



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ
Research and Development Forming Machine
for Green Tea

เกรียงศักดิ์ น้กผูก
KIANGSAK NUKPOOK

ปี พ.ศ. 2564



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ
Research and Development Forming Machine
for Green Tea

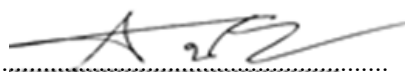
เกรียงศักดิ์ น้กผูก
KIANGSAK NUKPOOK

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

ประเทศไทยมีการส่งออกข้าว แต่ก็มีมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ข้าวจากรัฐจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากข้าวที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวแต่ละชนิด และปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปข้าวทุกชนิดมีราคาแพง และนำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูง เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาข้าวให้ดีขึ้นได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปข้าวแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวเยียวอบไอน้ำ เพื่อให้เป็นเครื่องต้นแบบที่ผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปข้าวของประเทศไทยให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ข้าวของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเมื่อนำไปขยายผลให้เกษตรกรและผู้ประกอบการแปรรูปข้าวเยียวอบไอน้ำจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ข้าวไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต



(นายเกรียงศักดิ์ นักร้อง)

หัวหน้าโครงการ

วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวเยียวอบไอน้ำ

สารบัญ

คำปรารภ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ค
บทนำ	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	3
การทดลองที่ 1 วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง	4
การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์	15
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	17
บรรณานุกรม	18
ภาคผนวก ก คำนวณค่าทางตัวเลข	19

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ และขอขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการอันประกอบด้วย นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม นายสุภาวิชิต เสี่ยมพงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการทั้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมและสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนได้ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำนี้

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายเกรียงศักดิ์ นักผูก วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ผู้ร่วมงาน

นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายอภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์ นายช่างเครื่องกลปฏิบัติงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายอนันต์ ปัญญาเพิ่ม นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

นายสมพล นิลเวศน์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ (ข้าราชการเกษียณ)

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

1 สัญลักษณ์และคำย่อวิศวกรรม

P	=	กำลัง(กิโลวัตต์)
ω	=	ความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที
n	=	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
W_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง(กิโลวัตต์)
N_s	=	ตัวประกอบการใช้งาน
W	=	กำลังมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง (กิโลวัตต์)
F	=	แรงดึงไนโซ่ (นิวตัน)
F_b	=	แรงแตกหักน้อยสุดของโซ่ (นิวตัน)
N_b	=	ค่าความปลอดภัยในการใช้โซ่

2 สัญลักษณ์และคำย่อเศรษฐศาสตร์

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

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 129,566 ไร่ พันธุ์ชาที่ปลูก คือ พันธุ์ชาอัสสัม 87% และชาจีน 13% จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทย ในปี 2562 มีการส่งออกในรูปชาแห้ง 3,314 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 3,631 ตัน มีมูลค่าประมาณ 591 และ 300 ล้านบาท และมีการนำเข้าในรูปชาแห้ง 14,335 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 194 ตัน มีมูลค่าประมาณ 691 และ 89 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2563) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มี การนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาด ขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้ พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่น เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชา พันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคา ประมาณ 70-80 บาท/กก. ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้ แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกล ที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น การวิจัย พัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบหรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้ เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และการวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบให้มีราคาถูกลง สามารถผลิต เครื่องมือแปรรูปในประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถซื้อเครื่องมือแปรรูปไปดำเนินการ แปรรูปเองได้นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำนั้นเป็นกระบวนการ ผลิตที่นิยมกันในประเทศญี่ปุ่น กระบวนการผลิตนี้ มีการผลิตในประเทศไทยน้อยมาก เนื่องจากขาด เครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือต้นแบบจากงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรแล้ว คือ เครื่องอบไอน้ำชาเขียวกับชุดหม้อต้มน้ำ (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) เครื่องนวดทรงกระบอก สำหรับชาเขียว (เกรียงศักดิ์และคณะ 2559) และเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนกับ เครื่องอบแห้งชาเขียว (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) ยังขาดเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ การวิจัยนี้ จึงได้ดำเนินการ วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการ แปรรูปชาและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทย ออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รู้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี โดยสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกกรีด และ 4. ชุดต้นกำลังกับระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบและพัฒนาหาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ ความชื้นที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกกรีดทำให้ลูกกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที สามารถใช้ขึ้นรูปชาครั้งละ 2 กก ความชื้นของชาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 27.89-30.35% ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 11.82% มีลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำเป็นเส้นเล็กๆอมสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย สีนํ้าชาเขียวอมเหลือง มีรสฝาดชุ่มคอตามด้วยรสหวานอ่อนๆ และคิดเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873 กก ต้องใช้ระยะเวลาการคืนทุน 2.91 ปี

คำสำคัญ(Keywords): ชาเขียวอบไอน้ำ ขึ้นรูปชาเขียว เครื่องขึ้นรูปชาเขียว

Abstract

The objective of research and development forming machine for green tea was obtained good characteristics of steaming green tea products by building a green tea steam forming machine. The component of cutting machine consists of 4 parts: 1) Base structure 2) Rolling drum 3) Rolling shaft and 4) power unit and transmission system. This experiment was operated by testing and development for the speed of the cam, capacity of steam green roll forming machine, suitable humidity and economic analysis. The result found that the optimum speed of the cam was 25 rpm that sending the power to the rocker arm to the crankcase and the roller shaft, causing the rolling ball to be centrifuged back and forth 25 times/min. forming tea 2 kg. The optimum moisture content of tea was of 27.89-30.35% forming time was 30 minutes that after drying the moisture content of tea was 11.82%. The steamed green tea characteristics was thin, bent, mixed with light green strands in the powder. The color of tea was yellow green. It had a tart flavor followed by a mild sweet flavor. The machine price is 85,000 baht, with a break-even point in processing 873 kg of steamed green tea, requiring a payback period of 2.91 years.

