EasyChair Preprint

№ 3456

Development and Test of Double Stage Cutting Machine for Black Tea

Kiangsak Nukpook, Satitpong Rattanakam, Apiwat Panyawong, Sompol Nillavesana and Anun Punyaperm

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

May 21, 2020

วิจัยพัฒนาและทดสอบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งแบบสองจังหวะ
Development and Test of Double Stage Cutting Machine for black tea

เกรียงศักดิ์ นักผูก[1]* , สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1] , อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์[1] , สมพล นิลเวศน์[2] และ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม[3]
Kiangsak Nukpook[1] , Satitpong Rattanakam[1] , Apiwat Panyawong[1] , Sompol Nillavesana[2] and Anun Punyaperm[3]

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร 235 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
[1] Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai: Agricultural Engineer Research Institute: Department of Agriculture.
[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[2] Office of Agricultural Research and Development Region 1: Department of Agriculture.
[3] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[3] Chiangmai Royol Agricultural Research Center: Horticulture Research Institute: Department of Agriculture.
*Corresponding author: Tel: +66-8-9263-3640, Fax: +66-53-114-119, E-mail: n_kiangsak@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งแบบสองจังหวะ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 kW ความเร็วรอบ 1,450 rpm และ 3) หัวตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลี่ยวอัด ใบมีดตัดและจานหน้าแว่น ในการทดสอบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ใบชาต้องผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้น 18 hr มีความชื้น 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที และทำการตัดขึ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1) ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูหน้าแว่น 20 mm และหัวตัดละเอียดใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm 2) ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูหน้าแว่น 20 mm กับหัวตัดละเอียด ใช้รูหน้าแว่นขนาด 6 mm จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 5 kg พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 kg hr^{-1} และ 69.53 kg hr^{-1}

คำสำคัญ: ชาฝรั่ง; ตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง; เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง

Abstract

This experiment was conducted to create a prototype double stage cutting machine for black tea. The cutting machine consist 3 component; 1) main structure 2) motor power transmission using a 1.5 kW, speed of 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 reduce moisture content to 71.68 % by drying in room temperature for 18 hr and then massage with a cylindrical rolling machine for 20 min 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 10 replications, of test with sample of each test of 5 kg. The result found that the machine can operate continuously without interruption while continuous cutting both the upper and lower heads. The capacity of machine to cut tea was 91.22 kg hr^{-1} and 69.53 kg hr^{-1} respectively.

Keywords: Black tea; tea forming machine; tea

บทนำ

ประเทศไทยมีชาที่ปลูกแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชาอัสสัมและพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่าชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง พื้นที่ปลูกชาอัสสัม 98,544 ไร่ คิดเป็น 84.4% ราคาขายใบชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 12 และ 50 บาท 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 ซึ่งปัจจุบันยังขาดกระบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณกิโลกรัมละ 70-80 บาท สมพล และคณะ (2558) ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องโม่เนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้ว และใช้เครื่องอบแห้งแบบหกเหลี่ยมของสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปใบชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใน พื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการสะดุดติดขัดขณะทำงานบ่อยๆ การอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็นกิโลกรัมละ 600-800 บาท หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งหรือทดสอบพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ จะทำให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตชานั้นคือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตชาในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12,560,000 บาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4,370,000 บาท (กรมส่งเสริมอุสาหกรรม, 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดั้งนั้นในการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาและทดสอบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยมีแนวคิดใช้เกลียวอัดโดยการป้อนชาที่นวดแล้วให้ไหลไปตามท่อเป็นการอัดนวดไปที่สุดปลายท่อมีชุดใบมีดที่หมุนอยู่เพื่อตัดขึ้นรูปใบชาสำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เครื่องตัดขึ้นรูปนี้สามารถผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกลงกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง, นาฬิกาจับเวลา, กล้องบันทึกภาพ, เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง, ใบชาสดพันธุ์อัสสัม, ตาชั่งละเอียดขนาด 200 g, ขนาด 7 kg และขนาด 50 kg

วิธีการ

1.ตรวจเอกสารข้อมูลของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และ ศึกษาการทำงานของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งของต่างประเทศ

