

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย แผนบูรณาการงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม
2. ชุดโครงการวิจัย -
3. โครงการวิจัย วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง
- กิจกรรม -
- กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) -

ชื่อการทดลองที่ 1 (ภาษาไทย) วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่ง

ชื่อการทดลองที่ 1 (ภาษาอังกฤษ) Test and Development of Cutting Machine for black tea

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง นายเกรียงศักดิ์ นั้กผูก สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ผู้ร่วมงาน

นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายอภิวัฒน์ ปัญญาวงศ์

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

นายสมพล นิลเวศน์

สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 จ.เชียงใหม่

นายอนันต์ ปัญญาเพิ่ม

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และ 3) หัวตัดชิ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดชิ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดชิ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดชิ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลียวอัด ใบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง ใบชาต้องผ่านการผึ่งเพื่อลดความชื้น 18 ช.ม. มีความชื้น 71.49% แล้วทำการนวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเป็นเวลา 20 นาที และทำการตัดชิ้นรูป 2 กรรมวิธี คือ 1.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดชิ้นรูปโดยหัวตัดหยาบใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดละเอียด ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

คำสำคัญ(Keywords): ชาฝรั่ง ตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง เครื่องตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง

Abstract

This 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.

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 และใช้เครื่องอบแห้งแบบหกลี้นของสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ในการอบแห้งแบบขั้นบันได เพื่อแปรรูปชาอัสสัมเป็นชาฝรั่งร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใน พื้นที่ จ.เชียงใหม่ พบว่าทั้งสองเครื่องใช้งานได้แต่ยังมีข้อบกพร่อง คือ สามารถตัดขึ้นรูปได้ช้าและมีการเสียดูดติดขัดขณะทำงานบ่อยๆ การอบแห้งเกิดการฟุ้งกระจายของเศษชา แต่ก็สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีพอสมควรทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นเป็น 600-800 บาท/กิโลกรัม หากเทียบกับราคาเดิมมูลค่าเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า เนื่องจากขบวนการผลิตชาฝรั่งยังใหม่สำหรับคนไทยและยังขาดเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่ง หากนำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก ทั้งที่ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทย นอกจากการวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ปัญหา

ที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้า นำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการ พัฒนาชาให้ดีขึ้นได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัย พัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งหรือทดสอบพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการแปรรูปชาฝรั่งที่นำเข้ามา จากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และสามารถผลิตเครื่องจักรกลแปรรูปในประเทศได้ จะทำ ให้เครื่องจักรกลมีราคาถูกลง ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า การผลิตชาฝรั่งนั้น เครื่องจักรกลที่สำคัญในการผลิตนั้นคือ เครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเล็ก และเครื่องอบแห้ง เป็นเครื่องจักรกลที่ต้องนำเข้ามาจาก ต่างประเทศ มีขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานที่ผลิตชาฝรั่งขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการราย ย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการทดสอบ พัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยมีแนวคิดใช้เก็ลยิวัดโดยการป้อนชาที่นวดแล้วให้ไหลไปตามท่อเป็นการอัตโนมัติ ไปที่สุดปลายท่อมีชุดใบมีดที่หมุนอยู่เพื่อตัดขึ้นรูปยอดใบชาสำหรับกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง เป็นเครื่องที่ผลิตได้ ในประเทศทำให้มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการราย ย่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาฝรั่งและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพ สูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
5. เครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง
6. ยอดใบชาสดพันธุ์อัสสัม
7. ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม ขนาด 7 กิโลกรัม และขนาด 50 กิโลกรัม

วิธีการดำเนินการ

1. ตรวจสอบเอกสารข้อมูลของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์หลักการทำงาน และ ศึกษาการทำงาน ของเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งสำหรับแปรรูปชาฝรั่งของต่างประเทศ

