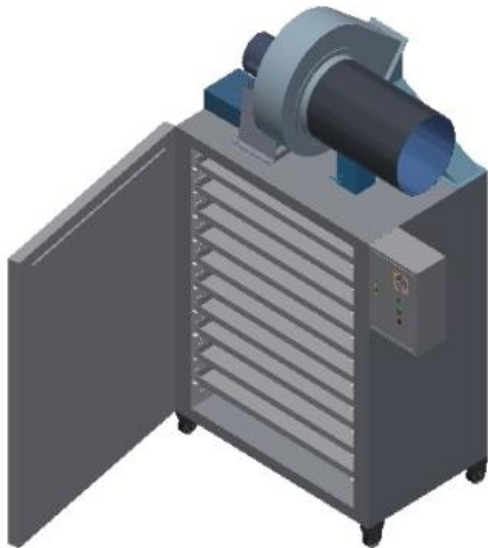
1.2. ชุดพัดลม (ภาพที่ 2.2) ท่อทางด้านเข้าของอากาศมีลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. ความยาว 500 มม. ที่ปลายทางเข้าของท่อมีหัวเผาไหม้แก๊สสูงตั้งติดอยู่เป็นตัวกำเนิดความร้อนให้กับอากาศ ก่อนไหลเข้าไปในชุดพัดลม ซึ่งเป็นพัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 1440 รอบ/นาที ส่งกำลังไปยังใบพัด เพื่อส่งอากาศไหลผ่านไปยังช่องทางออกของพัดลมหอยโข่ง มีขนาด 150×180 มม. (ก×ย) ที่ปลายทางออกต่อเข้ากับท่อยาว 320 มม. มีลักษณะเป็นปากแตร มีทางออกเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาด 116×950 มม. เพื่อต่อกับช่องอากาศด้านบนของตู้ที่มีช่องขนาด 116×950 มม. และที่ด้านล่างของท่ออากาศเข้ามีช่องสำหรับต่อเข้ากับท่ออากาศร้อนไหลเวียนกลับที่ทะลุผ่านผนังตู้ด้านบนขึ้นมา มีขนาดช่องเท่ากับ 100×100 มม. (ก×ย) เพื่อนำอากาศร้อนบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ได้



ภาพที่ 2.2 เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

1.3.ตู้ควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟ ปุ่มสแตนด์บายเปิดไฟเข้าชุดควบคุม บิดกลับในแนวตั้งตรง ปิดชุดควบคุม หน้าปัดปรับอุณหภูมิ 0-300°C ด้านบนเป็นแถบแสดงสถานะอุณหภูมิ ที่ทำการส่งสัญญาณให้โซลินอยด์ตัดต่อการปล่อยแก๊สหยุดไปยังหัวเผา กึ่งกลางมีสวิตช์สีเขียวและสีแดง เป็นสวิตช์เปิด-ปิด ชุดควบคุมอุณหภูมิ และสวิตช์เปิด-ปิด พัดลมดูดอากาศ

จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนที่สำคัญมาหมดแล้ว เมื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบกันขึ้นเป็นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.3 ก) และได้ดำเนินการสร้างชิ้นส่วนต่างๆเสร็จแล้วนำมาประกอบกันขึ้นเป็นต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมจนเสร็จตามภาพถ่าย (ภาพที่ 2.3 ข)



ก



ข

ภาพที่ 2.3 ก แบบรายละเอียดเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ข เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

2.ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม สำหรับใช้ในการอบแห้งชาฝรั่งทั้ง 2 แบบ มีรายละเอียดในทดสอบการทำงานเบื้องต้น คือ

2.1. การทดสอบสภาพการทำงานต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมเปล่า เพื่อดูสภาพการทำงานของทั่วไป พบว่า ระบบลมร้อนและระบบการทำงานของแก๊ส ทำงานได้ดีสามารถสร้างอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้สูงถึง 100°C เนื่องจากการอบแห้งชาฝรั่งต้องใช้อุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นอบแห้ง 100°C การกระจายลมในห้องอบแห้งมีความเร็วลมที่พ่นออกมาในแต่ละชั้นสม่ำเสมอเฉลี่ย 4.35 ± 0.52 ม./วินาที (ตารางที่ 2.1)

2.2. ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งในเบื้องต้นโดยเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ชั้นแรกทำการเก็บใบชามาผึ่งในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชม. (ภาพที่ 2.4ก) ต่อด้วยการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (ภาพที่ 2.4ข) ทำการตัดชิ้นรูปด้วยเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง (ภาพที่ 2.4ค) แล้วทำการผึ่งหมักไว้ในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 50 นาที (ภาพที่ 2.4ง) และมีขั้นตอนในการเตรียมเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม คือ เริ่มจากจุดหัวล่อตั้งอุณหภูมิที่ตู้ควบคุม 100°C เมื่อเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมทำงานได้ประมาณ 10 นาที (ภาพที่ 2.5ก) ให้ลดอุณหภูมิลงจนหัวเผาดับ นำอากาศที่บรรจุยอดใบชาที่ต้องการอบแห้งเข้าวางที่ชั้นวางอากาศในเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมจำนวน 5 ถาด โดยใช้ยอดใบชาสด 5 กก. แบ่งออกใส่ในถาดเท่ากันและเกลี่ยให้กระจายออกทั่วทั้งถาด (ภาพที่ 2.5ข) ในช่วงเริ่มการอบแห้งตั้งอุณหภูมิ 100°C ใช้เวลา 30 นาที (ภาพที่ 2.5ค) จากนั้นลดลงเป็น 80°C อบต่อจนแห้ง ใช้เวลา 75 นาที ความชื้นซากก่อนอบแห้งมีความชื้น 72.6% และหลังอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 8.5% ผลผลิตชาที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำชาออกน้ำตาลแดง ในเบื้องต้นสามารถใช้งานได้ไม่พบปัญหาการฟุ้งกระจายในเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

ตารางที่ 2.1 การกระจายความเร็วลมในห้องอบแห้ง

ชั้นที่	ตำแหน่งผนังด้านขวา (ม./วินาที)			ตำแหน่งผนังด้านซ้าย (ม./วินาที)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	
1	4.66	4.06	4.16	4.37	4.11	4.37	4.29
2	4.69	4.55	4.73	4.52	4.37	4.46	4.55
3	4.62	4.34	4.73	4.35	4.42	4.59	4.51
4	4.44	4.12	4.24	4.46	4.21	4.68	4.36
5	4.59	4.02	4.17	3.95	4.39	4.17	4.22
6	3.85	4.06	4.04	3.84	4.07	4.08	3.99
7	4.12	4.16	3.78	3.94	4.21	3.91	4.02
8	4.14	4.16	3.97	4.08	3.94	4.09	4.06
9	3.65	3.48	3.95	4.12	4.03	3.86	3.85
10	5.65	5.76	5.85	5.10	5.72	6.02	5.68
ค่าเฉลี่ย							4.35
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน							0.52



ก



ข



ค



ง

ภาพที่ 2.4 ก ใบชาสด ข การนวดใบชาหลังการผึ่ง ค ทำการตัดชิ้นรูป ง การหมักชาที่ตัดชิ้นรูปแล้ว



ก



ข



ค

ภาพที่ 2.5 ก ทดสอบการอบแห้ง ข ตู้ควบคุมการทำงาน ค จำนวนชั้นที่ใช้อบแห้ง

การทดสอบใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง

1. เริ่มต้นจากการเก็บใบชาอัสสัมในแปลงปลูกชา โดยเก็บยอดชา ที่ระดับ ยอดตูม กับ 2 - 3 ใบ ทำการสุมตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบข้อมูลในส่วนของคุณภาพในใบชาสด โดยเทียบจากใบชา 100 กก. ให้เหลือ 70-73 กก. โดยการทดสอบใช้ยอดชาอัสสัม มีขั้นตอน คือ ใช้ปริมาณใบชาสด 21 กก. (ภาพที่ 2.6ก) นำมาผึ่งลดความชื้นใช้เวลา 18 ชม. (ภาพที่ 2.6ข) เหลือน้ำหนักประมาณ 15 กก. จากนั้นทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกใช้เวลาในการนวด 20 นาที (ภาพที่ 2.6ค) เมื่อครบเวลานำยอดใบชาออกจากเครื่องนวดทรงกระบอก (ภาพที่ 2.6ง) จากนั้นทำการตัดชิ้นรูป (ภาพที่ 2.6จ) แล้วนำชาที่ได้มาเกลี่ยให้มีชั้นหนาประมาณ 25-30 มม. และผึ่งในบรรยากาศซึ่งเป็นกระบวนการหมัก เพื่อให้เกิดสีน้ำตาลอมแดงในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการหมักใบชาที่ตัดชิ้นรูปแล้วประมาณ 50 นาที (ภาพที่ 2.6ฉ)