2. การออกแบบและสร้างต้นแบบเป็นลักษณะเกลียวอัด ใบเกลียวติดอยู่บนเพลาหมุน เพื่อให้เกิดการบีบอัดให้ใบชาไหลไปตามท่อและที่ปลายท่อมีชุดใบมีดที่อยู่ปลายเพลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทางทฤษฎี โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 kW (วริทธิ์และชาญ, 2556)

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิด

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (1)$$

การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ่มที่ใช้

$$z = \frac{w_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l} \quad (2)$$

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

$$F = \frac{T}{r} \quad (3)$$

ตรวจสอบค่าความเพรียวของเสา กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free,L_e = 2L) สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยใช้สำหรับสกรูยาวของออยเลอร์ (N)

$$N = \frac{\pi^2 EI}{WL_e^2} \quad (4)$$

สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยของเพลาส่งกำลัง

$$\sigma_{yt}/N = (\sigma^2+\tau^2)^{1/2} \quad (5)$$

P คือ กำลัง (kW) Z คือ จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลัง (เส้น) P_R คือ กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ (kW) n คือ ความเร็วรอบ (rpm) T คือ โมเมนต์บิด (N•m) W_p คือ กำลังที่ต้องการส่ง (kW) N_s คือ ตัวประกอบการใช้งาน N_a คือ ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง N_l คือ ตัวประกอบแก้ไขความยาว N คือ ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ F คือ แรงดึงในโซ่ (N) E คือ ค่ายังโมดูลลัส (GPa) σ_{yt} คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุ (MPa) I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย (m^4)

3.ทดสอบเบื้องต้นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ขั้นแรกสุ่มความเร็วรอบไว้ประมาณ 377 rpm เทียบเคียงมาจากเครื่องจักรของต่างประเทศ และดูการไหลไปแนวแกนของเกลี่ยวอัดตามท่อไม่เกิดการอัดตัวจนแน่นเพื่อให้ยอดใบชาถูกตัดขึ้นรูปด้วยใบมีดที่ปลายท่อ

4.แก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบและดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง หลังจากดำเนินการแก้ไขข้อพกพร่องและปรับแต่งเครื่องต้นแบบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง การทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องเพื่อดูการทำงานว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบและทดสอบในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น เพื่อดูการทำงานโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งว่าสามารถทำงานได้ดีตามความต้องการ

5.ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ในการทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง เก็บข้อมูลความชื้นในยอดใบชาสด ความชื้นในยอดใบชาสดหลังผึ่ง ความสามารถในการทำงานของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแว่น 20 mm หัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแว่น 8 และ 6 mm และความเร็วรอบเพลาเกลียว 528 rpm ทดสอบตัวอย่างละ 5 kg จำนวน 10 ซ้ำ และผลผลิตชาฝรั่งเทียบเคียงกับชาฝรั่งที่มีขายในท้องตลาดในส่วนของรูปลักษณ์ และชิมรสชาติโดยผู้ที่มีความชำนาญในการชิม

ผลและวิจารณ์

ชาที่ผลิตในประเทศส่วนมากเป็นใบชาแห้งหรือชาดำในกลุ่มของชาใบ การผลิตชามีขั้นตอนที่ต้องใช้เครื่องจักรที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมีขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูง และราคาก็สูงมากด้วย เป็นผลให้มีการผลิตในประเทศน้อยมาก มีเอกชนที่ผลิตชาฝรั่งที่มีลูกไร่ในเขตอำเภอแม่แตงและแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องจักรที่ใช้นำเข้าจากต่างประเทศ ใช้เครื่องตัดแบบโลเตอร์เวน ที่มีลักษณะเป็นแบบเกลียวอัด โดยมีใบเกลียวติดอยู่บนเพลาหมุน และใบเกลียวที่อยู่นิ่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวด เกิดการพลิกและบดตัวของใบชาขณะที่ไหลไปตามท่อให้เกิดการฉีกขาด และที่ปลายท่อมีชุดใบมีดติดอยู่ปลายเพลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก เมื่อเทียบเคียงกับเครื่องบดเนื้อมีการอัดแบบไหลไปตามแกนเกลียวอัด