2. ออกแบบและสร้างต้นแบบให้เป็นลักษณะเกลียวอัด ที่มีใบเกลียวติดอยู่บนเพลลาหมุน และมีใบเกลียวที่อยู่นิ่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวดและเกิดการพลิกกลับตัวของใบชาขณะที่ไหลไปตามท่อ และที่ปลายท่อมียูตใบมีดที่อยู่ปลายเพลลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก
3. ทดสอบเบื้องต้นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชั้นแรกสุ่มความเร็วรอบไว้ประมาณ 360 รอบ/นาที เทียบเคียงมาจากเครื่องจักรของต่างประเทศ และการนวดอัดให้ยอดใบชาให้ไหลไปตามท่อ เพื่อให้ยอดใบชาถูกตัดขึ้นรูปด้วยใบมีดที่ปลายท่อ
4. แก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบ โดยทำการปรับปรุงชิ้นส่วนที่ทำงานได้ยังไม่ดี จากนั้นทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบทั้งระบบ ทำการทดสอบอีกครั้ง เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบที่ทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้
5. ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง หลังจากดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องและปรับแต่งเครื่องต้นแบบตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ในการทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องเพื่อดูการทำงานว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบและทดสอบในการตัดขึ้นรูปชาฝรั่งเบื้องต้น เพื่อดูการทำงานโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งว่าสามารถทำงานได้ดีตามความต้องการ
6. ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ในการทดสอบตัดขึ้นรูปแบบต่อเนื่องสำหรับการแปรรูปชาฝรั่ง เก็บข้อมูลความชื้นในยอดใบชาสด ความชื้นในยอดใบชาสดหลังผึ่ง ความสามารถในการทำงานของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง โดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวน 8 และ 6 มิลลิเมตร ทดสอบตัวอย่างละ 5 กก. จำนวน 10 ซ้ำ และผลผลิตชาฝรั่งเทียบเคียงกับชาฝรั่งที่มีขายในท้องตลาดในส่วนของรูปลักษณะ และชิมรสชาติโดยผู้ที่มีความชำนาญในการชิม
7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบและทำการสังเคราะห์การทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัย สิ้นสุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ชาที่ผลิตในประเทศส่วนมากเป็นใบชาแห้งหรือชาดำในกลุ่มของชาใบ การผลิตชาที่มีขั้นตอนที่ต้องใช้เครื่องจักรที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมีขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูง และราคาก็สูงมากด้วย เป็นผลให้มีการผลิตในประเทศน้อยมาก มีเอกชนที่ผลิตชาฝรั่งที่มีลูกไร่ในเขตอำเภอแม่แตงและแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องจักรที่ใช้นำเข้าจากต่างประเทศ ใช้เครื่องตัดแบบโรเตอร์เวน ที่มีลักษณะเป็นแบบเกลียวอัด โดยมีใบเกลียวติดอยู่บนเพลลาหมุน และใบเกลียวที่อยู่นิ่งยึดติดอยู่กับผนังของท่อที่เป็นช่องทางไหลของใบชา เพื่อให้เกิดการบีบอัดนวด เกิดการพลิกและบดตัวของใบชาขณะที่ไหลไปตามท่อให้เกิดการฉีกขาด และที่ปลายท่อมียูตใบมีดติดอยู่ปลายเพลลาหมุนตัดขึ้นรูปใบชาให้เป็นชิ้นเล็ก เมื่อเทียบเคียงกับเครื่องบดเนื้อมีการอัดบดไปตามเกลียวอัดและมีหน้าแวนเป็นใบขวางการไหลและมีใบมีดหมุนตัดชิดที่ตรงหน้าแวนก่อนที่เนื้อที่บดอัดจะไหลออกมาตามรูของแวน

