วิจัยและพัฒนาเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง
Research and Development of Tea Leaves Crushing Machine for Black Tea Production

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

Received 5 Jun 2020/Revised/ 6 Aug 2020Accepted 11 Mar 2021

ABSTRACT

This experiment was conducted to create a prototype of a crushing machine for black tea. The crushing machine consisted of 3 components i.e. main structure, power transmission using 1,450 rpm,1.5 kw, electric motor and crushing unit. The crushing unit consisted of rough crushing part made from meat crushing machine no. 52 and the fine crushing part made from no. 42 meat crushing machine. The components of crushing part were frame, screw shaft compress, crushing blades and crushing plate disc. To test the prototype, young tea shoots were first subjected through withering process for 18 hrs. to reduce moisture content to 71.68 %, and rolled with a cylindrical rolling machine for 20 min. They were then test crushed with 2 combinations of crushing plate discs; 1st crushing by using 20 mm. and 8 mm. crushing plate discs and 2ndcrushing by using 20 mm. and 6 mm. crushing plate discs. The tests were done in 10 replications, each test using 5 kg of young tea shoots, and at 301 rpm screw shaft speed. Results showed that the machine could operate both rough and fine crushing continuously without interruption. The crushing capacity of machine was 91.22 kg/hr and 69.53 kg/hr respectively. After going through fermenting and drying processes the produced black tea had moisture content of not more than 13%, dark reddish brown in color and was of good quality.

Keywords: black tea, tea leaves crushing machine, black tea crushing machine

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
[1] Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai; Agricultural Engineer Research Institute: Department of Agriculture
[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[2] Office of Agriculture Research and Development Region 1, Department of Agriculture
[3] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[3] Chiangmai Royal Agricultural Research Center: Horticulture Research Institute: Department of Agriculture
[*] **Corresponding author: a__kiangsak@hotmail.com**

บทคัดย่อ

ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และ 3) เครื่องบด ประกอบด้วย เครื่องบดหยาบทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 และเครื่องบดละเอียดทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 42 โดยเครื่องบดมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงเครื่องบด เพลาเกลียวอัด ใบมีดตัด และหน้าแปลน ในการทดสอบเครื่องต้นแบบ ใบชาต้องผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้นเป็นเวลา 18 ชม. ความชื้นลดลงเหลือ 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที ในการทดลองใช้เครื่องบด 2 กรรมวิธี คือ 1) เครื่องบดหยาบใช้รูหน้าแปลน 20 มม. และเครื่องบดละเอียดใช้รูหน้าแปลนขนาด 8 มม. 2) เครื่องบดหยาบใช้รูหน้าแปลน 20 มม. กับเครื่องบดละเอียด ใช้รูหน้าแปลนขนาด 6 มม. จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 5 กก. และทั้งสองกรรมวิธี เพลาเกลียวอัดมีความเร็วรอบ 301 รอบ/นาที พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัด และมีลักษณะการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดี ความสามารถของเครื่องในการบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่งสำหรับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 คือ 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม. ผลผลิตชาฝรั่งที่ได้เป็นผงเล็ก ๆ สม่ำเสมอดี สีชาออกน้ำตาลแดงเข้ม คุณภาพชาระดับเกรดดี

คำสำคัญ: ชาฝรั่ง, เครื่องบดชาฝรั่ง, เครื่องบดใบชา

บทนำ

ประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลูกชา 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชาอัสสัม และพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่า ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง พื้นที่ปลูกชาอัสสัม 98,544 ไร่ คิดเป็น 84.4% ราคาขายใบชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 12 และ 50 บาท ตามลำดับ ประเทศไทยผลิตใบชาสดทั้งสิ้นประมาณ 81,074 ตัน. ซึ่งใบชาสดประมาณ 77% นำมาผลิตเป็นใบชาแห้ง และ 23% นำไปผลิตเป็นเมี่ยง ในการผลิตชาแห้งจะใช้ชาอัสสัม 96% ที่เหลือเป็นชาจีน ส่วนการผลิตเมี่ยงจะใช้เฉพาะชาอัสสัม ชาแห้งที่ผลิตแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (สายลมและคณะ 2550) ชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจาก ปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด นอกจากนี้ ในการแปรรูปจำเป็นต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตชาผงจากใบชาแก่พันธุ์พื้นเมืองลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน โดยโรงงานจะรับซื้อใบชาแห้งจากเกษตรกรรายย่อยมาโม่ละเอียดด้วยเครื่องโม่ชาที่มีลักษณะคล้ายเครื่องหั่นย่อยวัชพืช จากนั้น นำผงที่ได้ผสมแป้งและน้ำให้หมาด แล้วคั่วในกระทะร้อน แต่งกลิ่น สี ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุออกจำหน่าย ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ มีราคาประมาณกิโลกรัมละ 70-80 บาท สมพลและคณะ 2558 ได้ทำการทดสอบใช้เครื่องบดเนื้อปรับแต่งให้สามารถตัดขึ้นรูปยอดชาที่ผ่านการหมักแล้วและใช้เครื่องอบแห้งอเนกประสงค์แบบถาด (ชูศักดิ์,2552) ในการอบแห้งแบบชั้นบาง เพื่อแปรรูปใบชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการสะดุดติดขัดขณะเครื่องทำงาน การอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควร ทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็นกิโลกรัมละ 600-800 บาท หากเทียบกับราคาเดิมมูลคาเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า