และมีหน้าแว่นเป็นใบขวางการไหลและมีใบมีดหมุนตัดชิดที่ตรงหนาแว่นก่อนที่เนื้อที่บดอัดจะไหลออกมาตามรูของหน้าแว่น (สมพล และคณะ,2558) จากการเก็บข้อมูลของสมพล และคณะ(2558) พบว่า เครื่องบดเนื้อสามารถตัดขึ้นรูปได้ แต่การไหลไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ เกิดสะดุดมีการติดขัดบ่อยๆ การทำงานช้าและต้องตัดหลายครั้ง ในแต่ละครั้งต้องคอยเปลี่ยนหน้าแว่นจาก รูโตสุดแล้ว ต่อด้วยรูที่เล็กลงตามลำดับ ดั้งนั้น จึงได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปชาฝรั่งเบื้องต้น โดยพิจารณาออกแบบมีแนวคิดนำเอาหัวบดเนื้อมาทดสอบและพัฒนาให้สามารถตัดขึ้นรูปชาฝรั่งให้ทำงานได้ต่อเนื่องกัน โดยการออกแบบวางหัวบดและชุดเพลาลงบนโครงสร้างหลัก มีขั้นตอนจากด้านบนตัดหยาบและด้านล่างตัดละเอียด ใช้ต้นกำลังตัวเดียวขับเคลื่อนการทำงาน โดยมีชุดเพลา และโซ่เป็นตัวส่งกำลัง มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 kW การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B ที่เพลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 100mm ส่งกำลังไปเพลาของเกลียวอัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 254 mm ผลการคำนวณสายพานลิ่มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลาอยู่ในช่วงระหว่าง 213.5-610 mm ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 168.87 ° ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7.74 m s^{-1} และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 193.80 N และในการออกแบบเลือกขนาดโซ่ได้เบอร์ 40 ใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ 12.7 mm ค่าความเร็วเชิงเส้นของโซ่ 2.01 m s^{-1} แรงดึงในโซ่ 748.74 N ความปลอดภัยในการใช้โซ่ 18.47 เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวอัดมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัดจึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเฉลี่ย 85 mm มีความยาว 500 mm การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ ตรวจสอบค่าความเพรียวของเพลาเกลียว พบว่า เป็นเกลียวยาวใช้สมการของออยเลอร์ คำนวณค่าความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลาขาวมีค่ายังโมดูลลัส (E) 207 GPa และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลา (σ_{yt}) 240 MPa (วริทธิ์ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 2.38 แสดงว่า เพลาเกลียวอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน

ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนโครงหลักที่ใช้ในการติดตั้ง อุปกรณ์หัวตัดขึ้นรูป และระบบส่งกำลัง รายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1.โครงสร้างหลัก (Figure 1) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 50x50x3 mm (ก X ย X ห) โครงชั้นบนสำหรับติดตั้งถาดเตรียมป้อนใบชา หมายเลข1 ถัดลงมาเป็นชั้นกลางสำหรับติดตั้งหัวขึ้นรูปตัดหยาบ หมายเลข 2 มีขนาดเท่ากับ 300 X800 X 300 mm (ก X ย X ส) ส่วนโครงสร้างชั้นล่างสำหรับติดตั้งหัวขึ้นรูปตัดละเอียด หมายเลข3 มีขนาดเท่ากับ 300 X 1120X 300 mm และมีโครงสร้างส่วนที่ต่อออกมาด้านข้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์และวางเพลาลอยบนโครงเหล็กด้านบน มีขนาดเท่ากับ 450X500X700 mm