Keywords : steaming green tea, tea forming machine

วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ
Research and Development Forming Machine for Green Tea

เกรียงศักดิ์ นักผูก สถิตย์พงศ์ รัตนคำ อภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม และสมพล นิลเวศน์
Kiangsak Nukpook , Satitpong Rattanakam , Apiwat Panyawong , Anun Punyaperm
and Sompol Nillavesana

คำสำคัญ(Keywords): ชาเขียวอบไอน้ำ ขึ้นรูปชาเขียว เครื่องขึ้นรูปชาเขียว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี โดยสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ 4. ชุดต้นกำลังกับระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบและพัฒนาหาความเร็วรอบของลูกเบี้ยวความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ ความชื้นที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที สามารถใช้ขึ้นรูปชาครั้งละ 2 กก ความชื้นของชาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 27.89-30.35% ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 11.82% มีลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำเป็นเส้นเล็กๆอมสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย สีนํ้าชาเขียวอมเหลือง มีรสฝาดชุ่มคอตามด้วยรสหวานอ่อนๆ และคิดเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873 กก ต้องใช้ระยะเวลาการคืนทุน 2.91 ปี

Abstract

The objective of research and development forming machine for green tea was obtained good characteristics of steaming green tea products by building a green tea steam forming machine. The component of cutting machine consists of 4 parts: 1) Base structure 2) Rolling drum 3) Rolling shaft and 4) power unit and transmission system. This experiment was operated by testing and development for the speed of the cam, capacity of steam green roll forming machine, suitable humidity and economic analysis. The result found that the optimum speed of the cam was 25 rpm that sending the power to the rocker arm to the crankcase and the roller shaft, causing the rolling ball to be centrifuged back and forth 25 times/min. forming tea 2 kg. The optimum moisture content of tea was of 27.89-30.35% forming time was 30 minutes that after drying the moisture content of tea was 11.82%. The steamed green tea characteristics was thin, bent, mixed with light green strands in the powder. The color of tea was yellow green. It had a tart flavor followed by a mild sweet flavor. The machine price is 85,000 baht, with a break-even point in processing 873 kg of steamed green tea, requiring a payback period of 2.91 years.

Keywords : steaming green tea, tea forming machine

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 129,566 ไร่ พันธุ์ชาที่ปลูก คือ พันธุ์ชาอัสสัม 87% และชาจีน 13% จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทย ในปี 2562 มีการส่งออกในรูปชาแห้ง 3,314 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 3,631 ตัน มีมูลค่าประมาณ 591 และ 300 ล้านบาท และมีการนำเข้าในรูปชาแห้ง 14,335 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 194 ตัน มีมูลค่าประมาณ 691 และ 89 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2563) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มี การนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาด ขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้ พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่น เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชา พันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคา ประมาณ 70-80 บาท/กก. ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้ แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีขึ้นต้องมีเครื่องจักรกล ที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น การวิจัย พัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบหรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้ เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และการวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบให้มีราคาถูกลง สามารถผลิต เครื่องมือแปรรูปในประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถซื้อเครื่องมือแปรรูปไปดำเนินการ แปรรูปเองได้นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำนั้นเป็นกระบวนการ ผลิตที่นิยมกันในประเทศญี่ปุ่น กระบวนการผลิตนี้ มีการผลิตในประเทศไทยน้อยมาก เนื่องจากขาด เครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือต้นแบบจากงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรแล้ว คือ เครื่องอบไอน้ำชาเขียวกับชุดหม้อต้มน้ำ (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) เครื่องนวดทรงกระบอก สำหรับชาเขียว (เกรียงศักดิ์และคณะ 2559) และเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนกับ เครื่องอบแห้งชาเขียว (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) ยังขาดเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ การวิจัยนี้ จึงได้ดำเนินการ วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการ แปรรูปชาและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทย ออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
4. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม, ขนาด 7 กก. และขนาด 50 กก.
5. เครื่องจักรที่ต้องใช้ในการแปรรูป มี เครื่องอบไอน้ำชาเขียวพร้อมชุดหม้อต้ม เครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน เครื่องนวดทรงกระบอก ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และเครื่องอบแห้งชาเขียว

วิธีการดำเนินการ

1) ตรวจสอบเอกสารข้อมูลกระบวนการแปรรูปและเครื่องมือที่ใช้แปรรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันและศึกษาการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำของต่างประเทศ ทำการวิเคราะห์หลักการทำงาน หาข้อมูลการออกแบบเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ส่งกำลังจากมอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบวง ส่งกำลังผ่านแกนตัวกลางเคลื่อนที่แบบเลื่อนส่งผ่านกำลังไปแกนถัดไปให้เป็นการเคลื่อนที่เหวี่ยงกลับไปมา มีแนวคิดขึ้นรูปชาในถังรูปครึ่งวงกลม โดยใช้ชุดเพลลาหมุนเหวี่ยงลูกรีดให้เวียนหมุนไป-กลับ อยู่ภายในถังทรงครึ่งวงกลม ผิวของลูกรีดจะกดและรีดให้ชาเป็นเส้นเล็กๆ

2) ออกแบบและวิเคราะห์ภาระโหลดที่เกิดขึ้น ในชิ้นส่วนต่างๆของแกนกลไกขึ้นต่อโยงส่งถ่ายการเคลื่อนที่แบบหมุนเหวี่ยงไปขับเคลื่อนชุดเพลลาลูกรีดกดขึ้นชาเขียวภายในภาชนะถังรีดทรงโค้งเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาวิเคราะห์ในทางวิศวกรรม คือ ภาระที่เกิดขึ้นทั้งแรงในแนวแกนและภาระการดัด สภาพการกระทำของโหลดแต่ละตัวที่เกิดขึ้นมีผลก่อให้เกิดการกระจายภาระความเค้นและความเสียหายอย่างไร โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์

3) สร้างต้นแบบเครื่องมือขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำและทดสอบเบื้องต้น โดยพิจารณาถึงความสำคัญในส่วนของชุดเพลลาลูกรีดและลักษณะของถังรีด เก็บข้อมูลสภาพการทำงานของชิ้นส่วนต่างในภาพรวม นำข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ทำการสังเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นทำการปรับปรุงโดยออกแบบและสร้างชิ้นส่วนใหม่หรือแก้ไขชิ้นส่วนตัวเดิมให้ดีขึ้นจากผลการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นจึงทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเบี้ยว โดยการปรับระดับความถี่ของกระแสไฟฟ้าของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อทดสอบสภาพการทำงานที่ความเร็วรอบ 15,20,25,30 และ 35 รอบ/นาที จากนั้นทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งระบบ พร้อมทั้งแก้ไขปรับปรุงจนได้เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำสมบูรณ์

4) ทดสอบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ (ภาพที่ 1) ทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปครึ่งละ 2 กิโลกรัม เก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างชาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแปรรูปออกมาจำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจำนวน 20 ตัวอย่าง เพื่อเก็บข้อมูลระดับความชื้นในแต่ละขั้นตอนในการแปรรูปและหาความชื้นที่เหมาะสมของชาสำหรับการขึ้นรูปโดยพินิจด้วยสายตาคุณลักษณะทางกายภาพของขึ้นชาเขียวอบไอน้ำ

5) เก็บข้อมูลการทดสอบและการใช้งานในระยะยาว เพื่อหาปัญหาการใช้งานในระยะยาวและทำการแก้ไขจนได้เครื่องต้นแบบที่สมบูรณ์ วิเคราะห์ผลการทดสอบตลอดทั้งการทดลอง ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในส่วนของความคุ้มค่าในการผลิตขาเหยวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัยสิ้นสุด

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปรายผล

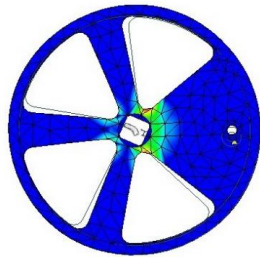
ปัจจุบันชาในประเทศไทย พบว่า สายพันธุ์ชาที่ปลูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พันธุ์ชาอัสสัม และพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่า ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัม 84.4% จำนวน 98,544 ไร่ ราคาขายใบ ชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดเฉลี่ย 12 และ 50 บาท ต่อกิโลกรัม ผลิตใบชาสดของประเทศไทยทั้งสิ้น 81,074 ตัน ซึ่งใบชาสด 77% นำมาผลิตเป็นใบชาแห้ง และ 23% นำไปผลิตเป็นเมี่ยง ในการผลิตชาแห้ง ใช้ชาอัสสัมคิดเป็น 96% ที่เหลือเป็นชาจีน ส่วนการผลิตเมี่ยงใช้เฉพาะชาอัสสัม ชาแห้งที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (สายลม และคณะ 2550) สมพล และคณะ 2558 ได้ทดสอบการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีขั้นตอนในการผลิต คือ เริ่มจากการเก็บยอดชานำมาอบไอน้ำ 100 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 60-90 วินาที นำไปนวดและอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที นำไปนวดต่อที่อุณหภูมิห้อง 25 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที นำไปนวดอบไอน้ำอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 40 นาที และอบแห้ง จากนั้นจึงทำการคัดแยกและบรรจุหีบห่อ สำหรับงานวิจัยนี้มีกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำเพิ่มขึ้นหนึ่งขั้นตอน คือ นำยอดชาสดเข้าเครื่องอบไอน้ำชาเขียวต่อด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนต่อด้วยการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกแล้วนำกลับไปนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนอีกครั้ง จากนั้นนำเข้าเครื่องขึ้นรูปและต่อด้วยเข้าเครื่องอบแห้ง เมื่อแห้งแล้วก็ได้ชาเขียวอบไอน้ำ (รูปที่ 1)



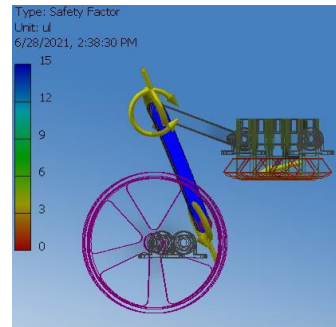
ภาพที่ 1 เครื่องจักรกลในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ

เมื่อดำเนินการออกแบบชิ้นส่วนหลักเสร็จแล้ว จากนั้นวิเคราะห์โดยการจำลองสภาพภาระที่เกิดขึ้นบนชิ้นส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ มีภาระที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ คำนวณโมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88$ นิวตัน • เมตร และแรงงัดที่เกิดขึ้นจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่ลูกเบี้ยว $F = T/r = 9.88 / (0.200) = 49.4$ นิวตัน ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ดูการกระจายความเค้นและในส่วนของคุณค่าความปลอดภัยในการออกแบบ พบว่า ชิ้นส่วนทั้งหมดที่ออกแบบไว้ไม่เกิดความเสียหาย ในที่นี้ได้มีการแสดงสภาพการกระจายความเค้นบนชิ้นส่วนลูกเบี้ยว (ภาพที่ 2ก) และแสดงภาระที่เกิดขึ้นบนแขนโยกพร้อมค่าความปลอดภัย (ภาพที่ 2ข) โดยแสดงเป็นเฉดสีที่แตกต่างกันพร้อมทั้งมีจำนวนตัวเลขกำกับ ชิ้นส่วนอื่นให้ผลในการทำงานเดียวกัน