ปัจจุบัน ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย แต่ขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทย และยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา ถ้านำเข้าเครื่องจักรกลจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก เกษตรกรไม่สามารถซื้อได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชาให้ดีได้ ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย ถ้าประเทศไทยสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้เอง จะทำให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า

การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตชานั้น คือ เครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตชาใน จ.เชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12,560,000 บาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4,370,000 บาท (กรมส่งเสริมอุสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาและทดสอบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง โดยมีแนวคิดใช้เกลียวอัดในการป้อนชาที่นวดแล้วให้ไหลไปตามท่อเป็นการอัดนวดไปที่สุดปลายท่อที่มีชุดใบมีดที่หมุนอยู่ เพื่อบดใบชาสำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เครื่องบดนี้สามารถผลิตได้ในประเทศทำให้มีราคาถูกลง เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อย ที่มีกำลังผลิตยอดชาสดประมาณ 100 กก/วัน สามารถนำไปใช้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทยให้มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เก็บข้อมูลของเครื่องบดใบชา

เก็บข้อมูลของเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง และวิธีการแปรรูปชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และศึกษาการทำงานของเครื่องบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่งของต่างประเทศ

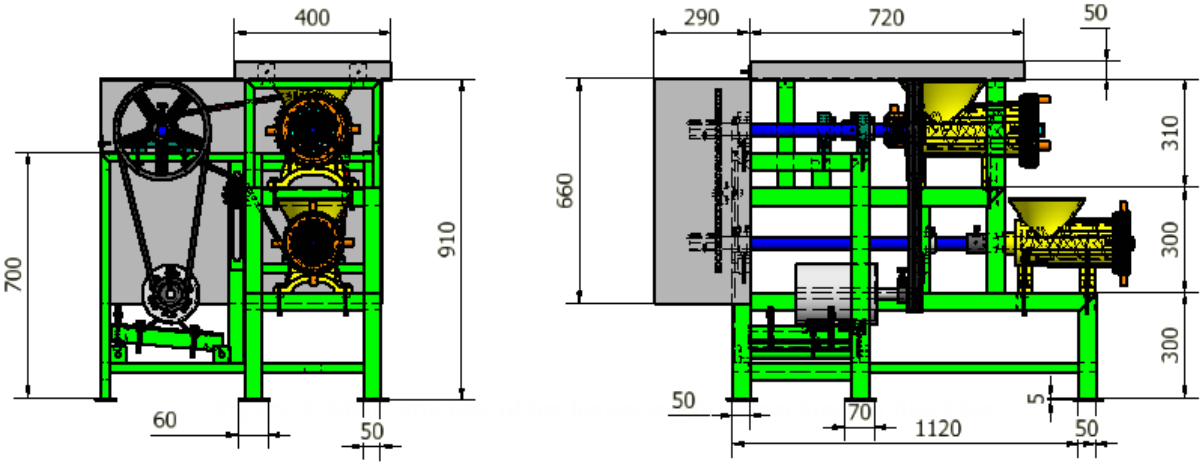
2. การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง

การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง มีแนวคิดจากการนำเอาเครื่องบดเนื้อมาทดสอบและพัฒนา ให้สามารถบดใบชาได้อย่างต่อเนื่องสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง การออกแบบจะวางเครื่องบดและชุดเพลาลงบนโครงสร้างหลัก เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นเป็นลักษณะเกลียวอัด มีใบเกลียวติดอยู่บนเพลาหมุนเพื่อให้เกิดการบีบอัดให้ใบชาไหลไปตามท่อ และที่ปลายท่อมีชุดใบมีดที่อยู่ปลายเพลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทางทฤษฎี โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (วริทธิ์และชาญ, 2556) เครื่องต้นแบบบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนโครงสร้างหลักที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องบดหยาบ เครื่องบดละเอียด และระบบส่งกำลัง (Figure 1) รายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

2.1 โครงสร้างหลัก โครงชั้นบนสำหรับติดตั้งถาดเตรียมป้อนใบชา ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 50 x 50 x 3 มม. (ก x ย x ส) ถัดลงมาเป็นชั้นกลางสำหรับติดตั้งเครื่องบดหยาบมีขนาดเท่ากับ 300 x 800 x 300 มม. (ก x ย x ส) ส่วนโครงสร้างชั้นล่างสำหรับติดตั้งเครื่องบดละเอียด มีขนาดเท่ากับ 300 x 1,120 x 300 มม. และมีโครงสร้างส่วนที่ต่อออกมาด้านข้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์และวางเพลาลอยบนโครงเหล็กด้านบนมีขนาดเท่ากับ 450 x 500 x 700 มม.