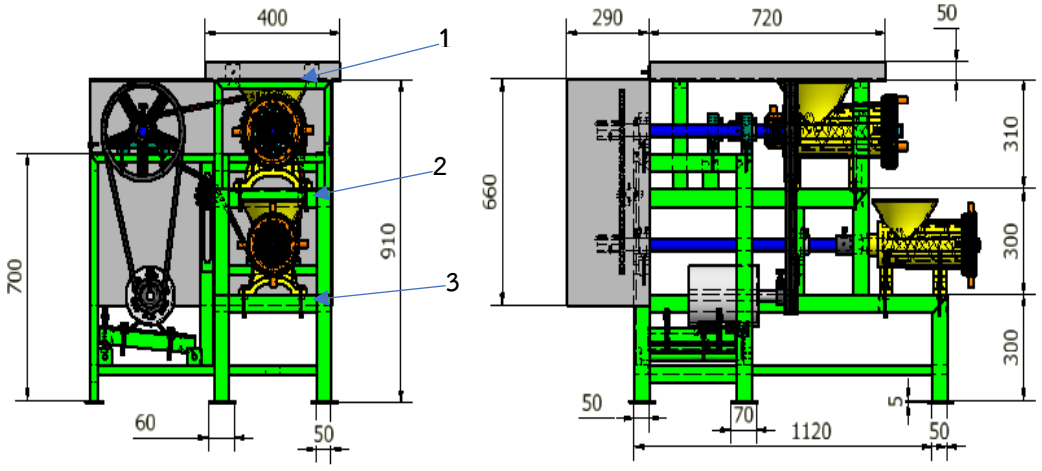
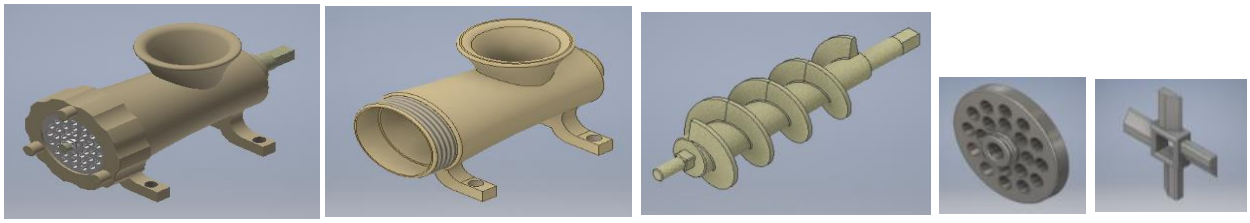


Figure 1. Main structure of cutting machine for black tea

2. ชุดหัวขึ้นตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย ชุดหัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และชุดหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 ในแต่ละหัวมีรายละเอียดดังนี้

2.1. หัวตัดขึ้นรูปตัดหยาบ (Figure 2a) ประกอบด้วย กระบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 155 mm ยาว 590 mm หนา 20 mm(Figure 2b) เพลาเกลียวอัดมี 5 เกลียว ความยาว 400 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 552 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 115 mm ระยะพิตช์ไม่คงที่ ระยะพิตช์โดยเฉลี่ย 85 mm (Figure 2c) และหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 154 mm หนา 17 mm มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm กระจายรอบแปลน (Figure 2d) และใบมีดซึ่งมีมุมมีด 37° มีลักษณะเป็นแฉกเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง(Figure 2e)

2.2. หัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียด มีลักษณะเหมือนกับหัวตัดขึ้นรูปหยาบต่างกันตรงขนาดเทานั้น คือ กระบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 130 mm ยาว 445 mm หนา 30 mm เพลาเกลียวอัดมี 5 เกลียว ความยาว 275 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 420 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 272 mm ระยะพิตช์ไม่คงที่ ระยะพิตช์โดยเฉลี่ย 48 mm และหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 mm หนา 15 mm มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm กระจายรอบแปลน และใบมีดซึ่งมีมุม 37° มีลักษณะเป็นแฉกเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง



a b c d e

Figure 2. a. Cutting head **b.** Cutting jacket **C.** Screw compression **d.** Front plate **e.** Cutter

3. ชุดส่งกำลังเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง (Figure 3a) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 kW ความเร็วรอบ 1,450 rpm ส่งกำลังไปผ่านล้อสายพานร่องบีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm แบบ 2 ร่อง โดยมีสายพานลิ่มขนาดความยาว 1,772 mm ส่งกำลังไปยังล้อสายพานตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 mm มีระยะห่างศูนย์กลางเพลา 550 mm เพลาลอยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ยาว 600 mm ปลายอีกด้านมีเฟืองโซ่ติดอยู่ เฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 80 mm ความหนา 9.5 mm และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน เพื่อขับชุดโซ่แบบโรลเลอร์เบอร์ 60 ส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 145 mm และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาขับหัวขึ้นรูปตัดหยาบ และส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 145 mm และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาขับหัวขึ้นรูปตัดละเอียด และเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 80 mm และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน อีกตัวมีไว้เพื่อปรับเลื่อนตึงโซ่ สำหรับเพลาขับหัวขึ้นรูปตัดหยาบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ยาว 600 mm และเพลาขับหัวขึ้นรูปตัดละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ยาว 950 mm