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ



ช



ซ

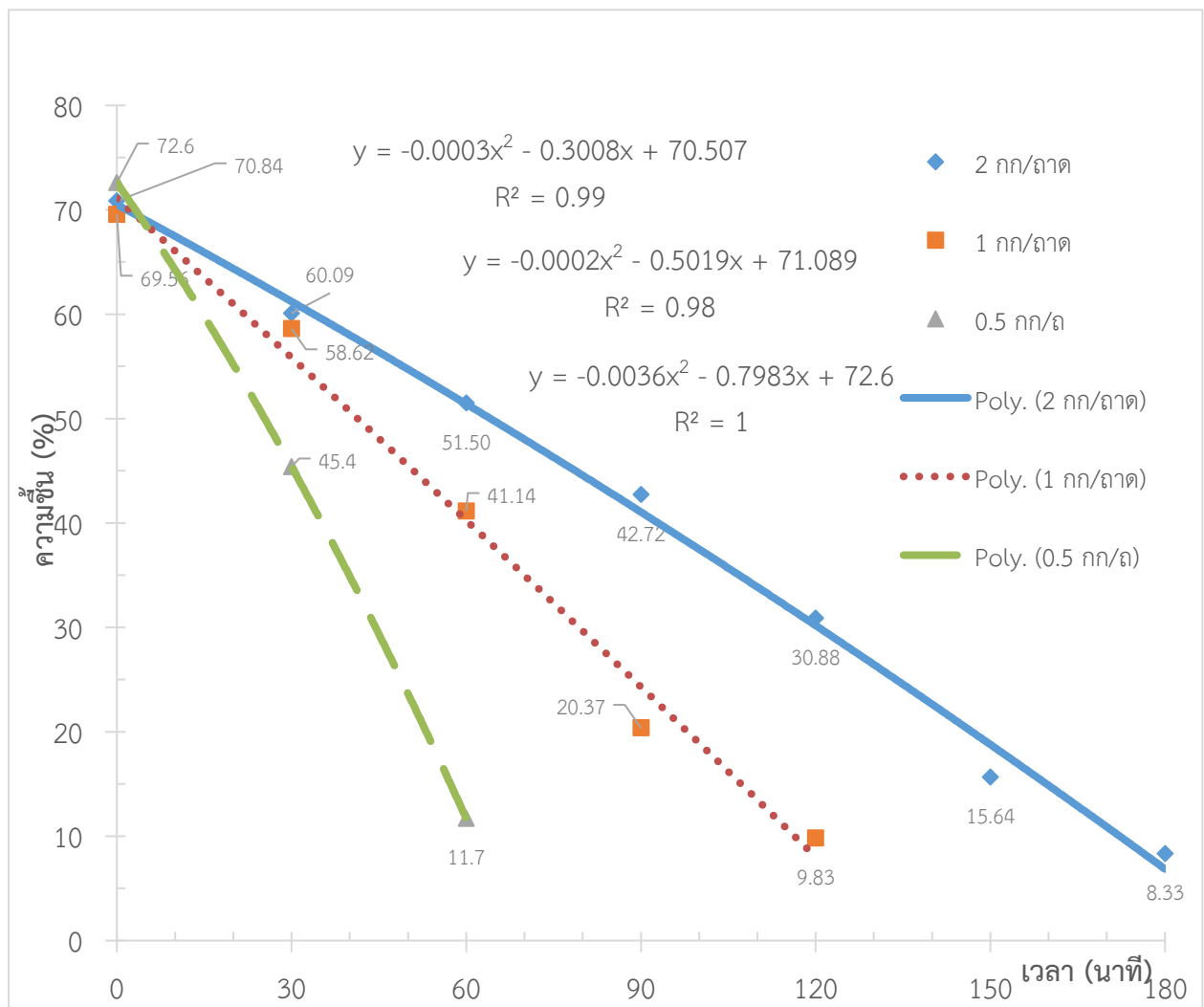
ภาพที่ 2.6 ก ใบชาสด ข ยอดใบชาหลังการผึ่ง ค นวดยอดใบชาในเครื่องนวดทรงกระบอก ง ยอดใบชาหลังการนวด จ การตัดชิ้นรูปยอดใบชา ฉ ขั้นตอนการหมักชาให้ได้สีแดง ช เกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถาดๆละ 1 กก. ซ นำถาดที่บรรจุชาลงในถาดอบแห้งแล้วเข้าเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม

2. การทำงานของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง การเตรียมความพร้อมก่อนการใช้งาน คือ ปิดประตูเครื่องอบแห้ง ปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน เปิดวาล์วลมกลับ ต่อถังแก๊สหุงต้มเข้ากับสายต่อวาล์วแก๊สของเครื่องอบแห้ง เสียบปลั๊กสายและเปิดสวิตซ์ไฟฟ้าที่ตู้ควบคุม เปิดวาล์วแก๊สหัวท่อจุดไฟหัวท่อ ปรับตัวตั้งอุณหภูมิขึ้นที่ 70°C. และเปิดชุดพัดลม ปล่อยให้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งทำงาน เพื่อดูความสมบูรณ์ในการทำงาน ประมาณ 15 นาที ปรับตัวตั้งอุณหภูมิลงที่ 0 °C เปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน ปิดวาล์วลมกลับ จากนั้นประมาณ 5 นาที ปิดชุดพัดลม

3. นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งให้ได้ถาดละ 1 กก. เปิดประตูเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม (ภาพที่ 2.6ซ) นำถาดที่ใส่ชาได้ตามน้ำหนักแล้วลำเลียงเข้าวางตามชั้นจนเต็ม (ภาพที่ 2.7ซ) ปิดประตูเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°C. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C. ปล่อยให้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการ

ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมในการแปรรูปชาฝรั่ง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง (ภาพที่ 2.7) พบว่า ชาฝรั่ง สภาพแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10 15 และ 20 ก.ก./ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 72.60, 71.84 69.56 % และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% เมื่อพิจารณาลักษณะการลดลงของความชื้น มีลักษณะการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว แม้ว่าเส้นกราฟพรอตด้วยสมการโพลีโนเมียล ก็จะเห็นได้จากลักษณะของความชื้นของเส้นกราฟเป็นเส้นตรง แต่มีอัตราการลดลงของความชื้นที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่า และใช้เวลาในการอบแห้ง 58, 112 และ 164 นาที ตามลำดับ ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.2 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 27.1% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

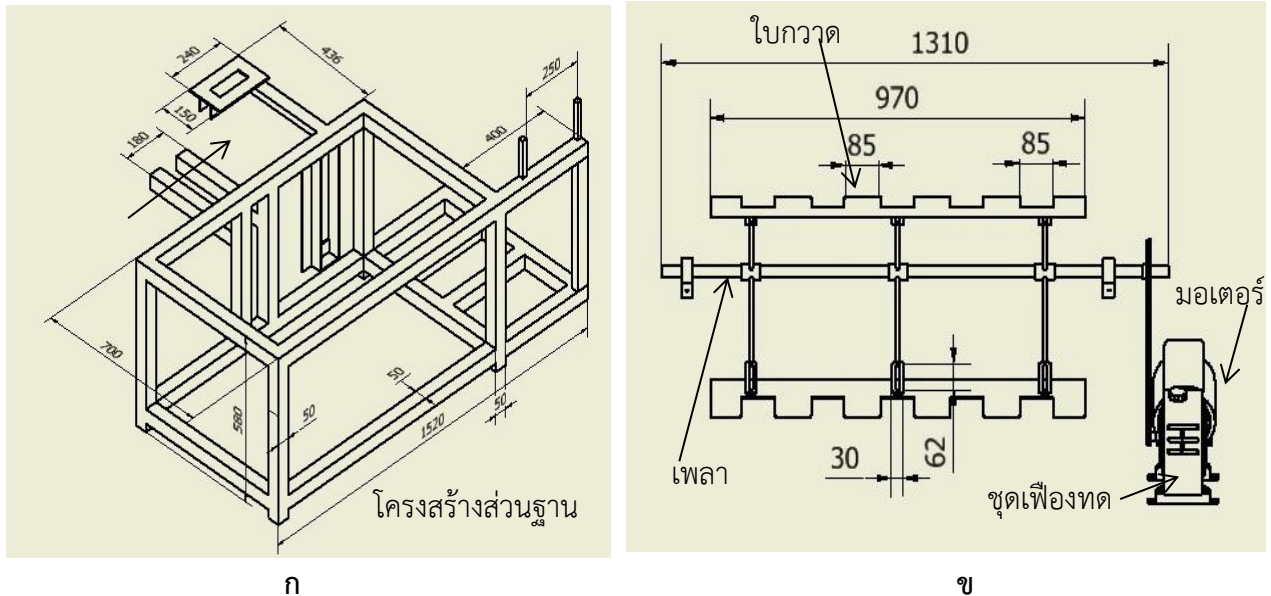


ภาพที่ 2.7 การลดความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10, 15, 20 ก.ก./ครั้ง

2. เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังเครื่องวงกลมสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง มีส่วนประกอบสำคัญ คือ

1.1. โครงสร้างส่วนฐาน (ภาพที่ 2.8 ก) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากับ 700×1520×580 มม. (ก×ย×ส) ไว้เป็นตัวยึดถังสำหรับอบแห้งเครื่องวงกลม ด้านข้างส่วนบนเป็นฐานติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง และส่วนล่างเป็นฐานยึดชุดมอเตอร์ต้นกำลังและระบบส่งกำลังขับเคลื่อนเพลากวาด

1.2. ระบบส่งกำลังเพลากวาด (ภาพที่ 2.8 ข) มอเตอร์มีต้นกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) 1440 รอบ/นาที และเกียร์ทดขนาด 1:30 เพื่อลดความเร็วรอบการหมุนของใบกวาด ใช้โซ่ขนาดเบอร์ 40 และจานโซ่ขนาด 16, 32 ฟัน ทำให้เพลากวาดมีความเร็ว 24 รอบ/นาที



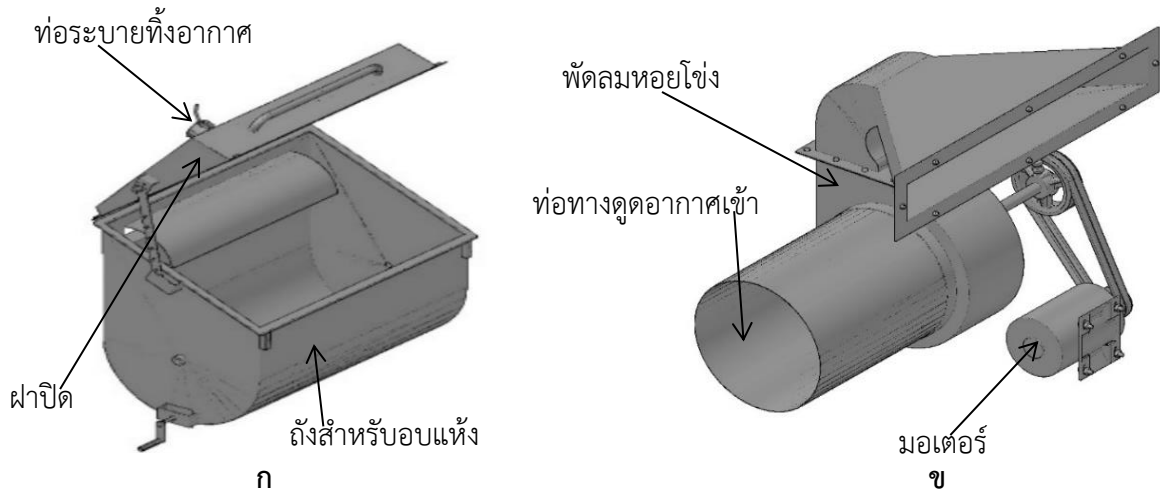
ภาพที่ 2.8 ก โครงสร้างส่วนฐาน ข ชุดเพลานวดและระบบส่งกำลัง