จากการเก็บข้อมูล สมพล และคณะ (2558) ให้ข้อมูลว่า เครื่องบดเนื้อสามารถตัดขึ้นรูปได้ แต่การทำงานยังช้าอยู่และต้องตัดหลายครั้ง ในแต่ละครั้งต้องคอยเปลี่ยนหน้าแวนจาก รูลที่สุดแล้วต่อด้วยรูลที่เล็กลงตามลำดับ ดังนั้น จึงได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปชาฝรั่งเบื้องต้น โดยพิจารณาออกแบบมีแนวคิดนำเอาหัวบดเนื้อมาทดสอบและพัฒนาให้สามารถตัดขึ้นรูปชาฝรั่งให้ทำงานได้ต่อเนื่องกัน โดยการออกแบบวางหัวบดและชุดเพลลาบนโครงสร้างหลัก มีขั้นตอนจากหัวด้านบนตัดหยาบและหัวด้านล่างตัดละเอียด ใช้ต้นกำลังตัวเดียวขับเคลื่อนการทำงาน โดยมีชุดเพลลา และโซ่เป็นตัวส่งกำลัง มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์

ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B ที่เพลลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 102 มม. (4 นิ้ว) ส่งกำลังไปเพลลาของเกียร์วัตต์ติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_p) 203 มม. (8 นิ้ว) ผลการคำนวณสายพานลิ้มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลลาอยู่ในช่วงระหว่าง 213.5-610 มม. ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 168.87 องศา ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7.74 ม./วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 193.80 นิวตัน และในการออกแบบเลือกขนาดโซ่ได้เบอร์ 40 ใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิทช์ 12.7 มม. ค่าความเร็วเชิงเส้นของโซ่ 2.01 ม./วินาที แรงดึงในโซ่ 748.74 นิวตัน ความปลอดภัยในการใช้โซ่ 18.47 เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกียร์วัตต์มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกียร์ตลอดความยาวของเกียร์วัตต์จึงสมมติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลาด้านที่ยึดใบเกียร์ติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาเฉลี่ย 0.085 ม. มีความยาว 0.500 ม.

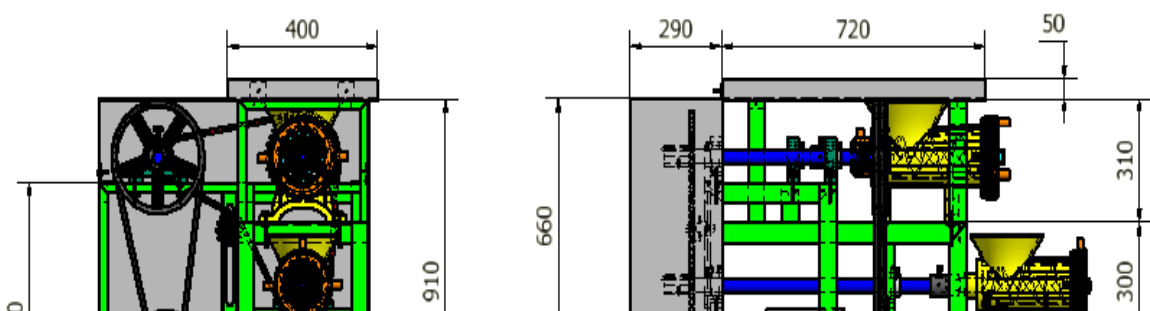
การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) ตรวจสอบค่าความเพริยของเพลลาเกียร์ พบว่า เป็นเกียร์ยาวใช้สมการของออยเลอร์ คำนวณค่าความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลลาขามีค่า Young's Modulus (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล (วริทธิ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกียร์วัตต์ที่คำนวณได้ คือ 2.38 แสดงว่า เพลลาเกียร์วัตต์ไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน (ผนวก ก)

ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องมือตัดขึ้นรูปขาฝรั่งในเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนโครงหลักที่ใช้ในการติดตั้ง อุปกรณ์หัวตัดขึ้นรูป และระบบส่งกำลัง ดังรายละเอียดต่างๆ คือ

1. โครงสร้างหลัก (ภาพที่ 1.1) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 50x50x3 มม. (ก x ย x ท) โครงชั้นบนสำหรับติดตั้งถาดเตรียมป้อนยอดใบชา 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) และมีโครงสร้างส่วนที่ต่อออกมาด้านข้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์และวางเพลลาของโยนโยนโครงเหล็กด้านบน มีขนาดเท่ากับ 450X500X700 มม. (ก x ย x ส)