2.2 เครื่องบด ประกอบด้วย เครื่องบดหยาบทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 และเครื่องบดละเอียดทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 42 ในแต่ละหัวมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 เครื่องบดหยาบ: ทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 (Figure 2 a) ประกอบด้วย ตัวโครงเครื่องบด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 180 มม. ยาว 590 มม. หนา 20 มม. (Figure 2b) เพลาเกลียวอัดมี 5 เกลียว ความยาว 400 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 140 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 115 มม. ระยะพิตช์เกลียวป้อนตัวแรก 100 มม. เกลียวอื่น ๆ มีระยะพิตช์คงที่ 60 มม. (Figure 2c) และหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. หนา 17 มม. มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. กระจายรอบแปลน (Figure 2d) และใบมีดมีมุมมีด 37 องศา มีลักษณะเป็นแฉกเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง (Figure 2e)



(a) (b)

Figure 1 The orthographic drawing of tea leaves crushing machine for black tea (a) Top View (b) Side View

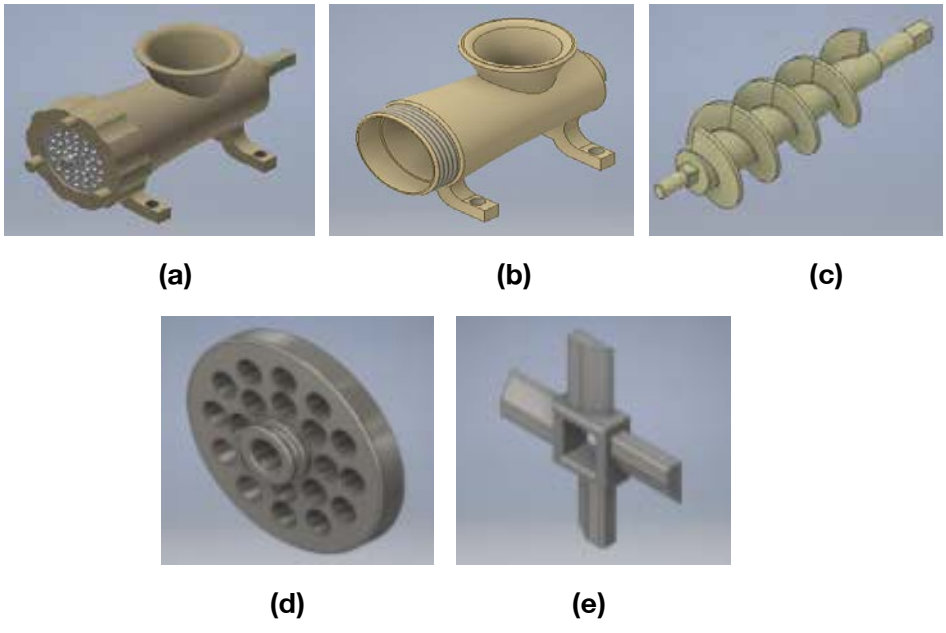


Figure 2 (a) Crushing machine (b) Crushing jacket (c) Screw compression (d) Front plate (e) Cutter

2.2.2 เครื่องบดละเอียด: ทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 42 มีลักษณะเหมือนกับเครื่องบดหยาบต่างกันตรงขนาดเท่านั้น คือ ตัวโครงเครื่องบด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 150 มม. ยาว 445 มม. หนา 20 มม. เพลาเกลียวอัดมี 5 เกลียว ความยาว 275 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 120 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 80 มม. ระยะพิตช์เกลียวแรก 100 มม. เกลียวอื่น ๆระยะพิตช์ 50 มม. และหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 มม. หนา 15 มม. มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. กระจายรอบแปลน และใบมีดซึ่งมีมุม 37 องศา มีลักษณะเป็นแฉกเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง

2.3 ชุดส่งกำลังเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (Figure 3) ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ส่งกำลังไปผ่านล้อสายพานร่องบีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มม. แบบ 2 ร่อง โดยมีสายพานลิ่มขนาดความยาว 1,772 มม. ส่งกำลังไปยังล้อสายพานตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม. มีระยะห่างศูนย์กลางเพลา 550 มม. เพลาลอยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. ปลายอีกด้านมีเฟืองโซ่ติดอยู่ เฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 60 มม. ความหนา 10 มม. และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน เพื่อขับชุดโซ่แบบโรลเลอร์เบอร์ 60 ส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาขับเครื่องบดหยาบ และส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาขับเครื่องบดละเอียด และเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ 60 มม. และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน มีไว้เพื่อปรับเลื่อนตึงโซ่ สำหรับเพลาขับเครื่องบดหยาบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. และเพลาขับเครื่องบดละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 950 มม.