Nodes:5738
Elements:2688
Type: Von Mises Stress
Unit: MPa



ก



ข

ภาพที่ 2 ก การกระจายความเค้นบนลูกเบี้ยว ข แสดงค่าความปลอดภัยของแขนโยก

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในเบื้องต้นหลังจากได้ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เสร็จแล้ว ในขั้นตอนแรกได้ดำเนินการทดสอบคุณภาพการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่เชื่อมโยงเคลื่อนไหวต่อเนื่องกัน โดยการออกแรงหมุนที่ลูกเบี้ยว เพื่อดูการบิดหรือการขัดตัวของชิ้นส่วนต่างๆ และปรับแต่งระยะแขนเหวี่ยงให้มีการทำงานที่สอดคล้องกันกับแขนโยก (ภาพที่ 3 ก,ข,ค) รวมทั้งพิจารณาการเคลื่อนที่เหวี่ยงไปกลับของเพลากับชุดลูกรีดได้ดีแล้ว จากนั้นได้ทำการทดสอบในการรีดขึ้นรูปชาเขียวในเบื้องต้น พบว่า ชุดไบริดจะกวาดใบชาขึ้นลงได้ และใบชาที่ตกลงไปใต้ไบริดจะถูกรีดฉีกขาดหรือถูกบดเป็นผง เนื่องจากความเรียบมันของผิวมีน้อยทำให้เกิดเสียดสีเป็นจุด ไม่สมดุลทั้งชิ้นวัสดุ ทำให้เกิดการฉีกขาดและติดกับผนังของไบริดและถังรีด จึงได้ทำการปรับปรุงออกแบบชุดเพลารวมลูกรีดและถังรีดใหม่ โดยทำให้ลูกรีดมีความยาวมากขึ้น ผิวหน้าลูกรีดให้มีลักษณะตามรัศมีมีความยาวเท่ากับของลูกรีด จำนวน 7 เส้น และผิวของถังรีดก็ให้มีผิวยกนูนด้วย หลังทำการปรับปรุง พบว่า เครื่องสามารถรีดเป็นเส้นเล็กม้วนมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากในกลุ่มเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำต้องแปรรูปเป็นชาเขียวอบไอน้ำแบบญี่ปุ่นลักษณะที่ต้องการคือรีดม้วนเป็นเส้นเล็ก (ภาพที่ 3 ง,จ)



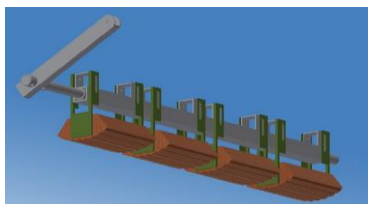
ก



ข



ค



ง



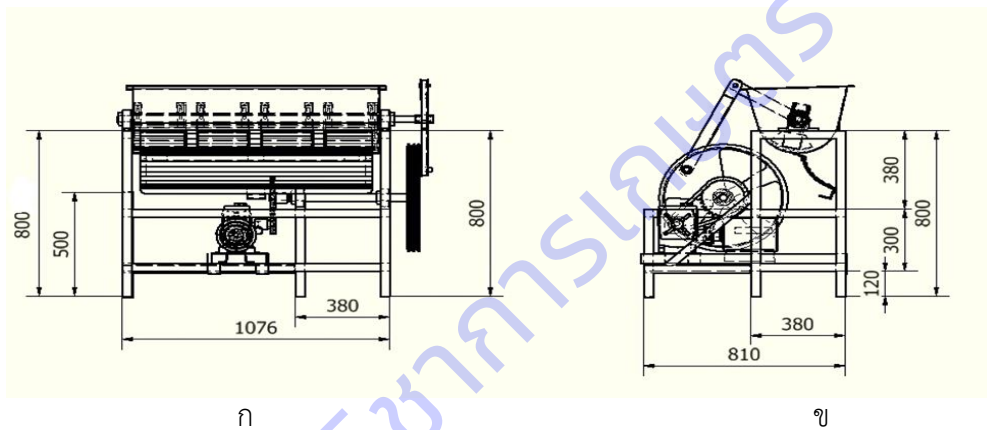
จ

ภาพที่ 3 ก.ชุดเพลาลูกและลูกรีด ข.ด้านข้างเครื่องขึ้นชาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ค. ด้านหลังเครื่องขึ้นชาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ง โครงสร้างเพลาลูกและลูกรีด จ ถังและเพลาลูกที่สร้างตามแบบใหม่

ผลทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเบี้ยว พบว่า สภาพการทำงานของเครื่องมีความราบเรียบสม่ำเสมอดีมากแล้วในเบื้องต้นนี้ ความเร็วที่เหมาะสมกับการทำงานอยู่ที่ 25 รอบต่อนาที ผู้ใช้งานเครื่องมีความมั่นใจรู้สึกปลอดภัยสามารถทำงานกับเครื่องได้สะดวกทำการเกลี่ยชาในถังรีดให้ตกลงไปได้ลูกรีดสม่ำเสมอ

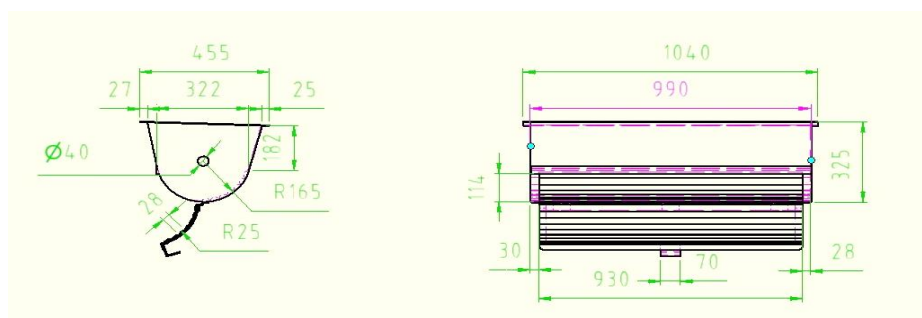
ผลจากการออกแบบและทำการสอบพัฒนา จึงได้ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ ซึ่งมีชิ้นส่วนหลักที่สำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน โครงสร้างส่วนฐาน ถังรีด ชุดเพลารีด และระบบส่งกำลัง มีต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ โครงสร้างส่วนต่างๆ มีรายละเอียด คือ

1. โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กกล่องขนาด $38 \times 38 \times 1.6$ มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 1074 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร และด้านข้างมีความยาว 380 มิลลิเมตร ด้านหลังมีโครงสร้างต่อยาวออกไป สำหรับยึดเพลาลูกเบี้ยว เมื่อมองด้านข้างจึงมีความกว้าง 810 มิลลิเมตร มีความสูง 420 มิลลิเมตร และด้านหลังต่อกับโครงสร้างเพลาลูกเบี้ยวมีส่วนของโครงสร้างส่วนที่ยึดฐานของมอเตอร์และชุดเกียร์ทด สูงจากระดับพื้นขึ้นมา 120 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง 428 มิลลิเมตร ยาว 734 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4 ก, ข)