1.3. ถังอบแห้งแบบถังเครื่องวงกลม (ภาพที่ 2.9 ก) แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ 1) ส่วนล่างมีลักษณะเป็นถังเครื่องวงกลมมีขนาดรัศมี 350 มม. ยาว 1000 มม. 2) ส่วนบนถังมองจากด้านบนมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด (ก×ย) เท่ากับ 700×1000 มม. ถ้ามองจากด้านข้างมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ขอบปากถังอบแห้งมุมบนหลังเอียงลงมาถึงขอบปากถังอบแห้งมุมบนหน้าวัดจากแนวระนาบเป็นมุม 70 องศา ด้านหลังของถังมีช่องขนาดเท่ากับ 150×800 มม. (ก×ย) เพื่อต่อเข้ากับปลายท่ออากาศร้อนที่ออกมาจากชุดพัดลมสำหรับไหลเข้าภายในถังอบแห้ง และบนสุดเป็นฝาปิดรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 700×1000 มม. ถ้ามองจากด้านข้างจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ด้านบนฝามีท่อระบายทิ้งอากาศร้อน มีลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. และสูง 100 มม.

1.4. ชุดพัดลม (ภาพที่ 2.9ข) มีท่อทางดูดอากาศเข้าลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. ความยาว 500 มม. ที่ปลายทางเข้าของท่อมีหัวเผาไหม้แก๊สหุงต้มติดอยู่เป็นตัวกำเนิดความร้อนให้กับอากาศ ก่อนไหลเข้าไปในชุดพัดลม ซึ่งเป็นพัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) 1410 รอบ/นาที ส่งกำลังไปยังใบพัด ใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. เพื่อส่งอากาศไหลผ่านไปยังท่ออากาศที่มีลักษณะเป็นท่อโค้งมีขนาดมุมโค้ง 80 องศา ช่องอากาศที่ต่อออกจากพัดลมหอยโข่งกับท่ออากาศนี้มีขนาด (ก×ย) 140×140 มม. และปลายท่ออีกด้านที่ต่อเข้ากับช่องอากาศด้านหลังของถังอบแห้ง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมปากแตรมีขนาด 150×800 มม.

1.5. ตู้ควบคุมการทำงาน ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ในการควบคุมต่างๆ คือ สวิตช์ หลอดไฟ เมกเนติกคอนแทคเตอร์ ชุดควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ของชุดพัดลมกับชุดใบคน และปรับตั้งอุณหภูมิสั่งการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อให้ควบคุมความร้อนของห้องอบแห้ง คือ ควบคุมการตัดต่อแก๊สแบ่ง

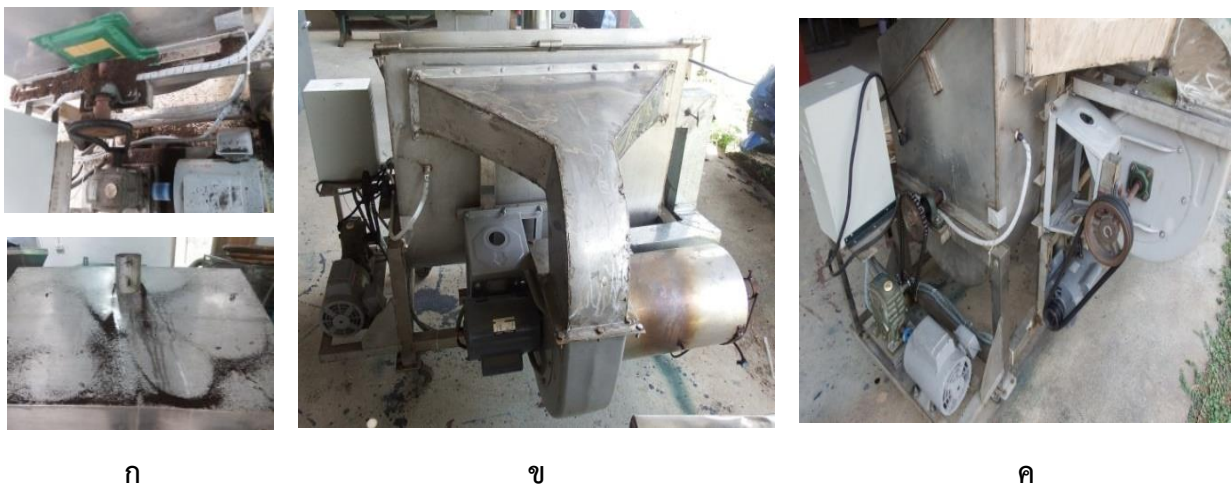
การทำงานหลักๆ ออกเป็นการทำงานของหัวเผาหรือหัวพ่นทำหน้าที่เป็นตัวทำความร้อนให้ตู้อบ การทำงาน คือ การควบคุมวาล์วเปิดปิดแก๊สหุงต้ม เมื่อความร้อนภายในห้องอบแห้งได้อุณหภูมิที่ต้องการใช้ในการอบแห้ง และชุดหัวล้อ เป็นตัวจุดระบบการสันดาปของหัวพ่น



ภาพที่ 2.9 ก ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ข ชุดพัดลม

ผลการทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง

1. การทดสอบสภาพการทำงานเครื่องเปล่า เพื่อดูสภาพการทำงานทั่วไป พบว่า ระบบลมร้อนและระบบการทำงานของแก๊ส ทำงานได้ดี สามารถทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้สูงถึง 100°C . เนื่องจากการอบแห้งชาฝรั่งต้องใช้อุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นอบแห้ง 100°C . ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ปลายปล่องทางเข้าพัดลม 8.33 ± 0.55 ม./วินาที (ตารางที่ 2.2) ในการทดสอบอบเบื้องต้นความเร็วลมยังไม่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไปทำให้ชาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรูสวมเพลลาใบกวาด (ภาพที่ 2.9ก) จึงได้ดำเนินการปรับแต่งโครงสร้างชุดพัดลมและมอเตอร์ใหม่ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และสามารถทดสอบปรับเปลี่ยนความเร็วลมได้ โดยการเปลี่ยนพูลเลย์ ตัวขับและตัวตาม เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ปรับโครงสร้างส่วนที่ยึดพัดให้แข็งแรงขึ้นเพื่อลดการสั่นที่ส่งผลให้เกิดเสียงดัง จากเดิมที่ความเร็วพัดลมเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1450 รอบ/นาที (ภาพที่ 2.9ข) โครงสร้างที่ปรับเปลี่ยน คือ เพลามอเตอร์เป็นต้นกำลังขับส่งกำลังด้วยสายพานไปยังเพลตาม ซึ่งเป็นเพลลาที่ขับเคลื่อนการหมุนของใบพัดลม (ภาพที่ 2.9ค)



ภาพที่ 2.10 ก ชาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรูสวมเพลลาใบกวาด ข ก่อนปรับแก้โครงสร้าง ค หลังปรับแก้โครงสร้างแล้ว

2.2.การทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม โดยวัดความเร็วลมที่ท่อทางลมเข้า 5 จุด (ภาพที่ 2.11ก) มีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา เลือกรความเร็วลมหรือปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสม คือ ดูที่ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของผงที่เป็นฝุ่นเมล็ดเล็ก ๆ ของชาหลุดออกมาที่ปล่องทางออกของเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้ 100°C . และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

1.ทดสอบความเร็วรอบ 1208 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีผงชาที่แห้งแล้วเป็นเม็ดลอยติดออกมาที่ลมร้อนซึ่งเป็นจำนวนมาก และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

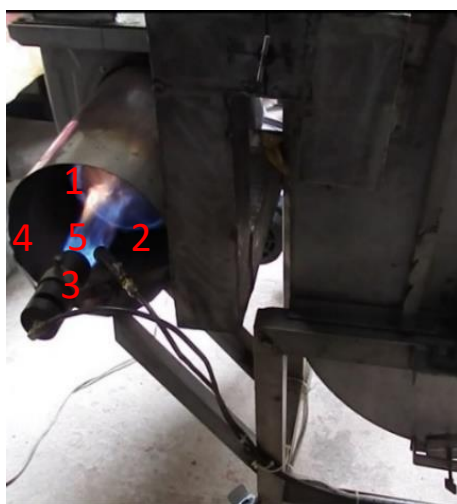
2.ทดสอบความเร็วรอบ 967 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีชิ้นชาที่แห้งแล้วเป็นเม็ดลอยติดออกมาที่ลมร้อนซึ่งเป็นลดส่วนมากจะเป็นผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

3.ทดสอบความเร็วรอบ 846 รอบ/นาที ปลายปล่องยังมีผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาและมีบางส่วนที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และมีความสมบูรณ์ของการเผาแก๊สได้ดี

4.ทดสอบความเร็วรอบ 725 รอบ/นาที ที่ปลายปล่องยังมีผงละอองฝุ่นและใยฟูๆของขนใบชาลอยติดออกมาและมีบางส่วนที่ตรงฝาถังอบแห้งบริเวณรอบ ๆ ปล่อง และการเผาแก๊สได้ไม่ดี คือ ลักษณะเปลวไม่ออกเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่าการสันดาปไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดเขม่าดำติดที่แผ่นกันไฟหน้าพัดลมจนเป็นสีดำเนื่องจากคลาบเขม่าจับ