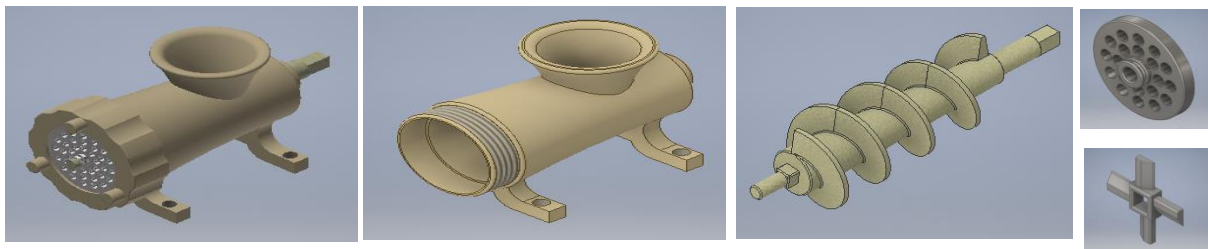
2 ชุดหัวขึ้นรูปตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย ชุดหัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และชุดหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 ในแต่ละหัวมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ชุดหัวตัดขึ้นรูปตัดหยาบ (ภาพที่ 1.2ก) ประกอบด้วย กระจบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 155 มม. ยาว 590 มม.หนา 20 มม.(ภาพที่ 1.2ข) เพลลาเกียร์วัตต์มี 5 เกียร์ ความยาว 400 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 552 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 115 มม. ระยะพิทช์ไม่คงที่ ระยะพิทช์โดยเฉลี่ย 85 มม.(ภาพที่ 1.2ค) และหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 154 มม.หนา 17 มม. มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. กระจายรอบหน้าแวน และใบมีดซึ่งมีมุม 37 องศา เป็นแฉกคล้ายเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง (ภาพที่ 1.2ง)



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างหลักของเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟรั้ง

2.2 หัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดประกอบด้วย(ภาพที่ 1.3ก) ครอบอกหัวตัดนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าเท่ากับ 130 มม. ยาว 445 มม. หน้า 30 มม. มีเกลียวอัด 5 เกลียว ความยาว 275 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านนอกเท่ากับ 420 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปลายด้านในเท่ากับ 272 มม. ระยะพิทช์ไม่คงที่ ระยะพิทช์โดยเฉลี่ย 48 มม. และหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 มม. หน้า 15 มม. มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. กระจายรอบหน้าแวน และใบมีดซึ่งมีมุม 37 องศา เป็นแฉกคล้ายเครื่องหมายบวก มีรูสี่เหลี่ยมตรงกลาง



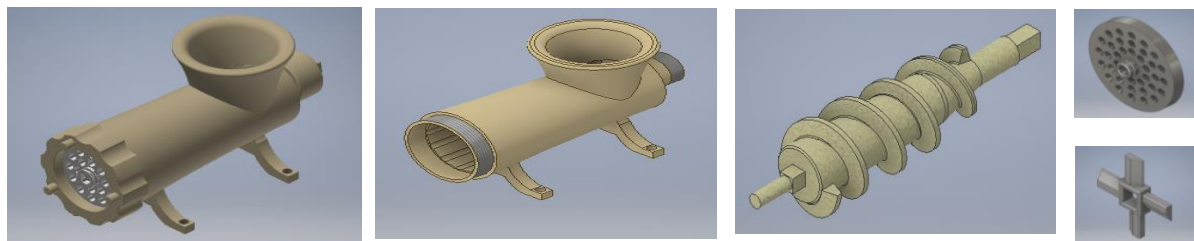
ก

ข

ค

ง

ภาพที่ 1.2 ก. หัวตัดขึ้นรูปหยาบ ข. ครอบอกหัวตัดนอก ค. เกลียวอัดหัวขึ้นรูปตัดหยาบ ง. บนหน้าแวนและล่างมีดตัด