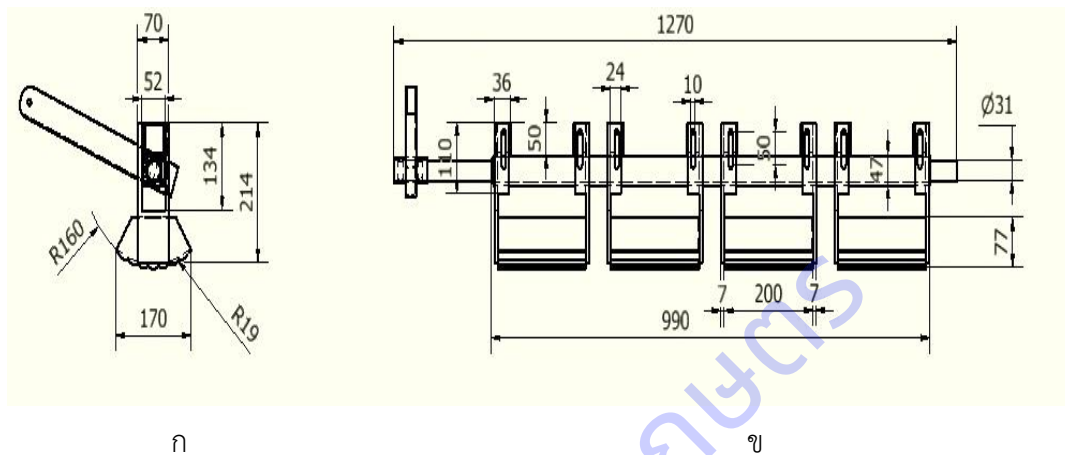
ภาพที่ 4 ก ภาพฉายด้านหน้า ข ภาพฉายด้านข้าง

2. ถังรีดทำจากแผ่นสแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร ส่วนล่างของถังมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมรัศมีภายนอก 165 มิลลิเมตร ต่อส่วนโค้งบานออกสูงขึ้นไป 182 มิลลิเมตร ปากถังด้านบนมีลักษณะรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 405 มิลลิเมตร และยาว 990 มิลลิเมตร ตลอดแนวขอบทั้งสี่ด้านยึดแน่นกับสแตนเลสฉากขนาด $25 \times 25 \times 3$ มิลลิเมตร ส่วนล่างที่เป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลมของถังทำให้มีลักษณะผิวหยาบ คือทำให้เป็นผิวขนด้วยแผ่นสแตนเลสเส้นมีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 990 มิลลิเมตร และส่วนฝาเปิดก็ทำให้ผิวหยาบมีลักษณะผิวขนเหมือนกัน (ภาพที่ 5 ก, ข)



ภาพที่ 5 ถังรีด

3.ชุดเพลาลูกกรีดทำจากเพลาสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 1270 มิลลิเมตร บนเพลานี้มีปลอกเพลาทำจากสแตนเลสหน้าตัดสี่เหลี่ยมขอบนอกมีขนาดขนาด 50 x 50 x 3 มิลลิเมตร ยาว 985 มิลลิเมตร บนปลอกเพลานี้ทำที่ยึดแกนลูกกรีดสำหรับติดตั้งลูกกรีดลงบน ปลอกเพลานี้มี 4 ลูก ลูกกรีดมีผิวรัศมีโค้ง 160 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร กว้าง 170 มิลลิเมตร ผิวหน้าลูกกรีดทำให้มีลักษณะผิวหยาบเป็นยักนูน โดยติดสแตนเลสเส้น มีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ตามแนวรัศมีส่วนโค้ง ด้านนอกของลูกกรีด จำนวน 7 เส้น ทำให้มีผิวยักนูนตลอดแนวส่วนโค้งของลูกกรีด (ภาพที่ 6)



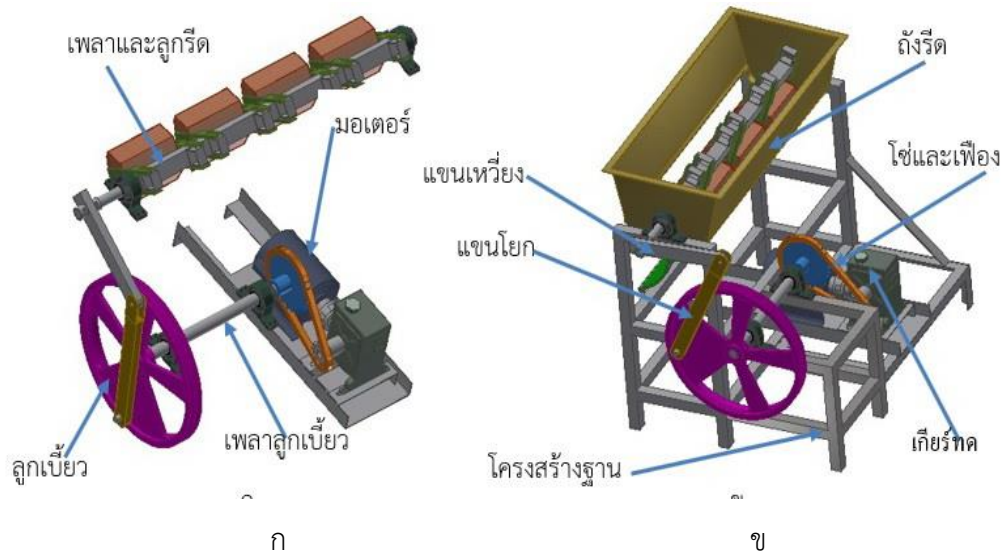
ก

ข

ภาพที่ 6 ก ด้านหน้าชุดเพลาลูกกรีด ข ด้านข้างชุดเพลาลูกกรีด

4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที เกียร์ทด 40:1 ชุดโซ่และเฟืองใช้แบบโรลเลอร์ชั้นเดียวเบอร์ 60 ใช้เฟืองโซ่ตัวขับ 15 ฟัน ติดตั้งที่เพลากีร์ทด ตัวตาม 23 ฟัน ติดที่เพลาลูกเบี้ยว เพลาลูกเบี้ยวทำจากเหล็กเพลานิว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านเป็นที่ติดตั้งลูกเบี้ยวทำจากล้อสายพานเหล็กหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 517 มิลลิเมตร. ร่องปีสองร่อง ลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกทำจากสแตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x 3 มิลลิเมตร ยาว 510 มิลลิเมตร และต่อไปยังแขนเหวี่ยงทำจากสแตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x 3 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับชุดเพลาลูกกรีดทำให้แขนเหวี่ยงและลูกกรีดเหวี่ยงไปกลับ 25 ครั้ง/นาที (ภาพที่ 7 ก)

หลักการการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปซาเซียวอบไอน้ำ คือ เปิดสวิทช์มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านคลັบลิงไปที่เกียร์ทด ความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด 36 รอบ/นาที เกียร์ทดส่งกำลังผ่านชุดโซ่และเฟืองไปที่เพลาลูกเบี้ยว ทำให้เพลาลูกเบี้ยวและลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยง ซึ่งลูกเบี้ยวนี้มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบเพลาส่งกำลังไปยังแขนโยกที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและโยกขึ้นและลง ที่ปลายอีกด้านของแขนโยกยึดติดกับปลายแขนเหวี่ยง ทำให้แขนเหวี่ยงมีการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยงขึ้นลง ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับเพลาลูกกรีดที่มีชุดลูกกรีดติดอยู่ทำให้ลูกกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที ผิวลูกกรีดจะกดจารีตกลับผนังด้านในของถังรีด



ภาพที่ 7 โครงสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

ผลจากการทดสอบและเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนในการแปรรูปชาเขียว เริ่มจากสุ่มตัวอย่างจากยอดชาสดที่เก็บจากแปลงปลูกก่อนการอบไอน้ำด้วยเครื่องอบไอน้ำ (ภาพที่ 8ก) ยอดชาอบไอน้ำที่ออกจากเครื่องอบไอน้ำมาต้องคลี่ออกวางกระจายบนถาดผึ่งลมให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 8ข) เพื่อให้เสด็จน้ำด้วยการผึ่งประมาณ 20 นาที สุ่มตัวอย่างจากยอดชานั้นนำยอดชาเข้าเครื่องนวดลดความชื้น 30 นาที (ภาพที่ 8ค) ต่อด้วยการนำเข้าเครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (ภาพที่ 8ง) แล้วเข้าเครื่องนวดลดความชื้นประมาณ 10-20 นาที (ภาพที่ 8จ) ทำการตรวจเช็คจากเจ้าหน้าที่ชำนาญในการแปรรูปว่ามีความเหมาะสมแล้วจึงนำยอดชาไปเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 8ฉ) และทำการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบตู้สี่เหลี่ยมประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 8ช)



ภาพที่ 8 ก ยอดชาสด ข อบไอน้ำยอดชา ค นวดลดความชื้นครั้งที่ 1 ง นวดในเครื่องนวดทรงกระบอก จ นวดลดความชื้นครั้งที่ 2 ฉ รีดขึ้นรูป ช อบแห้ง ซ ชาเขียวหลังอบแห้ง

การสุ่มตัวอย่างทำหลังเสร็จทุกขั้นตอน เพื่อหาระดับความชื้น พบว่า ยอดชาสดมีความชื้น 78.90% หลังจากอบไอน้ำแล้วผึ่งมีความชื้น 78.36% จากนั้นนำเข้าเครื่องนวดลดความชื้นครั้งแรกเสร็จมีความชื้น 60.32% ต่อด้วยการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกเสร็จมีความชื้น 55.59% นำเข้าเครื่องนวดลดความชื้นครั้งที่สองเสร็จมีความชื้น 30.35% จากนั้นนำเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปเพราะมีระดับความชื้นที่เหมาะสมแล้วหลังจากรีดขึ้นรูปแล้วชามีความชื้น 27.89% และสุดท้ายนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งเสร็จมีความชื้น 11.82% (ภาพที่ 8ข) พิจารณาลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำมีลักษณะส่วนที่เป็นผงและส่วนที่เป็นชิ้นของชาเขียวมีรูปลักษณะที่ม้วนเป็นเส้นพินิจด้วยสายตาในภาพโดยรวมมีส่วนที่เป็นเส้นเล็กงอมสีเขียวอ่อนเข้ม เมื่อชงชา 3 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ได้น้ำชาสีเขียวอมเหลือง มีรสฝาด ตามด้วยรสหวานชุ่มคอ

ตารางที่ 1 ความชื้นในยอดชาหลังจากผ่านขั้นตอนในแต่ละกระบวนการแปรรูป

กระบวนการ	ใบชาสด	อบไอน้ำ	อบไอร้อน 1	นวดทรงกระบอก	อบไอร้อน 2	การขึ้นรูป	อบแห้ง
ซ้ำ				เปอร์เซ็นต์ความชื้น			
1	79.57	78.85	65.99	60.33	29.97	28.38	11.73
2	79.43	78.42	52.65	52.97	30.77	29.45	12.33
3	76.64	77.81	55.67	52.97	26.18	24.76	11.44
4	75.90	75.90	57.58	54.45	29.97	26.77	12.59
5	79.57	79.82	55.75	52.88	32.94	30.17	11.94
6	79.61	77.69	62.45	56.46	28.38	26.60	11.29
7	78.37	79.61	62.93	55.52	30.45	27.97	11.79
8	78.18	77.08	62.45	57.31	33.78	29.07	10.94
9	80.81	79.59	62.93	55.75	30.80	28.46	12.31
10	80.88	78.86	64.78	57.28	29.29	27.29	11.87
ค่าเฉลี่ย	78.90	78.36	60.32	55.59	30.35	27.89	11.82
ค่าเบี่ยงเบน	1.64	1.25	4.52	2.39	2.07	1.59	0.51

วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลการทดสอบได้ดำเนินการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว มีสมการที่ (1)-(5) สำหรับใช้คำนวณหาต้นทุนการใช้งาน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน (Hunt, 1977).