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวอัด มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุด ที่ปลายเพลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเฉลี่ย 85 มม. มีความยาว 500 มม. การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบกรณียึดติดแน่น-อิสระ ตรวจสอบค่าความเพรียวของเพลาเกลียวเป็นเกลียวยาว ใช้สมการของออยเลอร์ คำนวณค่าความปลอดภัย ดังสมการ

สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยใช้สำหรับสกรูยาวของออยเลอร์ (N) (วริทธิ์และชาญ, 2556)

$$N = \frac{\pi^2 EI}{WL_e^2} \quad (1)$$

สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยของเพลาส่งกำลัง

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

โดยที่ N = ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ
E = ค่ายังโมดูลลัส (จิกะปาสคาล)
I = โมเมนต์ความเฉื่อย (เมตร^4)
W = แรงกระทำในแนวแกนของเพลาเกลียว (นิวตัน)
L_e = ความยาวเทียบเท่าของเสา (เมตร)
σ_{yt} = ค่าความแข็งแรงของวัสดุ (เมกะปาสคาล)
σ = ความเค้นหลักสูงสุด (เมกาปาสคาล)
τ = ความเค้นเฉือนสูงสุด (เมกาปาสคาล)

3. การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบบดใบชา

ทำการทดสอบเครื่องบดหยาบก่อน โดยนำยอดใบชาสดพันธุ์อัสสัมปริมาณ 5 กก./ซ้ำ จำนวน 10 ซ้ำ มาผึ่งเพื่อลดความชื้นเป็นเวลา 18 ชม. แล้วนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำใบชามาบดด้วยเครื่องบดหยาบ และนำใบชาที่บดได้มาบดต่อด้วยเครื่องบดละเอียดที่มีรูขนาด 4, 6 และ 8 มม. เมื่อเครื่องสามารถบดใบชาทั้งหมดได้ดีแล้ว จึงทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมเบื้องต้นของเครื่องบด โดยเลือกใช้ความเร็ว 209, 226, 301 และ 377 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ใกล้เคียงกับความเร็วของเครื่องที่ใช้ในการบดเนื้อ จากนั้น สังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องให้สอดคล้องกันระหว่างการบดหยาบและบดละเอียดอย่างสมดุล

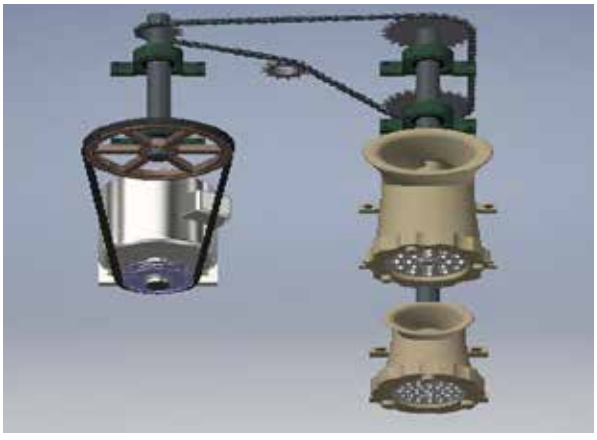


Figure 3 Power transmission system

โดยการทำงานของเครื่องบดต้องไม่สะดุดหรือชะงักในขณะที่เครื่องทำการบด ถ้าพบข้อบกพร่องจะดำเนินการแก้ไขและปรับแต่งเครื่องต้นแบบ ให้สามารถทำการบดใบชาได้ในเบื้องต้น และดูการทำงานโดยทั่วไปของทุกชิ้นส่วนของเครื่องบดใบชาต้นแบบ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดใบชาต้นแบบเพื่อการแปรรูปชาฝรั่ง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดใบชาแบบต่อเนื่องสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง ได้ทำการเก็บข้อมูลความชื้นในยอดใบชาสด ทั้งก่อนและหลังการผึ่งเป็นเวลา 18 ชม. จากนั้นนำไปนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้เซลล์ในยอดใบชาแตก (เกรียงศักดิ์,2559) แล้วแยกใบชาเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 5 กก. ทำการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง 2 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 บดโดยเครื่องบด 52 ใช้รูหน้าแปลน 20 มม. และเครื่องบดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลนขนาด 8 มม.