ก

ข

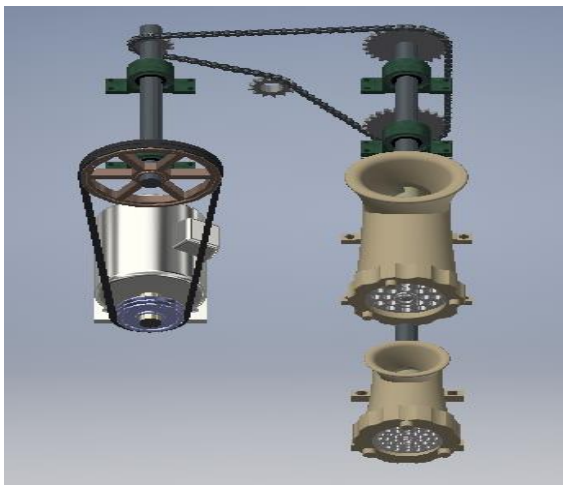
ค

ง

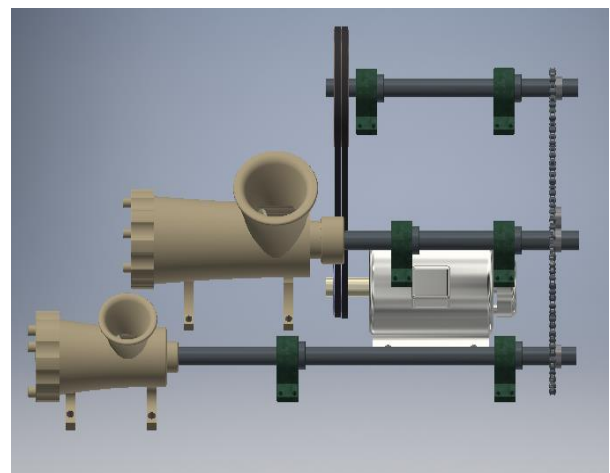
ภาพที่ 1.3 ก. หัวตัดขึ้นรูปละเอียด ข. ครอบอกหัวตัดนอก ค. เกลียวอัดหัวขึ้นรูปตัดหยาบ ง. บนหน้าแวนและล่างมีดตัด

3. ชุดส่งกำลังเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟรั้ง (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. มีระยะห่างศูนย์กลางเพลาลอย 550 มม. เพลาลอยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. ปลายอีกด้านมีเฟืองโซ่ติดอยู่ เฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ 80 มม. ความหนา 9.5 มม. และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน เพื่อขับเคลื่อนแบบโรลเลอร์เบอร์ 60 (ภาพที่ 1.4ก,ข) ส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดหยาบ และส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ 145 มม. และจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 25 ฟัน ที่ติดอยู่บนปลายเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดละเอียด และเฟืองโซ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ 80 มม. และจำนวนฟันเฟือง 13 ฟัน อีกตัวมีไว้เพื่อปรับเลื่อนตั้งโซ่ สำหรับเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดหยาบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 600 มม. และเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ยาว 950 มม.



ก



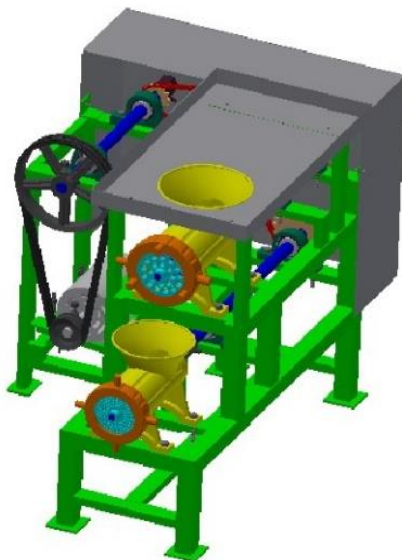
ข

ภาพที่ 1.4 ก.ส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลาลอยด้วยสายพาน ข.ส่งกำลังจากเพลาลอยไปเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดหยาบและเพลาลอยขับเคลื่อนรูปตัดละเอียด