จุดคุ้มทุน คือ จุดที่รายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน

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

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

$$Fc = D + I \quad (3)$$

$$D = (P - S) / N \quad (4)$$

$$I = [(P + S) / 2 \times (r / 100)] \quad (5)$$

1. ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fc)

1.1 ราคาเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว มี 5 เครื่อง คือ

1.1.1 เครื่องอบไอน้ำและชุดหม้อต้มน้ำ 150,000 บาท

1.1.2 เครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อน 100,000 บาท

1.1.3 เครื่องนวดทรงกระบอก 120,000 บาท

1.1.4 เครื่องขึ้นรูป 85,000 บาท

1.1.5 เครื่องอบแห้งแบบตู้สี่เหลี่ยม 85,000 บาท

รวม 540,000 บาท

1.2 มูลค่าซาก (คิด 10% ของราคาเครื่อง) 54,000 บาท

1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี

1.4 ค่าเสื่อมราคา (D) แทนค่าในสมการที่ 4

$$= (540,000 - 54,000) / 5$$

$$= 97,200 \text{ บาท/ปี}$$

1.5 ดอกเบี้ย (I) แทนค่าในสมการที่ 5 โดยคิดอัตราดอกเบี้ยคงที่ปีละ 15

เปอร์เซ็นต์

$$= [(540,000 + 54,000) / 2 \times (15 / 100)]$$

$$= 44,550 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fc) เมื่อแทนค่าดอกเบี้ยในสมการที่ 3

$$= 97,200 + 44,550$$

$$= 141,750 \text{ บาท/ปี}$$

2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน

2.1 เจ้าหน้าที่แปรรูป 4 คน ค่าจ้าง 300 บาท/คน และทำงานปีละ 50 วัน

$$= 4 \times 300 \times 50$$

$$= 60,000 \text{ บาท/ปี}$$

2.2 วัตถุดิบในการแปรรูปยอดชาจีนสดวันละ 30 กก. ราคา 40 บาท/กก.

$$= 30 \times 40 \times 50$$

$$= 60,000 \text{ บาท/ปี}$$

2.3 ค่าเชื้อเพลิง (แก๊สหุงต้ม) ถึงขนาด 15 กก. ราคา 400 บาท อัตราการใช้แก๊สหุงต้มวันละ 12

กก.

$$= (400/15) \times 12 \times 50$$

$$= 16,000 \text{ บาท/ปี}$$

2.4 ค่าไฟฟ้า (คิดราคาไฟฟ้าต่อหน่วย 3.3 บาท)

2.4.1 เครื่องอบไอน้ำและชุดหม้อต้มน้ำ 0.75 kW ทำงานวันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที
(ใบชา 10 กก. ใช้เวลา 30 นาที อบ 1 ครั้ง)

2.4.2 เครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อน 0.75 kW ทำงานวันละ 2 ชั่วโมง 30 นาที
(ใบชา 10 กก. ใช้เวลา 50 นาที นวด 2 ครั้ง)

2.4.3 เครื่องนวดทรงกระบอก 1.50 kW ทำงานวันละ 1 ชั่วโมง - นาที
(ใบชา 10 กก. ใช้เวลา 20 นาที นวด 1 ครั้ง)

2.4.4 เครื่องขึ้นรูป 1.50 kW ทำงานวันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที
(ใบชา 10 กก. ใช้เวลา 30 นาที ขึ้นรูป 1 ครั้ง)

2.4.5 เครื่องอบแห้งแบบตู้สี่เหลี่ยม 0.75 kW ทำงานวันละ 2 ชั่วโมง - นาที
(ใบชา 10 กก. ใช้เวลา 40 นาที อบ 1 ครั้ง)

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้ารวม} = (0.75 \times 1.5) + (0.75 \times 2.5) + (1.50 \times 1.0) + (1.50 \times 1.5)$$

(0.75x2.0)

$$= 7.875 \text{ หน่วย}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้ารวม} = 7.875 \times 3.3 \times 50$$

$$= 1,299.38 \text{ บาท/ปี}$$

2.5 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (คิดประมาณ 10% ของราคาเครื่อง)

$$= 540,000 \times 0.10$$

$$= 54,000 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายแปรผัน (k)

$$= 60,000 + 60,000 + 16,000 + 1,299.38 + 54,000$$

$$= 191,299.38 \text{ บาท/ปี}$$

ในกรณีที่คิดการทำงานแปรรูปชา ในหนึ่งปี 50 วัน ได้ผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำแห้งวันละ 6 กก.ในรอบหนึ่งปีคำนวณต้นทุนแปรผันได้