กรรมวิธีที่ 2 บดโดยเครื่องบดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแปลน 20 มม. กับเครื่องบดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลน ขนาด 6 มม.

โดยทั้งสองกรรมวิธี เพลาเกลียวมีความเร็วรอบ 301 รอบ/นาที หลังจากบดใบชาตามกรรมวิธีแล้ว นำใบชาบดมากองให้เป็นชั้นหนาประมาณ 100 มม. ผึ่งหมักในอุณหภูมิห้อง 30°ซ. นาน 50 นาที จากนั้นนำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 30 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 80 °ซ. ให้ความชื้นไม่เกิน 13% เก็บตัวอย่างผลผลิตใบชาฝรั่งที่บดได้ นำมาเปรียบเทียบกับชาฝรั่งที่มีขายในท้องตลาด ขนาดของเกล็ดชา ต้องมีความละเอียดสม่ำเสมอไม่เล็กจนลอดหรืออุดตันที่กรองของกาชงชา ลักษณะเกล็ดที่ได้ต้องเป็นชิ้นเล็ก ๆ และทดสอบรสชาติของชาฝรั่งที่แปรรูปได้โดยผู้ที่มีความชำนาญในการชิม

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. เก็บข้อมูลของเครื่องบดใบชา

การผลิตชาฝรั่งในปัจจุบันมีขั้นตอนการผลิตดังแสดงใน Figure 4 เริ่มต้นด้วยการเก็บใบชาสดมาผึ่ง (Withering) ในที่ร่มให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในยอดชา ซึ่งในขั้นตอนนี้ความชื้นในยอดใบชาจะลดลงเหลือประมาณ 55-75% จากนั้นทำการนวดใบชา (Rolling) ด้วยเครื่องนวดทรงกระบอก เพื่อให้เซลล์ใบชาแตกฉีกขาดและใช้เครื่องโรเตอร์เวน (Rotoven) นวดบดให้เป็นเกล็ดขนาดเล็ก แล้วนำมาหมัก (Fermenting) อุณหภูมิ 20-28°ซ. ใช้เวลาประมาณ 2-4 ชม.เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี จากนั้นนำไปอบแห้ง (Drying) ที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 30 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 80°ซ. ให้ความชื้นไม่เกิน 13% กระบวนการผลิตในขั้นตอนนี้ ต้องใช้เครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศมีขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูง และมีราคาสูง ส่งผลให้มีการผลิตในประเทศน้อยมาก มีเฉพาะผู้ประกอบการภาคเอกชนที่ผลิตชาฝรั่ง ที่มีลูกไร่ในเขต อ.แม่แตง และอ.แม่ริม จ. เชียงใหม่ เครื่องจักรที่ใช้นำเข้าจากต่างประเทศจะเป็นเครื่องนวดบดแบบโรตอร์เวน ที่มีลักษณะเป็นแบบเกลียวอัด มีใบเกลียวติดอยู่บนเพลาหมุน และใบเกลียวที่อยู่นิ่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวด เกิดการพลิกและบดตัวของใบชาขณะที่ไหลไปตามท่อให้เกิดการฉีกขาด และที่ปลายท่อมีชุดใบมีดติดอยู่ปลายเพลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก ซึ่งเครื่องนี้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องบดเนื้อ ที่มีการอัดบดไปตามเกลียวอัด และมีหน้าแปลนเจาะรูขนาด 4-20 มม. ให้เลือกใช้ได้ตามต้องการ นอกจากนี้

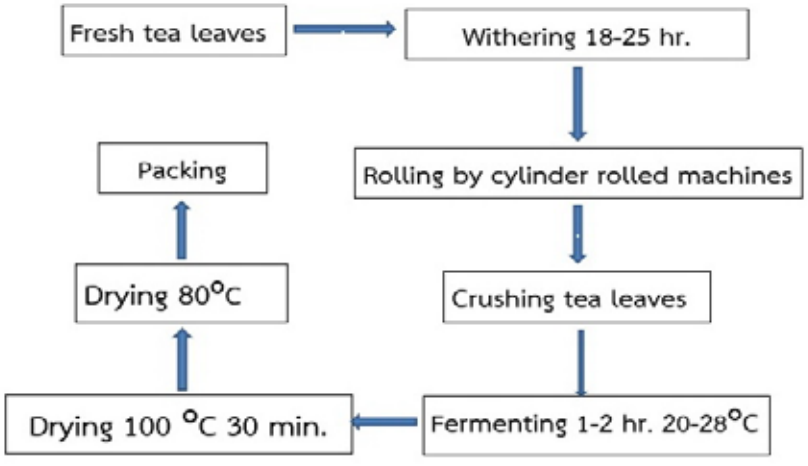


Figure 4 Black tea production process

สมพลและคณะ (2558) พบว่า เครื่องบดเนื้อสามารถบดใบชาได้ แต่การไหลไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ เกิดสะดุดมีการติดขัดบ่อย ๆ การทำงานช้าและต้องตัดหลายครั้ง ในแต่ละครั้งต้องคอยเปลี่ยนหน้าแปลนจากรูโตสุดแล้วต่อด้วยรูที่เล็กลงตามลำดับ