จากการเก็บข้อมูลความเร็วรอบของเพลาลอยวัดเบื้องต้น พบว่า เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 32 มีความเร็วรอบเพลาลอยวัดและชุดเกียร์วัด 138 รอบ/นาที เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 42 มีความเร็วรอบเพลาลอยวัดและชุดเกียร์วัด 209 รอบ/นาที เครื่องบดเนื้อ เบอร์ 52 มีความเร็วรอบเพลาลอยวัดและชุดเกียร์วัด 226 รอบ/นาที จากการทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นกรณีเครื่องบดเนื้อปกติที่นำมาใช้ตัดชิ้นรูปใบชา 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 จากข้อมูลการทดสอบเบื้องต้นในครั้งแรกได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและ

ทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ คือ การไหลยังไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะ บางครั้งก็ชะงัก และรอจังหวะไหลพุ่งออก สาเหตุ เกิดจากระยะห่างระหว่างปลายใบเกลียวที่ช่วงปลายเพลามีระยะห่างประมาณ 10 มม. จึงได้ทำการปรับปลายใบเกลียวให้ชิดกับผนังของชุดกระบอกหัวตัดมากขึ้นมีระยะห่างมากประมาณ 2 มม. ที่ปลายสุดของเพลากลียวตัดต่อให้เป็นปลายที่มีพื้นที่เอียงเพื่อช่วยรีดให้มีการไหลของใบชาดีขึ้นเพราะใบมีดตัดเบอร์ 52 มีความหนา 25 มม. (ใบมีดตัดเบอร์ 42 มีความหนา 20 มม. และใบมีดตัดเบอร์ 32 มีความหนา 15 มม.) ทำให้ใบชามาติดอยู่ตรงช่วงความหนาของใบมีดหนาทำให้เกิดอัดตัวกันแน่นจนต้านทานการเคลื่อนตัวของใบชาออกไปยังรูหน้าแวนทำให้เกิดการไหลเป็นจังหวะไม่สม่ำเสมอ สำหรับการตัดหยาบถ้ารูหน้าแวนเล็กกว่า 15 มม. เครื่องไม่สามารถอัดชาให้ไหลออกมาได้ จึงได้ขยายรูสำหรับตัดหยาบเป็นรูขนาด 20 มม. เพื่อให้การไหลสะดวกขึ้น และได้ทำตัวครอบปากกรวยตัวล่างเพิ่ม เพื่อป้องกันในกรณีที่มีการไหลพุ่งออกเป็นจังหวะที่พุ่งแรงจะได้ไม่หกออกจากปากกรวยตัวล่างได้ ส่วนกรวยด้านบนได้ทำถาดไว้สำหรับพักใบชาก่อนทำการป้อนลงในรูกรวยตัวบน ได้ทำการทดสอบดูสภาพการทำงานในเบื้องต้นหลังปรับปรุงเสร็จ พบว่า สามารถทำงานได้ดีขึ้นคือมีการไหลออกมาของวัสดุทดสอบดูสม่ำเสมอดี

จากข้อมูลด้านบนได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนที่สำคัญมาหมดแล้ว รวมทั้งข้อมูลการทดสอบและพัฒนาจนได้แบบของต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่งที่เสร็จสมบูรณ์ (1.5ก) และสร้างต้นแบบเครื่องตามแบบจนแล้วเสร็จ (1.5ข)



ก



ข

ภาพที่ 1.5. ก แบบรายละเอียดเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง ข. ภาพถ่ายเครื่องตัดขึ้นรูปชาฝรั่ง

การทดสอบตัดแบบต่อเนื่องเพื่อแปรรูปชาฝรั่ง เริ่มต้นจากการเก็บยอดใบชาอัสสัมในแปลงปลูก นำมากรองรวมกันแล้วคลี่ออกผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 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) นำยอดใบชาที่นวด

แล้วมาแบ่งออกเป็นชุดละ 5 กก.(ภาพที่ 1.6ง) จากนั้นทำการตัดชิ้นรูปด้วยเครื่องตัดชิ้นรูปต้นแบบ โดยการป้อนยอดใบชาลงในช่องป้อนของหัวตัดหยาบ เมื่อยอดใบชาถูกตัดหยาบแล้วตกลงไปที่ช่องป้อนหัวตัดละเอียดเพื่อทำการตัดละเอียดต่อเลย (ภาพที่ 1.6จ) โดยใช้รูลหน้าแวนหัวตัดหยาบขนาด 20 มม. ส่วนหัวตัดละเอียดใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. และใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดต่อเนื่องทั้งหัวบนและหัวล่าง มีลักษณะการทำงานที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดีทั้ง จากการทดสอบ โดยใช้รูลหน้าแวนขนาด 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. หลังจากตัดชิ้นรูปเสร็จแล้วนำผงชามาทำการหมักโดยฝังในสภาพอุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดลักษณะเป็นสีแดงหมากสุก ก่อนจึงนำไปทำการอบแห้ง (ภาพที่ 1.6ฉ)

ตารางที่ 1.1 ความชื้นในใบชาและหลังฝังลดความชื้นในกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง

ชุดที่ (10 ตัวอย่าง/ชุด)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	
	ใบชาสด	ใบชาหลังฝัง
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



ตัวอย่าง	ความสามารถในการตัดชิ้นรูปชาฝรั่ง	
	ใช้รูล้ำหน้าแวน 8 มม. (กก./ชม.)	ใช้รูล้ำหน้าแวน 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

ก



ข



ค



ง

ภาพที่ 1.6 ก ผึ่งลดความชื้นยอดใบชา ข นำยอดชาใบชาลงในเครื่องนวดทรงกระบอก ค ยอดชาใบชาที่นวดด้วยเครื่องนวดทรงกระบอกเสร็จแล้ว ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างยอดใบชาที่ใช้ทดสอบตัดชิ้นรูป จ ตัดชิ้นรูปยอดใบชา ฉ หมักยอดใบชาที่ตัดชิ้นรูปแล้ว

จ

ฉ

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

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟริง ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างหลัก ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที และหัวขึ้นตัดขึ้นรูป ประกอบด้วย หัวตัดขึ้นรูป ตัดหยาบทำ จากหัวบดเนื้อเบอร์ 52 และหัวตัดขึ้นรูปตัดละเอียดทำจากหัวบดเนื้อเบอร์ 42 โดยชุดหัวตัดขึ้นรูปมีส่วนประกอบ คือ ตัวโครงหัวตัด เพลาเกลียวอัด ไบมีดตัดและจานหน้าแวน ในการทดสอบตัดขึ้นรูป 2 วิธี คือ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัว ตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้ รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม. จำนวนวิธีการละ 10 ซ้ำ ใช้น้ำหนักตัวอย่างซ้ำละ 4.8 กก. พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สะดุดติดขัดขณะทำการตัดและมีลักษณะการทำงานที่สอดคล้อง กันเป็นอย่างดี ความสามารถในการตัดขึ้นรูปซาฟริง 91.22 กก./ชม. และ 69.53 กก./ชม.

ข้อเสนอแนะ

สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปซา สามารถนำต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟริง ไปใช้ในงานการ แปรรูปซาฟริงได้ การเลือกควรใช้ 1.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. และหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูล หน้าแวนขนาด 8 มม. 2.ตัดขึ้นรูปโดยหัวตัดเบอร์ 52 ใช้รูลหน้าแวน 20 มม. กับหัวตัดเบอร์ 42 ใช้รูลหน้าแวนขนาด 6 มม.ควรต้องมีการทดสอบตลาดก่อนว่าผู้ซื้อต้องการขนาดผงซาขนาดใด เพราะเป้าหมายของการนำผงซาไปแปรรู ปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันมักมีความต้องการขนาดผงซาที่ต่างกัน

คำขอขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความ อนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟริง รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบการแปรรูปซาฟริง และขอ ขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟริง รวมทั้งทำ การเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการอัน ประกอบด้วย นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม นายสุภาวิชต์ เสงี่ยมพงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนา เครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนได้ต้นแบบเครื่องตัดขึ้นรูปซาฟริง นับเป็นนวัตกรรมใหม่ของประเทศ และ สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

สมพล นิลเวศน์, ฉัตรตันทา ช่มอารุช, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒน์เกียรติ, นงคราญ โชติอัมมอดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์, 2558 เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ซาเพื่อผลิตซาเขียวชนิดอบไอน้ำและซาฟริง ผลงานวิจัยดีเด่น กรม วิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, อีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชย์ 2550 การศึกษา สถานภาพปัจจุบันของซาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา <http://www.teainstitutemfu.com/document/TR8.pdf> (11 ก.ย. 2557)

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2552 ซา แหล่งที่มา <http://www.boc.dip.go.th/download/report3.pdf> (14 พ.ค. 2558)

วรวิทย์ อิงภากรณ์ และชาญ อดิงาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
กรุงเทพฯ 451 หน้า

ผนวก ก

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

เลือกใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป
เลือกใช้ล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 102 มม (4 นิ้ว) และล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 203 มม (8 นิ้ว)

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

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน 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

หาความยาวพิตช์โดยประมาณ

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

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

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 $N_l = 0.91$

สำหรับล้อสายพาน 102 มม อัตราทด 1.99 และ $n_1 = 1450$ rpm (เทียบเคียงจากล้อสายพาน A)

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

$$z = \frac{w_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l}$$

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

เลือกใช้สายพานลิม 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

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

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

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 เลือกแรงกระทำกระทักปานกลาง $N_s = 1.79$

กำลังที่ใช้เลือกขนาดโซ่

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

จากตาราง 11.18 เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตซ์ (p) 12.70 มิลลิเมตร

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

หาค่าความเร็วของโซ่

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

แรงในแนวสัมผัส

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

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

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

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 เมื่อเทียบเคียงกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 40

คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาส่งผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.906 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาส่ง (σ_{yt}) 240 เมกกะนิวตัน/ตารางเมตร

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วิธีธีและชาญ, 2556)

$$P = 2\pi nT / 60$$

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

แรงจุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

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

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่แรงจุดของมอเตอร์กระทำต่อเพลาส่ง (M_{max}) ส่งผลให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤติที่ผิวนอกสุดของเพลาส่ง

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

หาค่าความปลอดภัยของเพลาส่ง (N) ได้จากสมการข้างล่าง

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

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

เพลลาที่เลือกใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่มอเตอร์ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิ้มส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลลาเกลิยวัด ใช้สมการแสดงไว้ข้างล่างนี้

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

$$P = \frac{2\pi nT}{60}$$

โมเมนต์บิดของมอเตอร์ $T = (1500 \times 60) / (2 \times \pi \times 1450) = 9.88$ นิวตัน • เมตร

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลางพิตเฟืองโซ่ตัวขับ 75 มม.)

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

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

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

เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเกลิยว 0.050 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.120 เมตร คำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลิยว 0.085 เมตร เกลิยวมีระยะพิต 0.055 เมตร หาค่ามุมเอียงของเกลิยวได้ 11.64 องศา

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

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

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลิยวสามารถอัดส่งวัสดุเป็นแรงกระทำต่อเพลลาในแนวแกน (แรงกระจายอยู่บนใบเกลิยวตลอดความยาวของเกลิยว) จึงสมมติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลาเกลิยว เพลามีเส้นผ่านศูนย์กลางเสา 0.038 เมตร มีความยาว 0.500 เมตร ในกรณีการยึดปลายเป็นแบบ ยึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) วัสดุเหล็กเพลลาขามีค่างังโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (σ_y) 240 เมกะปาสกาล

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

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

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

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

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

เกลิยวัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่ง

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

การทดลองที่ 1

P	=	กำลัง(กิโลวัตต์)
ω	=	ความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที
Z	=	จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลัง (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	=	แรงดึงไนโซ่ (นิวตัน)
F_b	=	แรงแตกหักน้อยสุดของโซ่ (นิวตัน)
N_b	=	ค่าความปลอดภัยควรมีค่าระหว่าง 7-15