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบเบื้องต้นในภาพรวมแล้ว จึงเลือกใช้ความเร็วรอบของพัดลม 846 รอบ/นาที เป็นรอบที่เหมาะสม เพราะภาพรวมการทำงานของเครื่องทำงานได้ดี (ตารางที่ 2.2) มีการสันดาปที่สมบูรณ์ ไม่เกิดเขม่าดำ การฟุ้งกระจายเกิดในระดับที่เป็นฝุ่นผงขนาดเล็กปะปนออกไปกับขนของใบชา

ในการอบแห้งชาฝรั่งโดยใช้ตู้อบแบบครึ่งวงกลมในเบื้องต้น (ภาพที่ 2.11ข) ใช้ใบชาสด 10 กก. ที่ทำการตัดขึ้นรูปแล้ว และผ่านกระบวนการผึ่งในอากาศแวดล้อมเป็นเวลา 50 นาที แล้วนำเข้าทำการอบแห้ง โดยตั้งอุณหภูมิ 100°C . ใช้เวลา 15 นาที จากนั้นลดลงเป็น 90°C . ขณะโกยใบชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วลงในถังอบแห้งต้องเปิดเพลลาที่คั่นภายในถังอบแห้งให้หมุนไปด้วย เมื่อโกยใบชาลงไปหมดแล้ว ทำการจุดหัวล่อและเปิดชุดพัดลมทำงาน ระบบหัวเผาก็จะเผาไหม้ให้ความร้อนเพื่อทำการอบแห้ง มีอัตราการลดลงของความชื้นลดลงจาก 72.6% จนเหลือความชื้น 8.5% ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 นาที (ภาพที่ 2.11ค)



ก



ข



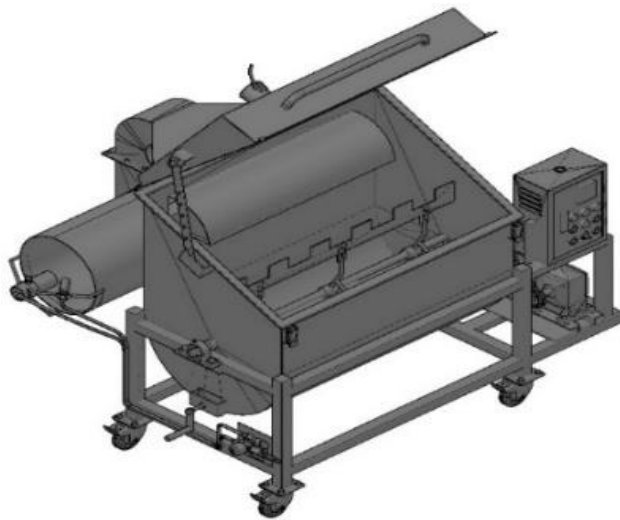
ค

ภาพที่ 2.11 ก จุดที่วัดความเร็วลมและลักษณะเปลวไฟที่ให้ความร้อนขณะอบแห้ง ข ทดสอบอบแห้งชาฝรั่ง ค บนฝุ่นขนใบชาที่เกาะตามเครื่อง และล่างชาฝรั่งที่อบแห้งเสร็จแล้ว

ตารางที่ 2.2 ความเร็วลมที่เข้าปลายปล่องทางเข้าพัดลมที่ระดับความเร็วรอบพัดลมต่างกัน

ความเร็วรอบพัดลม (รอบ/นาที)	ความเร็วเฉลี่ยที่ทางเข้าพัดลม(ม/วินาที)	ปริมาณลม(ลบม./วินาที)
1450	8.33	0.55
1208	6.33	0.42
967	5.34	0.35
846	4.71	0.31
725	3.85	0.25

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งแรก มีข้อบกพร่องที่ได้ดำเนินการแก้ไข คือ ความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งสูงเกินไป ซาที่อบแห้งหลุดออกมาที่ปลายปล่องและรูสวมเพลากวาด โครงสร้างชุดพัดลมและมอเตอร์ไม่แข็งแรงพอ ทำให้เกิดการสั่นของโครงสร้างที่ส่งผลให้เกิดเสียงดัง และจากการทดสอบได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาต่างจนเครื่องอบแห้งสามารถทำการอบแห้งได้ตามเป้าหมาย และได้ออกแบบสร้างต้นแบบตัวใหม่ที่สมบูรณ์ขึ้น (ภาพที่ 2.12ก) เพื่อแก้ไขปรับปรุงต้นแบบให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยได้ตัดชิ้นส่วนที่ไม่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานออก ต้นแบบตัวใหม่ได้ตัดระบบท่อลมเวียนกลับออก เนื่องจากมีฝุ่นผงที่ย้อนกลับมาพร้อมกับลมร้อนเกิดการอุดตันปลุกใหม่ได้ง่ายที่ทางเข้าลมใหม่ที่มีเปลวไฟจากหัวเผา และเพลากับกวาดได้เปลี่ยนจากเพลาสีเหลืองมาเป็นเพลากลมทังเส้น เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและออกแบบให้ก้านแขนกวาดแข็งแรงขึ้น สำหรับโครงสร้างหลักและพัดลมก็ติดตั้งยึดแน่นแข็งแรงมากขึ้น จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวมา เมื่อสร้างและนำชิ้นส่วนมาประกอบเข้ากันเป็นเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมจนแล้วเสร็จตามแบบ (ภาพที่ 2.12ข)



ก



ข

ภาพที่ 2.12 ก แบบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม ข ภาพถ่ายเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

การทดสอบใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมในการแปรรูปชาฝรั่ง

1. เริ่มต้นจากการเก็บชาอัสสัมในแปรงปลูกชา โดยเก็บชา ที่ระดับ ยอดตูม กับ 2-3 ใบ ทำการสุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบข้อมูลในส่วนของความชื้นในใบชาสด ผึ่งใบชาประมาณ 18 ชม. โดยเทียบจากใบชา 100 กก. ให้เหลือ 70-73 กก. โดยการทดสอบใช้ชาอัสสัมมีชั้นตอน คือ ปริมาณใบชาสด 28 กก. นำมามาผึ่งลดความชื้นให้เหลือ

น้ำหนักประมาณ 20 กก. จากนั้นทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกใช้เวลาในการนวด 20 นาที ต่อด้วยการตัดชิ้นรูปแล้วนำชาที่ได้มาเกลี่ยให้มีชั้นหนาประมาณ 25-30 มม. และผึ่งในบรรยากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการหมัก เพื่อให้เกิดสีน้ำตาลอมแดงในชั้นตอนนี้ใช้เวลาในการหมักใบชาที่ตัดชิ้นรูปแล้วประมาณ 50 นาที(ภาพที่ 2.13ก,ข)

2.การทำงานของเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลมแปรรูปชาฝรั่ง การเตรียมการความพร้อมก่อนการใช้งาน คือ ปิดประตูเครื่องอบแห้ง ปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน ต่อถังแก๊สหุงต้มเข้ากับสายต่อวาล์วแก๊สของเครื่องอบแห้ง เสียบปลั๊กสายและเปิดสวิทช์ไฟฟ้าที่ตู้ควบคุม เปิดวาล์วแก๊สหัวล่อจุดไฟหัวล่อ ปรับตัวตั้งอุณหภูมิขึ้นที่ 70°ซ. เปิดชุดพัดลม และเปิดชุดเพลลาใบกวาด ปล่อยให้เครื่องอบแห้งทำงาน เพื่อดูความสมบูรณ์ในการทำงานประมาณ 15 นาที ปรับตัวตั้งอุณหภูมิลงที่ 0°ซ. เปิดวาล์วที่ปล่อยทิ้งลมร้อน จากนั้นประมาณ 5 นาที ปิดชุดพัดลม และชุดเพลลาใบกวาด(ภาพที่ 2.13ค)

3.นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเตรียมเกลี่ยลงในถังอบแห้งของเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง ในการอบแห้งคิดเป็นยอดชาสดได้ครั้งละ 28 กก. มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอบ เริ่มจากการจุดไฟที่หัวล่อ เปิดพัดลมตามด้วยระบบเพลลาใบกวาด เปิดประตูเครื่องอบแห้ง เปิดชุดเพลลาใบคนแล้วเกลี่ยชาลงในถังอบแห้งจนหมด ปิดประตูถังอบแห้ง ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตัวอบไว้ที่ 100°ซ. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°ซ. ปล่อยให้เครื่องอบแห้งทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการใช้เวลาประมาณ 175 นาที และสีของน้ำชาเป็นสีแดงเข้มมากสุด (ภาพที่ 2.12จ,ฉ)