2. สร้างต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง

ต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่งที่พัฒนาขึ้นจากกวิจัยนี้ แสดงใน Figure 5 โดยมีด้านบนเป็นเครื่องบดหยาบและด้านล่างเป็นเครื่องบดละเอียด ใช้ต้นกำลังตัวเดียวขับเคลื่อนการทำงาน มีชุดเพลา และโซ่เป็นตัวส่งกำลัง มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B ที่เพลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 102 มม. ส่งกำลังไปยังเพลาของเกลียวอัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_p) 203 มม. ผลการคำนวณสายพานลิ่มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลาอยู่ในช่วงระหว่าง 213.5-610 มม. ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 168.87 ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7.74 ม./วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 193.80 นิวตัน ในการออกแบบเลือกขนาดโซ่เบอร์ 40 ใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ 12.7 มม. ค่าความเร็วเชิงเส้นของโซ่ 2.01 ม./วินาที แรงดึงในโซ่ 748.74 นิวตัน ความปลอดภัยในการใช้โซ่ 18.47 เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวอัด มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุด ที่ปลายเพลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเฉลี่ย 85 มม. มีความยาว 500 มม. คำนวณค่าความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลาขาวมีค่ายังโมดูลลัส (E) 207 จิกะปาสคาล ค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสคาล และค่าความปลอดภัยของเกลียวอัดที่คำนวณได้คือ 2.38 แสดงว่า เพลาเกลียวอัดไม่เกิดความเสียหาย เนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน (วริทธิ์และชาญ, 2556)

Figure 5 Prototype of tea leaves crushing machine for black tea

3. ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบบดใบชา

ผลการทดสอบความเร็วรอบของเพลาเกลียวอัดเบื้องต้น พบว่า เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 42 (เครื่องบดละเอียด) มีความเร็วรอบเพลาเกลียวอัดและชุดเกลียวอัด 209 รอบ/นาที เครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 (เครื่องบดหยาบ) มีความเร็วรอบเพลาเกลียวอัดและชุดเกลียวอัด 226 รอบ/นาที (Table 1) และจากการทดสอบ พบว่า การบดหยาบ ถ้ารูหน้าแปลนเล็กกว่า 15 มม. เครื่องไม่สามารถอัดใบชาให้ไหลออกมาได้ ดังนั้น รูของเครื่องบดหยาบควรใหญ่กว่า 15 มม. กรณีเครื่องบดละเอียด พบว่า รูที่เหมาะสม คือ รูขนาด 6 และ 8 มม. ที่ความเร็วรอบ 301 รอบ/นาที เครื่องทำงานได้ดีมีการไหลราบเรียบสม่ำเสมอ

จากข้อมูลการทดสอบเบื้องต้นในครั้งแรก ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ คือ การไหลของใบชายังไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะ บางครั้งก็ชะงักและรอจังหวะ พบว่า สาเหตุเกิดจากระยะห่างระหว่างปลายใบเกลียวที่ช่วงปลายเพลา ซึ่งมีระยะห่างกับใบมีดประมาณ 10 มม. จึงได้ทำการปรับปลายใบเกลียวให้ชิดกับผนังของชุดตัวโครงเครื่องบดมากขึ้น ให้มีระยะห่างประมาณ 2 มม. เพื่อช่วยรีดให้ใบชามีการไหลดีขึ้น นอกจากนี้ ใบมีดเบอร์ 52 มีความหนา 25 มม. และใบมีดเบอร์ 42 มีความหนา 20 มม. ทำให้ใบชามาติดอยู่ตรงช่วงความหนาของใบมีดและเกิดการอัดตัวกันแน่น ส่งผลให้การไหลของใบชาไปยังรูหน้าแปลนไม่สม่ำเสมอ สำหรับเครื่องบดหยาบ ได้ปรับปรุงแก้ไขโดยการขยายรูสำหรับบดหยาบ จากรูขนาด 15 มม. เป็นรูขนาด 20 มม. เพื่อให้การไหลสะดวกขึ้น และได้ทำตัวครอบปากกรวยตัวล่างเพิ่ม เพื่อป้องกันการไหลพุ่งออกของใบชา ส่วนกรวยด้านบนได้ทำถาดสำหรับพักใบชาก่อนทำการป้อนลงในรูกรวยตัวบน จากการทดสอบดูสภาพการทำงานในเบื้องต้นหลังปรับปรุงเสร็จ พบว่า เครื่องบดเบอร์ 52 จะใช้รูหน้าแปลน 20 มม. เครื่องบดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลนขนาด 8 มม. และความเร็วรอบเพลาเกลียว 301 รอบ/นาที เครื่องสามารถทำงานได้ดี มีการไหลออกมาของใบชาที่ใช้ทดสอบบดอย่างสม่ำเสมอ การทำงานของเครื่องไม่เกิดการกระตุกหรือกระแทกรุนแรง

4. ประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง

จากการเก็บยอดใบชาอัสสัมในแปลงปลูกแล้วนำมาผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชม. (Figure 6a) ยอดใบชาที่ผ่านการผึ่งจะมีลักษณะแห้ง และความชื้นลดลง (Figure 6b) โดยใบชาสดก่อนผึ่งและหลังผึ่งมีความชื้น เฉลี่ย 80.19$\pm$1.07% และ 71.68$\pm$1.99% ตามลำดับ จากนั้น นำใบชาหลังผึ่งเข้านวดที่เครื่องนวดทรงกระบอก (Figure 6c) ที่มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกตั้งสำหรับบรรจุใบชา และมีฝาปิดถังสำหรับกดอยู่ด้านบน ด้านล่างมีถาดสี่เหลี่ยมที่มีลวดเส้นโค้งวางเรียงในแนวรัศมีโค้ง โดยเส้นลวดมีลักษณะผิวหยาบ สำหรับใช้เป็นผิวพื้นในการนวด และใช้เวลานวด 20 นาที เมื่อทำการนวดเสร็จ นำยอดใบชาที่นวดแล้วมาแบ่งออกเป็นชุดละ 5 กก. (Figure 6d) จากนั้นทำการบด

Table 1 The test results for the suitable compression screw shaft speed

Speed of screw shaft compress (rpm)	Results
209	Crushing machine no. 52 can work slowly, Unbalanced with crushing machine no.42
226	Crushing machine no. 52 and crushing machine no. 42. works ne with a few stumbles
301	Works well and crushing machine no. 52 works in balance with crushing machine no. 42.
377	Crushing machine no. 52 can work fast, Unbalanced with crushing machine no.42

Table 2 Average capacity of tea crushing machine by using holes size on the coarse pore 20 mm. with the different hole size on the front fine pore of 6 and 8 mm.

Treatment (Kg/hr)	Capacity of tea crushing machine
Holes on the front ne pore 8 mm	91.22±3.98*
Holes on the front ne pore 6 mm	69.5±33.45

*Average from 10 replications

Figure 6 (a) Fresh tea leaves (b) Withering tea leaves (c) Rolling tea leaves (d) Tea leaves after rolling (e) Tea leaves crushing (f) Fermented tea after crushing (g) Drying tea (h) Dried tea (i) Tea color

โดยการป้อนยอดใบชาลงในช่องป้อนของเครื่องบดหยาบ เมื่อยอดใบชาถูกบดหยาบแล้วตกลงไปที่ช่องป้อนเครื่องบด เพื่อทำการบดละเอียดต่อทันที (Figure 6e) ผลการทดสอบ พบว่า เครื่องบดหยาบเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแปลน 20 มม. และเครื่องบดละเอียดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลนขนาด 8 มม. เครื่องบดสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการบด มีการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดี สามารถบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่งได้ 91.22 กก./ชม. (Table 2) ขณะที่กรรมวิธี การบดโดยใช้เครื่องบดหยาบเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแปลน 20 มม. และเครื่องบดละเอียดเบอร์ 42 ที่ใช้รูหน้าแปลนขนาด 6 มม. พบว่า มีความสามารถในการบดใบชาเพื่อแปรรูปเป็นชาฝรั่งได้เพียง 69.53 กก./ชม.