$$= 191,299.38/300$$

$$= 637.665 \text{ บาท/กก}$$

3. จุดคุ้มทุน

ค่าใช้จ่าย (C) แทนค่าในสมการ (1) ได้สมการที่ 6

$$= 141,750 + 637.665n$$

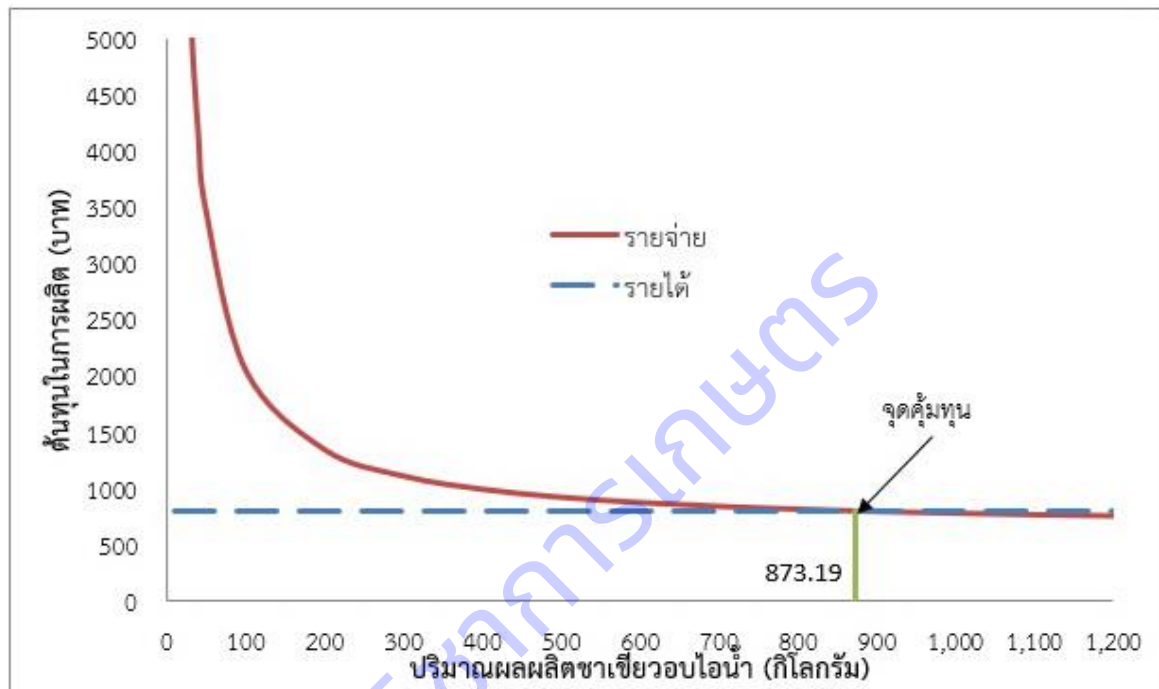
$$C = 333,049.38 + 637.665n \quad (6)$$

จากการเก็บข้อมูล พบว่า การผลิตชาเขียวอบไอน้ำแห้งสามารถผลิตได้วันละ 6 กก. ราคาขาย 800 บาท/กก. เมื่อนำค่าตัวเลขแทนค่ากลับในสมการ (2) ได้สมการที่ (7)

$$R = 800n \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณชาเขียวอบไอน้ำแห้งที่แปรรูป (n)} &= 141,750 / (800-637.665) \\ &= 873.194 \text{ กก.} \end{aligned}$$

ดังนั้น ยอดใบชาสดประมาณ 30 กก.สามารถแปรรูปได้ชาเขียวอบไอน้ำวันละ 6 กก. หากทำการแปรรูป 50 วัน/ปี มีจุดคุ้มทุน 874 กก. ต้องใช้เวลาในการแปรรูปชา คือ 2.91 ปี นั้นแสดงว่าระยะเวลาการคืนทุนไม่เกิน 3 ปี เมื่อแทนค่า n ในสมการ (1) ได้สมการที่ (2) และสร้างเส้นกราฟประกอบด้วยเส้นรายได้และเส้นรายจ่าย จุดที่เส้นกราฟตัดกัน คือ จุดคุ้มทุน (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 จุดคุ้มทุนของกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ 4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบ หาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความชันที่เหมาะสม ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แกนโยกต่อไปยังแกนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที เครื่องรีดขึ้นรูปชาสามารถใช้ขึ้นรูปครั้งละ 2 กก ชาต้องผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนครั้งที่สองแล้วและต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 27.89-30.35% เป็นความชันที่เหมาะสม ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จึงนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้น 11.82% พิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำ มีรูปลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆงอมมีสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย และเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873.19 กก. ระยะเวลาคืนทุน 2.91 ปี

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2552 ษา แหล่งที่มา boc.dip.go.th/download/report3.pdf (14 พ.ค. 2558)
- เกรียงศักดิ์ นักผูก, สถิตย์พงศ์ รัตนคำ,สมพล นิลเวศน์,และสมเดช ไทยแท้ 2559 พัฒนาและทดสอบเครื่องนวดทรงกระบอกสำหรับชาเขียว วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47 (3พิเศษ): 421-424
- เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบไอน้ำชาเขียวระดับเกษตรกร วารสารวิชาการเกษตร 29 (2) 170-181
- เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):462-465
- เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื่น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลตู้อบแห้งชาเขียวลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):466-469
- วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ภู่นังงาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สมพล นิลเวศน์, ฉัตรตันทภา ช่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒน์เกียรติ, นงคราญ โชติอิมอุดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์, 2558 เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชย์ 2550 การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา <http://www.teainstitutemfu.com/document/TR8.pdf> (11 ก.ย. 2557)
- Hunt, D. (1977). Farm power and machinery management: laboratory manual and work book/donnell hunt (No. S711. H 86 1973.). Iowa University. Ames. US.

ผนวก ก

ในการออกแบบสร้างเครื่องขึ้นรูปขาเขียวอบไอน้ำใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ส่งกำลังผ่านคัปปลิงต่อไปยังชุดเฟืองทดและใช้โซโรลเลอร์ส่งกำลังไปยังเพลาลูกเบี้ยว และ ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และสมการที่ใช้ในการคำนวณ จากตำรา การออกแบบเครื่องจักรกล 2 (วรสิทธิ์ และชาญ 2556)

คำนวณหาขนาดโซ่ มีจำนวนฟันของฟันเนียน (Z) มี 15 ฟัน เพลาขับ (n_1) 50 รอบ/นาที ต้นกำลังในการขับ 1.5 กิโลวัตต์ จากตาราง 11.5 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระตุกมาก เลือกโซโรลเลอร์แบบ A อุปกรณ์ขับประเภท 1 ได้ค่า $N_s = 1.40$

กำลังที่ใช้เลือกขนาดโซ่

$$P = W_p \times N_s = 1.5 \times 1000 \times 1.40 = 2100 \text{ วัตต์}$$

จากรูปแผนภูมิ 11.20 เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 19.05 มิลลิเมตร

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

หาค่าความเร็วของโซ่

$$v = pZn = 0.01905 \times 15 \times 50 / 60 = 0.238 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงในแนวสัมผัส

$$F_t = W_p / v = 1500 / 0.238 = 6302.5 \text{ นิวตัน}$$

จากตาราง 11.1(ข) เลือกมวลโซ่ 12A 1 ชั้น มีค่า $w/g = 1.59$ กิโลกรัม/เมตร คำนวณแรงย่อยในแนวของข้อโซ่ ได้ตามสมการข้างล่าง

$$F_{ct} = wv^2/g = 1.59 \times 0.238^2 = 0.090 \text{ นิวตัน}$$

แรงดึงในโซ่

$$F = F_t + F_{ct} = 6302.5 + 0.090 = 6302.59 \text{ นิวตัน}$$

ค่าความปลอดภัยในการใช้โซ่ ($F_b = 31.20$ กิโลนิวตัน จากตารางที่ 11.1 ก)

$$N_b = F_b / F = 31.20 / 6.302 = 4.95$$

ดังนั้น โซ่ที่ใช้มีระยะพิตช์ 19.05 มิลลิเมตร สามารถส่งกำลังได้และมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 4.95 เมื่อเทียบกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 60