ก



ข



ค



ง



จ

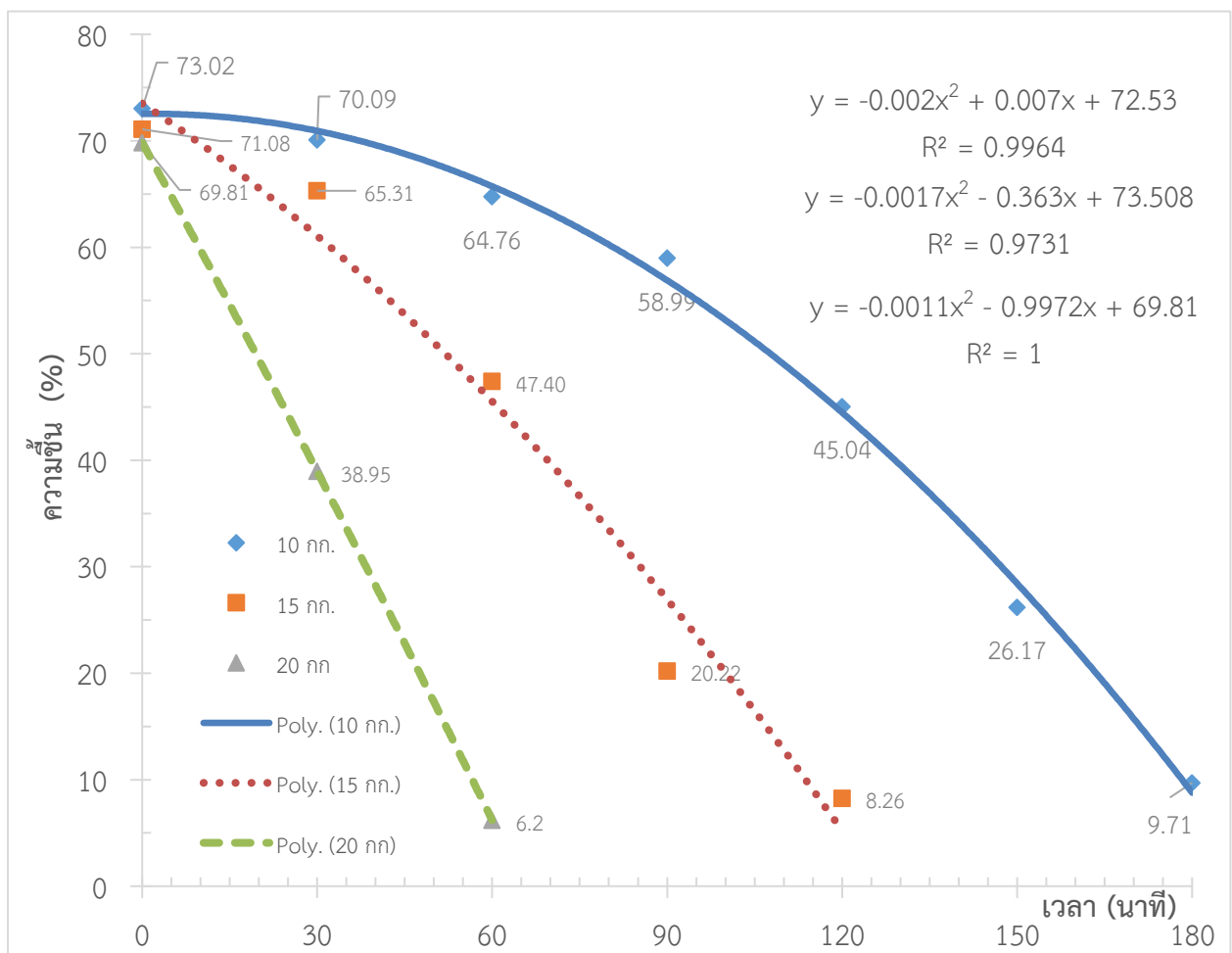


ฉ

ภาพที่ 2.13 ก การตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ข กระบวนการหมักชาหลังตัดชิ้นรูป ค ชาที่หมักเสร็จแล้วนำมาเทลงในถังอบแห้ง ค ลักษณะยอดใบชาที่ทำการอบแห้งได้ 30 นาที ง ลักษณะยอดใบชาที่ทำการอบแห้งเสร็จแล้ว จ สีของน้ำชาที่ชง

ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังวงกลมในการแปรรูปชาฝรั่ง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง (ภาพที่ 2.14) พบว่า ปริมาณชาฝรั่งก่อนอบแห้ง 10 15 และ 20 กก./ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 69.81, 71.08 73.02% ตามลำดับ ขณะทดสอบสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14^oซ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% เมื่อพิจารณาลักษณะการลดลงของความชื้น ในช่วง 30 นาทีแรก ชาที่ใช้อบแห้ง 10 กก. มีลักษณะการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเห็นได้จากความชันของเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับปริมาณชาที่ใช้ในการอบแห้ง ปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 10 และ 15 กก. ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 และ 110 นาที มีเส้นกราฟพรอตด้วยสมการโพลีโนเมียลแทบเป็นเส้นตรง ส่วนการอบแห้งปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก. ลักษณะเส้นแสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้าๆ มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0-60 นาที และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่มีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของชาที่ 13% เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจากเส้นแนวโน้มคือ 175 นาที ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.6 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 22.9% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำชาออกสีแดงหมากสุก

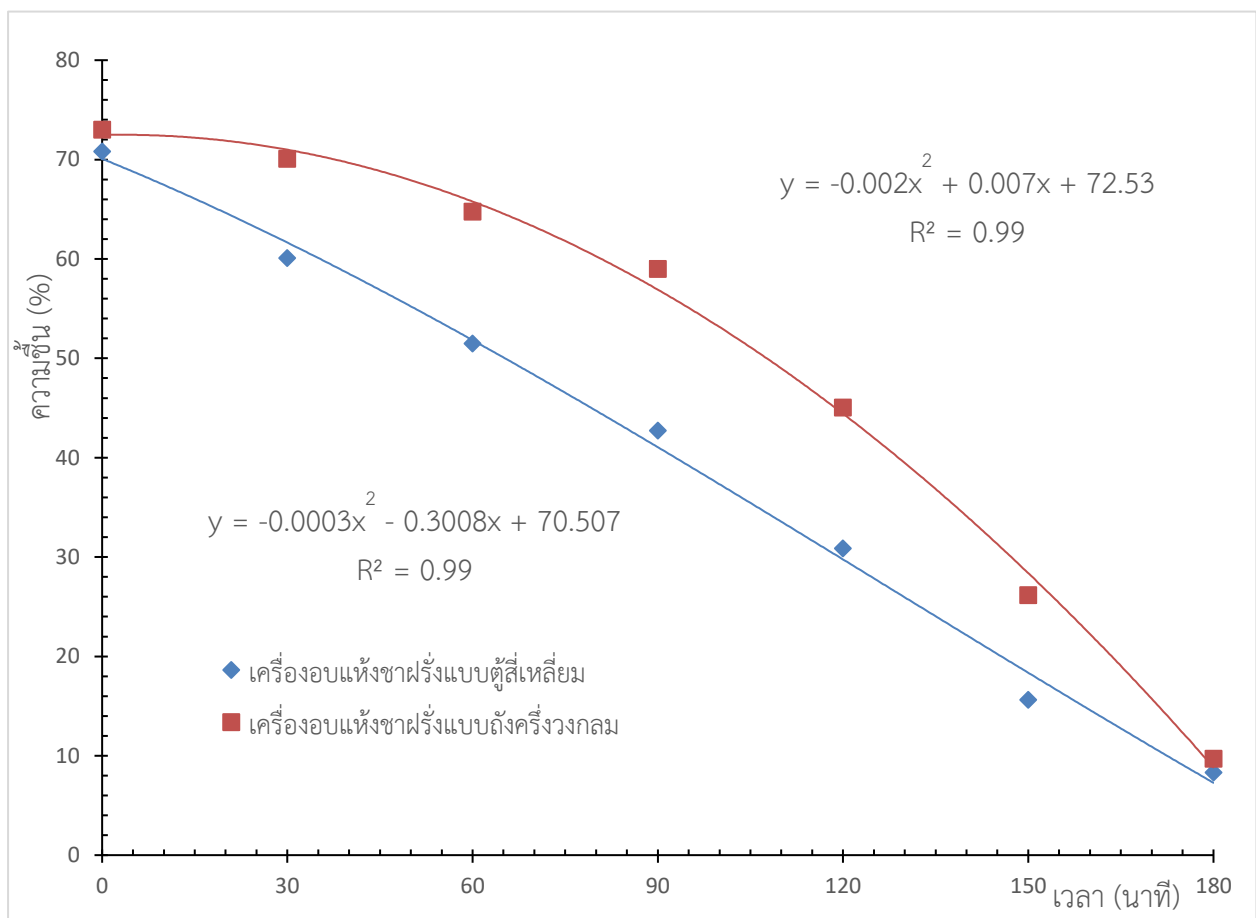


ภาพที่ 2.14 การลดความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10,15, 20 กก./ครั้ง

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมและเครื่องอบแห้งแบบถังวงกลม โดยปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 10 15 และ 20 กก./ครั้ง ความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 69.56 - 73.02% และหลังอบแห้งมีความชื้น

เฉลี่ย 13% พบว่า เมื่อพิจารณาการอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมลักษณะการลดลงของความชื้น มีลักษณะเป็นเส้นตรงและความชันของเส้นกราฟเส้นตรงแสดงถึงอัตราการลดลงของความชื้นที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่า เมื่อพิจารณาเครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลมการลดลงของความชื้นมีลักษณะเป็นเส้นตรงเช่นกัน มีเพียงกราฟการอบแห้งปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก.ที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0 - 60 นาที แสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้า ๆ และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงมีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งชาที่ตัดขึ้นรูปแล้วในปริมาณที่เท่ากันจะใช้เวลาในการอบแห้งพอกๆกัน ไม่ว่าจะอบแห้งชาฝรั่งด้วยตู้แบบสี่เหลี่ยมหรือเครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม (ภาพที่ 2.15) หากพิจารณาในแง่ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตู้อบแห้งแบบสี่เหลี่ยมสูงกว่า แต่หากมองในแง่คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลมให้สีหลังอบแห้งสม่ำเสมอดีกว่า เมื่อพิจารณาในสวนของกายภาพที่เกิดขึ้นในการอบแห้งจะเห็นว่าการอบแห้งโดยใช้ตู้แบบสี่เหลี่ยมเป็นการอบแห้งโดยใส่วัสดุอบแห้งลงในภาตแล้วเกลี่ยให้เป็นชั้นบางเท่า ๆ กัน ทำให้ลักษณะการลดลงของความชื้นค่อยลดลงอย่างสม่ำเสมอมีเส้นแนวโน้มเป็นเส้นตรง ต่อเนื่องกัน ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม ในช่วง 60 นาที ใบกวาดจะกวาดวัสดุอบแห้งให้เคลื่อนที่ขึ้นด้านบนแล้วตกลงที่ก้นถังอบในช่วงที่มีความชื้นสูงนี้ ชาฝรั่งที่ใช้อบแห้งจะเกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ทำให้พื้นที่สัมผัสกับอากาศร้อนน้อยเป็นผลให้การลดความชื้นลงได้น้อย เมื่อความชื้นลงจนชาฝรั่งที่ใช้อบแห้งไม่เกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่อัตราการลดลงของความชื้นจะเพิ่มขึ้นในช่วง 60-90 นาที และเพิ่มมากขึ้นเมื่อชาฝรั่งที่อบแห้งแตกตัวกระจายเป็นผงมากขึ้นหลังจากช่วง 90 นาทีไป ดังจะเห็นได้จากลักษณะเส้นกราฟ (ภาพที่ 2.15)