เมื่อนำผงชาที่บดได้จากแต่ละกรรมวิธี มาทำการหมักโดยผึ่งในสภาพอุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดลักษณะเป็นสีน้ำตาลแดงก่อน (Figure 6f) เนื่องจากการหมักทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารคาเทชิน จึงนำไปทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังครึ่งวงกลม (Figure 6g) หลังการอบแห้งให้ความชื้นไม่เกิน 13% (Figure 6h) ซึ่งผงชาที่ได้จะมีลักษณะเป็นผงเล็ก ๆ สม่ำเสมอดี มีมิติกว้างและยาวอยู่ในช่วง 1.5-3 มม. ผงชาที่ได้จากการบดละเอียดรูหน้าแปลน 8 มม.มีขนาดใหญ่กว่าผงชาที่ได้จากการบดละเอียดรูหน้าแปลน 6 มม. เมื่อนำผงชาไปชงกับน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 90˚ซ. จะได้น้ำชาสีแดงหมากสุกใสเข้ม (Figure 6i) มีกลิ่นชาอ่อน มีรสฝาดเข้ม ผลประเมินจากการชิมของเจ้าหน้าที่มีความชำนาญในการแปรรูป พบว่า อยู่ในระดับคุณภาพเกรดดี นอกจากนี้ ขนาดของผงชาที่ได้จากการบดละเอียดรูหน้าแปลน 8 มม. จะไม่เกิดการอุตันในที่กรองของกาชงชา ในน้ำชามีผงตะกอนชาที่ก้นแก้วน้อย ขณะที่ผงชาที่ได้จากการบดละเอียดรูหน้าแปลน 6 มม. จะเกิดการอุดตันรูที่กรองของกาชงชา แม้ผงไม่หลุดรูกรองลงไปในน้ำ แต่ผงมักอุดตันที่กรองในกาชงชาบ่อย ดังนั้น การชงชาโดยกาชงชาควรต้องใช้ผงชาที่ได้จากการบดละเอียดด้วยรูหน้าแปลน 8 มม. สำหรับการบดละเอียดด้วยรูหน้าแปลน 6 มม.น่าจะเหมาะกับการบรรจุซองพร้อมชง เพราะวัสดุที่ผลิตซองใส่ผงชาจะมีละเอียดกว่าที่กรองของกาชงชา

สรุปผลการทดลอง

เครื่องบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และเครื่องบดใบชา ประกอบด้วยเครื่องบดหยาบทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 52 และเครื่องบดละเอียดทำจากเครื่องบดเนื้อเบอร์ 42 โดยเครื่องบดมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงเครื่องบด เพลาเกลียวอัด ใบมีด และจานหน้าแปลน ในการทดลองเครื่องบดใบชา 2 วิธี คือ การบดโดยเครื่องบดหยาบเบอร์ 52 มีขนาดรูหน้าแปลน 20 มม. และเครื่องบดละเอียดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลนขนาด 8 มม. และการบดโดยเครื่องบดเบอร์ 52 ใช้รูหน้าแปลน 20 มม. กับเครื่องบดเบอร์ 42 ใช้รูหน้าแปลนขนาด 6 มม. ทั้งสองวิธีเพลาเกลียวมีความเร็วรอบ 301 รอบ/นาที พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัด และมีลักษณะการทำงานที่สอดรับกันเป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพสามารถบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่งได้ 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม. ตามลำดับ ขนาดผงชาที่เหมาะกับการใช้เครื่องชงชา คือผงชาจากการบดละเอียดรูหน้าแปลน 8 มม. ซึ่งมีลักษณะผงชามีขนาดละเอียดสม่ำเสมอดี และเมื่อนำผงชาไปชงกับน้ำร้อน 90˚ซ. ได้สีแดงหมากสุกใสเข้ม มีกลิ่นชาอ่อน มีรสฝาดเข้ม ผู้ประเมินผลยอมรับว่าคุณภาพอยู่เกรดดี สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปชา สามารถนำต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับแปรรูปชาฝรั่งไปใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งได้ ราคาประเมินเครื่องบดใบชาประมาณ 85,000 บาท

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบการแปรรูปชาฝรั่ง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตร

วิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องบดใบชาสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง และเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการ นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และนายสุภาษิต เสงี่ยมพงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบจนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2552. การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตชาเขียวและชาอูหลงแบบซองในจังหวัดเชียงราย. 159 หน้า. แหล่งข้อมูล: boc.dip.go.th/download/report3.pdf. สืบค้น: 14 พฤษภาคม 2558

เกรียงศักดิ์ นักผูก สถิตพงศ์ รัตนคำ สมพล นิลเวศน์ และสมเดช ไทยแท้. 2559.พัฒนาและทดสอบเครื่องนวดทรงกระบอกสำหรับชาเขียว. *ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. ฉบับพิเศษ* 47(3):241-242

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ 2552. เครื่องอบแห้งผลไม้. หน้า 132-149. *ใน:* 36 ปี เครื่องจักรกลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน. 2556. *การออกแบบเครื่องจักรกล 2.* บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ. 451 หน้า

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. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร 224 หน้า

สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง, ประภัสสร อึ้งวณิชย์ 2550. การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. แหล่งข้อมูล: http://www.teainstitutemfu.com. สืบค้น: 11 กันยายน 2557