จากการเก็บข้อมูลและทดสอบเบื้องต้นความเร็วรอบของเพลาเกลียวอัด พบว่า เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 42 มีความเร็วรอบเพลาเกลียวอัดและชุดเกลียวอัด 209 rpm เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 52 มีความเร็วรอบเพลาเกลียวอัดและชุดเกลียวอัด 226 rpm จากการทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นกรณีเครื่องบดเนื้อปกติที่นำมาใช้ตัดขึ้นรูปใบชา พบว่า การตัดหยาบถ้ารูหน้าแว่นเล็กกว่า 15 mm เครื่องไม่สามารถอัดชาให้ไหลออกมาได้ ดั้งนั้น รูตัดหยาบควรต้องโตกว่า 15 mm กรณีตัดละเอียด รูขนาด 4,6 และ 8 mm ในการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เคยทำการแปรรูปชาฝรั่งในเบื้องต้น พบว่า รูที่เหมาะสมน่าจะเป็นรูประมาณ 6 และ 8 mm การทดสอบเบื้องต้นได้เลือกใช้ความเร็ว 226,301 และ 377 rpm พบว่า ความเร็วรอบ 301 rpm ทำงานได้ดี มีการไหลราบเรียบสม่ำเสมอ จากข้อมูลการทดสอบเบื้องต้นในครั้งแรกได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ คือ การไหลยังไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะ บางครั้งก็ชะงักและรอจังหวะไหลพุ่งออก สาเหตุ เกิดจากระยะห่างระหว่างปลายใบเกลียวที่ช่วงปลายเพลามีระยะห่างกับใบมีดประมาณ 10 mm จึงได้ทำการปรับปลายใบเกลียวให้ชิดกับผนังของชุดกระบอกหัวตัดมากขึ้น มีระยะห่างประมาณ 2 mm เพื่อช่วยรีดให้มีการไหลของใบชาดีขึ้น ใบมีดตัดเบอร์ 52 มีความหนา 25 mm และใบมีดตัดเบอร์ 42 มีความหนา 20 mm ทำให้ใบชามาติดอยู่ตรงช่วงความหนาของใบมีด เกิดอัดตัวกันแน่นจนต้านทานการเคลื่อนตัวของใบชาออกไป

ยังรูหน้าแว่นทำให้เกิดการไหลไม่สม่ำเสมอ สำหรับการตัดหยาบถ้ารูหน้าแว่นเล็กกว่า 15 mm เครื่องไม่สามารถอัดชาให้ไหลออกมาได้ จึงได้ขยายรูสำหรับตัดหยาบเป็นรูขนาด 20 mm เพื่อให้การไหลสะดวกขึ้น และได้ทำตัวครอบปากกรวยตัวล่างเพิ่ม เพื่อป้องกันในกรณีที่มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะที่พุ่งแรงจะได้ไม่หกออกจากปากกรวยตัวล่างได้ ส่วนกรวยด้านบนได้ทำถาดไว้สำหรับพักใบชาก่อนทำการป้อนลงในรูกรวยตัวบน ได้ทำการทดสอบดูสภาพการทำงานในเบื้องต้นหลังปรับปรุงเสร็จ พบว่า หัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแว่น 20 mm หัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm และความเร็วรอบเพลาเกลียว 301 rpm เครื่องสามารถทำงานได้ดี คือ มีการไหลออกมาของใบชาที่ใช้ทดสอบตัดดูสม่ำเสมอดี การทำงานของเครื่องไม่เกิดการกระตุกหรือกระแทกรุนแรง

จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนที่สำคัญมาหมดแล้ว รวมทั้งข้อมูลการทดสอบและพัฒนาจนได้แบบของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งที่เสร็จสมบูรณ์และสร้างต้นแบบเครื่องตามแบบจนแล้วเสร็จ (Figure 3b)

a b

Figure 3. a. Power transmission system **b.** Cutting machine for black tea

การทดสอบตัดแบบต่อเนื่องเพื่อแปรรูปชาฝรั่ง เริ่มต้นจากการเก็บยอดใบชาอัสสัมในแปลงปลูก นำมาผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ยอดใบชาที่ผ่านการผึ่งประมาณ 18 hr (Figure 4a) ใบชาสดก่อนผึ่งและหลังผึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 80.19% และ 71.68% ตามลำดับ จากนั้นนำใบชาหลังผึ่งเข้านวดที่เครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (Figure 4b) เพื่อให้เซลล์ของยอดใบชาแตกและมีความนิ่ม เมื่อทำการนวดเสร็จนำยอดใบชาที่นวดแล้วมาแบ่งออกเป็นชุดละ 5 kg (Figure 2c) จากนั้นทำการตัดขึ้นรูปด้วยเครื่องตัดขึ้นรูป โดยการป้อนยอดใบชาลงในช่องป้อนของหัวตัดหยาบ เมื่อยอดใบชาถูกตัดหยาบแล้วตกลงไปที่ช่องป้อนหัวตัดละเอียดเพื่อทำการตัดละเอียดต่อเลย (Figure 2d) โดยใช้รูหน้าแว่นหัวตัดหยาบขนาด 20 mmส่วนหัวตัดละเอียดใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm ใช้รูหน้าแว่นขนาด 6 mm และความเร็วรอบเพลาเกลียว 301 rpm พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดต่อเนื่องทั้งหัวบนและหัวล่าง มีลักษณะการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดีทั้ง การทดสอบใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm และรูหน้าแว่นขนาด 6 mm พบว่า หัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแว่น 20 mm และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 kg hr^{-1} และหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแว่น 20 mm และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแว่นขนาด 6 mm ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 69.53 kg hr^{-1} (Table 1.) หลังจากตัดขึ้นรูปเสร็จแล้วนำผงชามาทำการหมักโดยผึ่งในสภาพอุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดลักษณะเป็นสีแดงหมากสุก ก่อนจึงนำไปทำการอบแห้ง (Figure 4e)

a b c d e

Figure 4. a. Fresh tea leaves **b.** Rolling tea leaves **c.** Tea leaves after rolling **d.** Tea leaves cutting **e.** Tea leaves after cutting

Table 1. Capacity of machine to cut tea by holes on the front plate 8, 6 mm

Exp.	Capacity of machine to cut tea (kg hr^{-1})	
	Holes on the front plate 8 mm	Holes on the front plate 6 mm
1	91.20	73.30
2	99.50	68.50
3	91.00	74.17
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
Average	91.22	69.53
Standard deviation	3.98	3.45

สรุป

เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลัง และหัวตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูปตัดหยาบและหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียด ในการทดสอบยอดใบชาต้องผ่านการผึ่งลดความชื้น 18 hr และนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ ตัดขึ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูหน้าแว่น 20 mm หัวตัดละเอียดใช้รูหน้าแว่นขนาด 8 mm 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูหน้าแว่น 20 mm หัวตัดละเอียด ใช้รูหน้าแว่นขนาด 6 mm และทั้งกรรมวิธีเพลาเกลียวมีความเร็วรอบ 301 rpm พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 kg hr^{-1} และ 69.53 kg hr^{-1}

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทีมงานเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งร่วมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนงานแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

สมพล นิลเวศน์, ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ, นงคราญ โชติอิ่มอุดม, เพ็ญจิตร จิตรจันทร์. 2558. เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ปี 2557,139-152. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,กรุงเทพมหานคร.

สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง, ประภัสสร อึ้งวณิชย์. 2550. การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย. สถาบันชา, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง,เชียงราย.

กรมส่งเสริมอุสาหกรรม. 2552. การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตชาเขียวและชาอูหลงแบบซองในจังหวัดเชียงราย ประจำปี 2552,159. สำนักบริหารยุทธศาสตร์, กรมเสริมอุสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน. 2556. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.