ภาพที่ 2.15 การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้งที่ปริมาณชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง

อภิปรายผล

เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อทดสอบไว้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมและเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

2.1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ห้ออบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม มีชั้นวางจำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม 2) ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 3) ตู้ควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่ง โดยนำชาหมักได้มีสีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งที่มีปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. พบว่า อัตราการลดลงของความชื้นที่สัมพันธ์กับปริมาณการอบแห้ง 10 15 และ 20 กก. ปริมาณชาที่ใช้อบแห้งที่น้อยกว่ามีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่า เส้นกราฟอัตราการลดลงของความชื้นเป็นเส้นตรง และใช้เวลาในการอบแห้ง 58, 112 และ 164 นาที ตามลำดับความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.2 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 27.1% และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

2.2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน, ชุดระบบส่งกำลังเพลลาใบกวาด, ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม, ชุดพัดลมใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์, ตู้ควบคุมการทำงานมีตัวปรับอุณหภูมิ 0-300°C. ได้ดำเนินการทดสอบ คือ เกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถังอบแห้ง 20 กก. ตั้งอุณหภูมิ 100°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาที่ 90°C. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ลมจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°C พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% การลดลงของความชื้นสัมพันธ์กับปริมาณชาที่ใช้ในการอบแห้ง ปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 10 และ 15 กก. ใช้เวลาในการอบแห้ง 55 และ 110 นาที มีเส้นกราฟพรอดด้วยสมการโพลีโนเมียลแทบเป็นเส้นตรง ส่วนการอบแห้งปริมาณชาที่ตัดขึ้นรูปแล้ว 20 กก. ลักษณะเส้นแสดงให้เห็นว่าความชื้นค่อยลดลงช้าๆ มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วง 0-60 นาที และหลังช่วง 60 นาที เป็นช่วงที่มีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของชาที่ 13% เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจากเส้นแนวโน้มคือ 175 นาที ความสามารถสูงสุดในการอบแห้งชาฝรั่งหลังตัดขึ้นรูป 20 กก./ครั้ง การอบแห้งใช้แก๊สหุงต้ม 2.6 กก./ครั้ง และประสิทธิภาพเชิงความร้อน 22.9% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชาฝรั่ง สามารถนำเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ ไปใช้ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกว่าควรใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง แบบใดนั้น ควรพิจารณาว่าหากใช้ในการอบแห้งชาฝรั่งเท่านั้นควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม แต่หากต้องการใช้งานได้หลากหลายในการอบแห้งก็ควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ซึ่งการเลือกใช้ต้องที่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา ในส่วนของผู้ที่สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนของเทคนิคการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งชาฝรั่งที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของอัตราการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่ได้

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน คือ จุดที่รายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน คือ จุดที่กำไรเท่ากับศูนย์

$$C = F + kn \quad (1)$$

$$R = pn \quad (2)$$

C คือ ค่าใช้จ่าย k คือ ราคาของสินค้า(บาท/กิโลกรัม)

F คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ n คือ จำนวนที่ผลิต (หน่วย)

R คือ รายได้ p คือ ราคาของหน่วยสินค้า(บาท/กิโลกรัม)

1. ค่าใช้จ่ายคงที่

1.1 ประเมินราคาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง ประกอบด้วย

เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งราคา = 85,000 บาท

เครื่องนวดทรงกระบอกราคา = 95,000 บาท

เครื่องอบแห้งชาฝรั่งราคา = 90,000 บาท

ราคาเครื่องจักรกลที่ต้องใช้ในการแปรรูป = 85,000+95,000+90,000 = 270,000 บาท

1.2 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประมาณไว้ที่ 15 % ของราคาเครื่องมือแปรรูปชาฝรั่ง

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา = 0.15 x 270,000 = 40,500 บาท

$$F = 270,000 + 40,500 = 310,500 \text{ บาท}$$

2. หาค่าใช้จ่ายแปรผัน

2.1 แรงงานจำนวน 2 คน ค่าจ้างคนละ 300 บาท และเจ้าหน้าที่แปรรูป 1 คน ค่าจ้าง 500 บาท ทำงานวันละ 8 ชม. คิดเป็นค่าแรงงานรวม 1100 บาท/วัน

2.2 วัตถุดิบในการแปรรูปยอดชาอัสสัมสดวันละ 40 กิโลกรัม ราคา 20 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นค่าวัตถุดิบรวม 800 บาท/วัน (ได้ผลิตภัณฑ์ชาฝรั่งวันละ 10 กิโลกรัม ประมาณราคาขาย 800 บาท/กิโลกรัม)

2.3 ค่าเชื้อเพลิง

ค่าแก๊สหุงต้ม ถึงขนาด 15 กิโลกรัม ราคา 420 บาท อัตราการใช้แก๊สหุงต้มวันละ 6 กิโลกรัม

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม = (420/15) x 6 = 168 บาท /วัน.

2.4 ค่าไฟฟ้าต้นกำลัง คิดราคาไฟฟ้าต่อหน่วย = 3.13 บาท

ค่าไฟฟ้า (มอเตอร์ 1.5 Kw จำนวน 2 ตัว เวลาใช้งาน ประมาณ 3 ชั่วโมง)

$$= 1.5 \times 2 \times 3 \times 3.1381 = 28.24 \text{ บาท /วัน.}$$

ค่าไฟฟ้า (มอเตอร์ 0.75 Kw จำนวน 2 ตัว เวลาใช้งาน ประมาณ 6 ชั่วโมง)

$$= 0.75 \times 2 \times 6 \times 3.1381 = 28.24 \text{ บาท /วัน.}$$

3. จุดคุ้มทุน

คำนวณค่าใช้จ่ายแปรผัน (k) = (1100+800+168+28.24+28.24)/10 = 212.45 บาท /กิโลกรัม. เมื่อนำค่าตัวเลขแทนค่ากลับในสมการ (1) ได้สมการที่ (3)

$$C = 310,500 + 212.45n \quad (3)$$

จากการเก็บข้อมูลการทดสอบ พบว่า ความสามารถในการผลิตภัณฑ์ชาฝรั่งได้วันละ 10 กิโลกรัม
 ประมาณราคาขาย 800 บาท/กิโลกรัม เมื่อนำค่าตัวเลขแทนค่ากลับในสมการ (2) ได้สมการที่ (4)

$$R = 800n \quad (4)$$

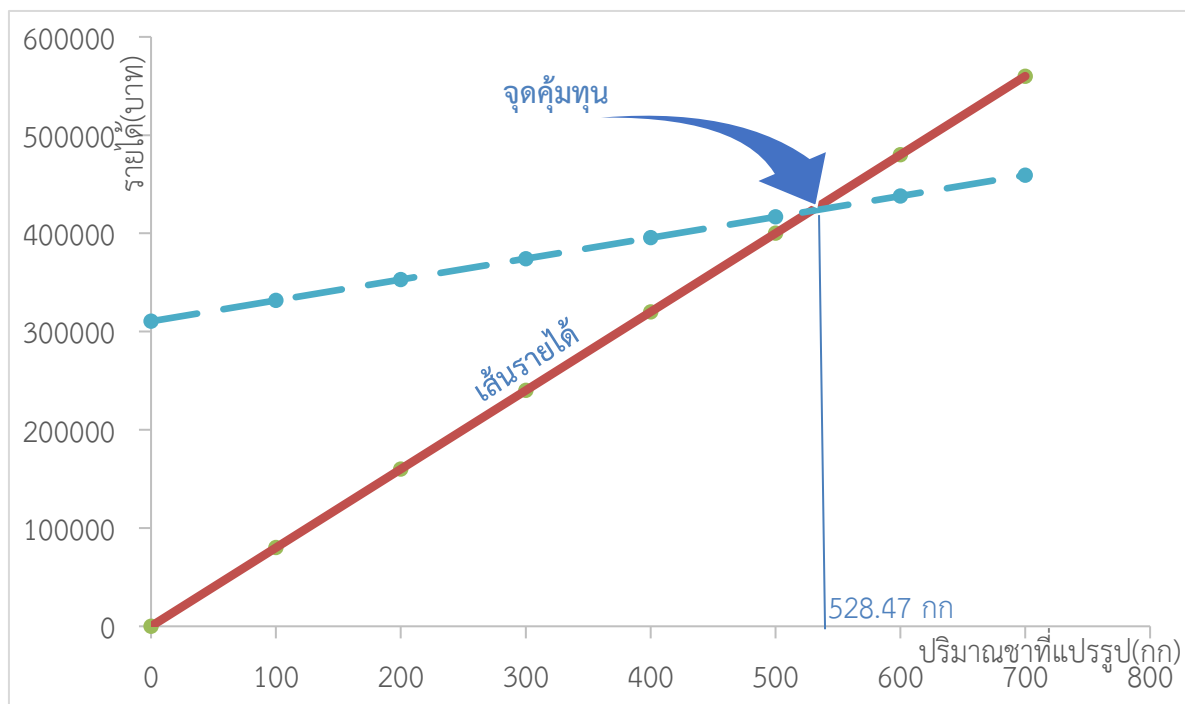
ดังนั้น จุดคุ้ม คือ จุดที่ $R = C$

ปริมาณชาฝรั่งที่แปรรูป $n = 310,500 / (800 - 212.45) = 528.47$ กิโลกรัม

รายได้ที่จุดคุ้มทุน $R = 800 \times 528.47 = 422,776$ บาท

ในรอบหนึ่งปีจะมีการตัดแต่งกิ่งและพักระยะเก็บเกี่ยวยอดชาประมาณ 4 เดือน ในฤดูแล้ง การผลิตชา
 ประมาณ 8 เดือน ประมาณการผลิตเดือนละ 25 วัน ดังนั้นในหนึ่งปีจะมีวันที่ทำงาน 200 วัน

ถ้าความสามารถในการแปรรูปได้ชาฝรั่งวันละ 10 กิโลกรัม/วัน ที่จุดคุ้มทุน 528.47 กิโลกรัม ต้องใช้เวลา
 ในการแปรรูปชาฝรั่ง คือ 52.8 วัน คิดเป็น 53 วัน นั้นแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในการผลิตชาฝรั่งนี้จะคุ้มทุนและมี
 กำไรตั้งแต่ปีแรกของการลงทุน เมื่อแทนค่า n ในสมการ (3) ได้สมการที่ (4) และสร้างเส้นกราฟ ประกอบด้วย เส้น
 ต้นทุนคงที่ เส้นรายได้ เส้นรายจ่าย จุดที่เส้นกราฟตัดกัน คือ จุดที่ $R = C$ เรียกจุดนี้ว่าจุดคุ้มทุน (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของรายได้ปริมาณชาฝรั่งที่แปรรูปแสดงจุดคุ้มทุน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้รับการทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในกระบวนการผลิตชาฝรั่งที่สำคัญ มี 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และหัวขึ้นตัดขึ้นรูปประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลียวัด ไบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูป 2 วิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูกหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูกหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูกหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูกหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนวิธีการละ 10 ซ้ำ ใช้น้ำหนักตัวอย่างชาละ 4.8 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

การทดลองที่ 2 ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับอบแห้งชาฝรั่ง เพื่อเป็นต้นแบบทดสอบไว้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยมและเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม

2.1) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ตู้อบแห้ง โครงสร้างภายในเป็นเหล็กกล่อง ด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสี ผนังด้านในเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม และทำที่วางชั้นไว้ จำนวน 10 ชั้น ผลิตจากเหล็กแผ่นไร้สนิม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ 1440 รอบ/นาที ส่งกำลังให้พัดลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า และ ตู้ควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟฟ้า เข้าชุดควบคุม มีหน้าปัดปรับอุณหภูมิ 0-300°ซ. ด้านบนเป็นแถบแสดงสถานะอุณหภูมิ ได้ทดสอบการอบแห้งชาฝรั่งโดยตู้อบแบบสี่เหลี่ยม นำชาที่ผ่านการหมักที่ได้สีน้ำตาลอมแดงแล้วมาเกลี่ยลงในถาดของเครื่องอบแห้งให้ได้ถาดละ 2 กก. ล้างเข้าวางตามชั้นจนเต็ม ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°ซ. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°ซ. พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 70.84% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 21.14°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% ใช้เวลาในการอบแห้ง 164 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

2.2) เครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐาน ระบบส่งกำลังเพลาใบคน ใช้มอเตอร์มีต้นกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ถังอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม ชุดพัดลม ใช้มอเตอร์กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ส่งกำลังไปลมหอยโข่งลักษณะใบพัดโค้งหน้า และตู้ควบคุม ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิดไฟ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ของชุดพัดลมกับชุดใบคน และปรับตั้งอุณหภูมิส่งการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว เพื่อให้ควบคุมความร้อนของห้องอบแห้ง ได้ดำเนินการทดสอบ คือ เปิดชุดเพลาใบคนแล้วเกลี่ยชาที่หมักแล้วลงในถังอบแห้งจนหมด ปิดประตูถังอบแห้ง ปรับตัวตั้งอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 100°ซ. เปิดชุดพัด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 90°ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ลมจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลงมาไว้ 80°ซ. ปล่อยให้เครื่องอบแห้งทำงานจนวัสดุที่อบแห้งตามต้องการ พบว่า ชาฝรั่งมีความชื้นชาเฉลี่ยก่อนอบแห้ง 73.02% สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.14°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.71% ใช้เวลาในการอบแห้ง 175 นาที และหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 13% ผลผลิตผงชาฝรั่งที่ได้มีสีน้ำตาลออกน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อชงชามีสีน้ำตาลออกสีแดงหมากสุก

เมื่อพิจารณาจตุคุ่มทุนประเมินราคาเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง ประกอบด้วย เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งราคา 85,000 บาท เครื่องนวดทรงกระบอกราคา 95,000 บาท เครื่องอบแห้งชาฝรั่งราคา 90,000 บาท ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประมาณไว้ที่ 15 % ของราคาเครื่องมือแปรรูปชาฝรั่ง แรงงานจำนวน 2 คน ค่าจ้าง

คนละ 300 บาท และเจ้าหน้าที่แปรรูป 1 คน ค่าจ้าง 500 บาท ทำงานวันละ 8 ชม. ในรอบหนึ่งปีมีการตัดแต่งกิ่ง และพักระยะเก็บเกี่ยวยอดชาประมาณ 4 เดือน ในฤดูแล้ง การผลิตชาประมาณ 8 เดือน ประมาณการผลิตเดือนละ 25 วัน ดังนั้น ในหนึ่งปีมีวันที่ทำงาน 200 วัน ถ้าความสามารถในการแปรรูปได้ชาฝรั่งวันละ 10 กิโลกรัม/วัน ที่จุดคຸ້ມທຸນ 528.47 กิโลกรัม ต้องใช้เวลาในการแปรรูปชาฝรั่ง คือ 52.8 วัน คิดเป็น 53 วัน นั้นแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในการผลิตชาฝรั่งนี้จะคุ้มทุนและมีกำไรตั้งแต่ปีแรกของการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

1) เกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา สามารถนำต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ไปใช้ในงานการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกควรใช้ 1.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม.ควรต้องมีการทดสอบตลาดก่อนว่าผู้ซื้อต้องการขนาดผงชาขนาดใด เพราะเป้าหมายของการนำผงชาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันมักมีความต้องการขนาดผงชาที่ต่างกัน

2) เกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชาฝรั่ง สามารถนำเครื่องอบแห้งชาฝรั่ง 2 แบบ ไปใช้ในงานการแปรรูปชาฝรั่งได้ การเลือกควรใช้เครื่องอบแห้งชาฝรั่ง แบบใดนั้น ควรพิจารณาว่าหากใช้อบแห้งชาฝรั่งเท่านั้นควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบถังครึ่งวงกลม แต่หากต้องการใช้งานได้หลากหลายในการอบแห้งก็ควรเลือกเครื่องอบแห้งชาฝรั่งแบบตู้สี่เหลี่ยม ซึ่งการเลือกใช้ต้องที่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา

3) ผู้ที่สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนของเทคนิคการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งชาฝรั่งที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของอัตราการการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่ได้

บรรณานุกรม

- สมพล นิลเวศน์, ฉัตรตันทภา ช่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒน์เกียรติ, นงคราญ โชติอ้อมอุดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์, 2558 เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สัมพันธ์ ไชยเทพและสามารถ วาวิขจรเกียรติ, 2547 การวิเคราะห์การกระจายของอุณหภูมิและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วใบชาแบบต่อเนื่อง การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 , 18-20 ตุลาคม 2547 จ.ขอนแก่น (5 หน้า)
- วริทธิ์ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า
- สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, อีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชย์ 2550 การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา <http://www.teainstitutemfu.com/document/TR8.pdf> (11 ก.ย. 2557)
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2552 ชา แหล่งที่มา <http://www.boc.dip.go.th/download/report3.pdf> (14 พ.ค. 2558)

ผนวก ก

คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 1

ในการออกแบบสร้างเครื่องตัดขึ้นรูปขาฝรั่งสำหรับแปรรูปขาฝรั่งใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่ม เพลาส่งกำลัง และโซโรลเลอร์ ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และสมการที่ใช้ในการคำนวณ ได้จากตำรา การออกแบบเครื่องจักรกล 2 (วรวิทย์ และชาญ 2556)

เลือกใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อยสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป เลือกใช้ล้อยสายพานล้อยเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 102 มม (4 นิ้ว) และล้อยสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 203 มม (8 นิ้ว)

$$\text{อัตราทด } m_w = D_p / d_p = n_1 / n_2 = 203 / 102 = 1.99$$

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อยสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(102 + 203) = 610 \text{ มม}$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(102 + 203) = 213.5 \text{ มม}$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 500$ มม

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p - d_p) + (D_p - d_p)^2 / 4C$$

$$L_p = 2(500) + 1.57(203 - 102) + (203 - 102)^2 / 4(500) = 1525.36 \text{ มม}$$

เลือกใช้สายพาน 1526 มม

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง เพื่อหาค่าแก้ไขส่วนโค้ง

$$C \approx p + (p^2 - q)^{1/2}$$

$$p \approx 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p)$$

$$p \approx 0.25(1526) - 0.393(203 + 102) = 261.64$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 0.125(203 - 102)^2 = 1275.13$$

แทนค่ากลับหาค่า $C = 520.83$ มม

$$\text{หาค่า } (D_p - d_p) / C = (203 - 102) / 520.83 = 0.19$$

จากตาราง 10.21 ได้ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง $N_a = 0.97$

จากตาราง 10.25 เลือกค่า $L_p = 1642$ มม ได้ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน $N_l = 0.91$

สำหรับล้อยสายพาน 102 มม อัตราทด 1.99 และ $n_1 = 1450$ rpm (เทียบเคียงจากล้อยสายพาน A)

ได้ $P_R = 1.75$ การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ่มที่ใช้ เลือก $N_s = 1.3$ จากตาราง 10.20

$$Z = \frac{w_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l} \quad (1)$$

$$Z = 1.5 \times 1.3 / 1.75 \times 0.97 \times 0.91 = 1.25 \text{ เส้น}$$

เลือกใช้สายพานลิ่ม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

คำนวณหาค่ามุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(D_p - d_p / 2C)$$

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(203 - 102 / 2 \times 520.83) = 168.87 \text{ องศา}$$

คำนวณความเร็วของสายพาน $v = \pi d_p n$

$$v = \pi \times 102 \times 1450 / 1000 \times 60 = 7.74 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง $F = W_p / v$

$$F = 1.5 \times 1000 / 7.74 = 193.80 \text{ นิวตัน}$$

$k_1 = 2$ (ตาราง 10.18 ตัวประกอบการใช้งาน ในกรณี งานหนัก แรงกระตุก)

$k_2 = 0.385$ (ตาราง 10.19 ตัวประกอบหน้าตัดสายพาน B)

แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

$$F_i = (k_1 F + k_2 v^2) \sin \infty / 2 \quad (2)$$

$$F_i = (2 \times 193.80 + 2 \times 0.385 \times 59.91) \times 0.9953 = 433.73 \text{ นิวตัน}$$

คำนวณหาขนาดโซ่ มีจำนวนฟันของพินเนียน (Z) มี 13 ฟัน เพลาขับ (n_1) 729 รอบ/นาที มีอัตราทดเท่ากับ (n_w) 1.99 ต้นกำลังในการขับ 1.5 กิโลวัตต์

จากตาราง 11.5 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำ เลือกแรงกระทำกระตุกปานกลาง $N_s = 1.79$

กำลังที่ใช้เลือกขนาดโซ่

$$P = W_p \times N_s = 1.5 \times 1000 \times 1.79 = 2685 \text{ วัตต์}$$

จากตาราง 11.18 เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 12.70 มิลลิเมตร

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

หาค่าความเร็วของโซ่

$$v = pZn / 60 = 0.0127 \times 13 \times 729 / 60 = 2.01 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงในแนวสัมผัส

$$F_t = W_p / v = 1500 / 2.01 = 746.27 \text{ นิวตัน}$$

แรงย่อยในแนวของข้อโซ่ $w/g = 0.61$ กิโลกรัม/เมตร จากตาราง 11.1(ข)

$$F_{ct} = wv^2 / g = 0.61 \times 2.01^2 = 2.47 \text{ นิวตัน}$$

แรงดึงในโซ่

$$F = F_t + F_{ct} = 746.27 + 2.47 = 748.74 \text{ นิวตัน}$$

ค่าความปลอดภัยในการใช้โซ่ ($F_b = 13.83$ กิโลนิวตัน จากตารางที่ 11.1)

$$N_b = F_b / F = 13.83 / 0.749 = 18.47$$

ดังนั้น โซ่ที่ใช้ส่งกำลังมีค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยที่แนะนำไว้ในทางทฤษฎี คือ 7-15 เมื่อเทียบกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 40

คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาสี้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.906 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาส่งกำลัง (σ_{yt}) 240 เมกะนิวตัน/ตารางเมตร

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วิธีธีและชาญ, 2556)

$$P = 2\pi nT / 60 \quad (3)$$

$$\text{โมเมนต์บิดของมอเตอร์ } T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$$

แรงจุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

$$F = T/r = 9.88 / (0.203/2) = 97.34 \text{ นิวตัน}$$

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่แรงจุดของมอเตอร์กระทำต่อเพลลา (M_{max}) ส่งผลให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤติที่ผิวนอกสุดของเพลลา

$$M_{max} = FL = 97.34 \times 0.120 = 11.68 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$$

หาค่าความปลอดภัยของเพลลา (N) ได้จากสมการข้างล่าง

$$\sigma_{yt}/N = 16 (4M^2 + 3T^2)^{1/2} / \pi d^3 \quad (4)$$

$$N = 240 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.038^3 / 16 (4 \times 11.68^2 + 3 \times 9.88^2)^{1/2} = 89.25$$

เพลลาที่เลือกใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่มอเตอร์ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิ้มส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลลาเกลียวอัด ใช้สมการแสดงไว้ข้างล่างนี้

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (5)$$

โมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$

แรงจุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลางพิตเฟืองโซ่ตัวขับ 75 มม.)

$$F = \frac{T}{r} = 9.88 / (0.075/2) = 263.47 \text{ นิวตัน}$$

โมเมนต์บิดสูงสุดที่มอเตอร์กระทำต่อเพลลาเกลียวอัด (T_{max}) ส่งผลให้เกิดแรงอัดส่งที่เกลียวสามารถอัดส่งวัสดุ (W) เมื่อ $f_s = 0.15-0.25$ (จากตาราง 11.4) ในกรณี วัสดุเป็นเหล็ก และเส้นผ่านศูนย์กลางพิตเฟืองโซ่ตัวตาม 178 มม.

$$T_{max} = FR = 263.47 \times (0.178/2) = 23.45 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$$

เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเกลียว 0.050 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.120 เมตร คำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลียว 0.085 เมตร เกลียวมีระยะพิต 0.055 เมตร หาค่ามุมเอียงของเกลียวได้ 11.64 องศา

$$T_{max} = \frac{wd_m}{2} \left[\frac{f_s - \tan \alpha}{1 - f_s \tan \alpha} \right] \quad (6)$$

$$W = 2 \times 23.45 \times (1 - 0.2 \tan 11.64) / 0.085 (0.2 - \tan 11.64) = 88049.8 \text{ นิวตัน}$$

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวสามารถอัดส่งวัสดุเป็นแรงกระทำต่อเพลลาในแนวแกน (แรงกระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด) จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลาเกลียว เพลลา มีเส้นผ่านศูนย์กลางเสา 0.038 เมตร มีความยาว 0.500 เมตร ในกรณีการยึดปลายเป็นแบบ ยึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) วัสดุเหล็กเพลลาขามีค่ายังโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล

$$\text{ตรวจสอบค่าความเพริยของเสา คือ } \frac{L_e}{k} = \left[\frac{2E\pi^2}{\sigma_y} \right]^{1/2}$$

$$\frac{L_e}{k} = \left[\frac{2 \times 207 \times 10^9 \times \pi^2}{240 \times 10^6} \right]^{1/2} = 130.41 \text{ มีค่ามากกว่า } 110 \text{ เป็นกรณีเสายาว}$$

$$\text{ใช้ความปลอดภัยใช้สูตรคำนวณสำหรับสกรูยาวของออยเลอร์ คือ } N = \frac{\pi^2 EI}{WL_e^2}$$

ในกรณีหน้าตัดเป็นเสากลมมีค่าความเฉื่อยรอบแกน คือ $I = \frac{\pi d^4}{64}$

$$N = \frac{\pi^3 \times 207 \times 10^9 \times 0.038^4}{64 \times 88049.8 \times (2 \times 0.500)^2} = 2.38$$

เกลียวอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่ง

ผนวก ข

คำนวณค่าทางตัวเลข การทดลองที่ 2

เมื่อพิจารณาในส่วนของกระบวนการอบแห้ง คือ ความต้องการระเหยน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ซึ่งมีเงื่อนไขเบื้องต้น

ชาฝรั่ง 20 kg

ความชื้นเริ่มต้น 70 % wb

ความชื้นสุดท้าย 13 % wb

$$W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

เมื่อ W_f คือ น้ำหนักชาหลังอบแห้ง, kg
 W_i คือ น้ำหนักชาก่อนการอบแห้ง, kg
 M_f คือ ความชื้นชาหลังการอบแห้ง, % wb
 M_i คือ ความชื้นชาก่อนการอบแห้ง, % wb

แทนค่า $W_f = 20 \frac{(100 - 70)}{(100 - 13)} = 6.9 \text{ kg}$

ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย = 20 - 6.9 = 13.1 kg

สมบัติอากาศจากแผนภูมิไซโครเมตริก

อุณหภูมิที่ต้องใช้ออบแห้ง 90 °C

อุณหภูมิแวดล้อม 24 °C

ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3 hr

อากาศ อุณหภูมิ 25 °C มีความชื้นสัมพัทธ์ 75% ผ่านกระบวนการทำร้อนจนอุณหภูมิ 90 °C

มีอัตราส่วนความชื้น 0.014 kg-H₂O/kg-dry air

เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งอุณหภูมิเหลือ 78 °C

มีอัตราส่วนความชื้น 0.018 kg-H₂O/kg-dry air

ปริมาณน้ำที่สามารถดึงออกมาได้ต่ออากาศแห้ง 1 kg คือ 0.018 - 0.014 = 0.004 kg/kg-dry air

ปริมาณน้ำ 13.1 kg จะต้องใช้ปริมาณอากาศแห้ง = 13.1 / 0.004 = 3275 kg-dry air

อากาศอุณหภูมิ 80 °C มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.9994 kg/m³

ดังนั้นปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้ = 1857.5 / 0.9994 = 1858.61 m³

เวลาที่ใช้อบแห้ง 3 ชั่วโมง ต้องใช้ปริมาณอากาศ = 1858.61 m³/h

หรือ = 1858.61 m³ / 3 × 3600 s

= 0.17 m³/s

เมื่อพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง(η_{th}) คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในชา(Q_d)หารด้วยปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง(Q_f) โดยประมาณค่า $h_{fg} = 2283.2 \text{ KJ/Kg}$ จากตารางสมบัติเทอร์โมไดนามิกส์ของไอน้ำ อุณหภูมิ 90 °C และค่าความร้อนของ LPG = 50220 KJ/Kg (ค่าพลังความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ แหล่งที่มา www.thaigasifier.com, 27 มค 2563)

$$\eta_{th} = \frac{Q_d}{Q_f} \quad (2)$$

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ} = 13.1 \times 2283.2 = 29909.92 \text{ KJ}$$

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง} = 2.2 \times 50220 = 110484 \text{ KJ (เครื่องอบแห้งแบบสเปลิยม)}$$

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง} = 2.6 \times 50220 = 130572 \text{ KJ (เครื่องอบแห้งแบบครึ่งวงกลม)}$$

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง} = (29909.92/110484) \times 100 = 27.1$$

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง} = (29909.92/130572) \times 100 = 22.9$$

η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง

Q_d ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำในซา

Q_f ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง