

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย -
2. โครงการวิจัย การศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้นยาว
กิจกรรม -
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้นยาว
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Education and Development the Bagging Machine from Corn shell in Long Shape for Mushroom Cultivation
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง นายเกรียงศักดิ์ นั้กผูก สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
นางสาวนันท์นที ศรีจุมปา สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย
นายสมเดช ไทยแท้ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบและทดสอบพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้นยาว มีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน คือ โครงสร้างฐาน ท่อเกลียวป้อนอัด ถาดป้อน โครงช่องป้อน ปลายเรียวท่อ ท่อปลายอัดแน่น เพลาเกลียวอัด และระบบส่งกำลัง ได้ทำการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคนและการอัดก้อนโดยเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้นยาว ในกรณีเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อยหมักกลดุง พบว่า การอัดโดยใช้แรงคน ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลดุงยาว มีความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักกลดุง มีความสามารถในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้เครื่องอัดก้อนจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้นยาว ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลดุงยาว มีความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักกลดุง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนเปลือกข้าวโพดที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 736.25 ± 171.50 กรัม/ก้อน วัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 84.14 ± 19.60 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ(Keywords): ข้าวโพด การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้นยาว

Abstract

Prototype and test development of Bagging Machine from Corn shell in Long Shape for Mushroom Cultivation was studied and tested major structural 8 parts viz. Base structure, Tubular compression screw feeder, feeder, Frame entry, Tapered pipe, The tube was packed,

Shaft screw compressors, and Power transmission system. Tested the briquettes using human force and the Bagging Machine in the case of corn husks, the small chopper and not chopped small. Results that the compressed using human force a capacity of 65 ± 13 bales / hour and a capacity 49 ± 6 bales / hour. Machine a capacity 95.00 ± 14.00 bales / hour and a capacity 97.00 ± 14.00 bales / hour respectively. The compressed bales shell weighs 2.5 kilograms. Yielded Hungary mushroom average 736.25 ± 171.50 grams / bales and biological efficiency of plant material 84.14 ± 19.60 percent.

Keywords : Corn Husks, Mushroom cultivation on plastic bags, Bagging Machine

6. คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งประเทศ 7.03 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 4.612 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ในพื้นที่ภาคเหนือ 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน ลำปาง แพร่ น่าน และพะเยา มีพื้นที่ปลูกกว่า 1,200,000 ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 300,000 ไร่ มี 2 จังหวัด ได้แก่ พะเยาและน่าน (สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา, 2553) การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ภาคเหนือเก็บแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือก จากนั้นทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก ทำให้มีเปลือกเหลือกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ในบางพื้นที่มีการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ และซังข้าวโพดนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ในหลายพื้นที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (หมอกควันคุมเมืองในภาคเหนือทุกปีในหน้าแล้ง)

เห็ดเป็นรา ที่มีวงจรชีวิตที่สลับซับซ้อน โดยใช้สปอร์เป็นส่วนที่สร้างเซลล์ขยายพันธุ์ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกเป็นเส้นใย เมื่อกลุ่มใยราเจริญพัฒนาเป็นก้อนเกิดเป็นดอกเห็ด อยู่เหนือพื้นดิน บนต้นไม้ ขอนไม้ ซากพืช มูลสัตว์ ฯลฯ ดอกเห็ดเจริญขึ้นและสร้างสปอร์ขึ้นใหม่ หมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป เห็ดจัดเป็นพืชชั้นต่ำ เนื่องจากไม่มีคลอโรฟิลล์ ไม่สามารถสังเคราะห์แสงและปรุงอาหารเองได้เหมือนพืชชั้นสูงทั่วไป มีการจัดแบ่งกลุ่มเห็ด คือ แบ่งตามถิ่นที่อยู่และแหล่งอาหาร เช่น เห็ดที่เจริญเติบโตในการสลายซากพืช เห็ดที่เจริญเติบโตบนสิ่งมีชีวิตอื่น หรือแบ่งตามลักษณะสมบัติ เช่น เห็ดรับประทานได้ เห็ดพิษ เห็ดใช้ประโยชน์ทางยา เห็ดที่มีคุณสมบัติอื่นๆ (ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ, 2552) ในแต่ละปีมีปริมาณการผลิตเห็ดทั่วโลก 4.27 ล้านตัน แยกออกเป็น เห็ดแชมปิยอง (*Agaricus bisporus*) ประมาณ 38% เห็ดนางฟ้านางรม (*pleurotus sp.*) ประมาณ 25% และเห็ดฟาง 16% ประเทศไทยมีการส่งออกเห็ดในรูป เห็ดสด เห็ดแห้ง และเห็ดปรุงแต่ง ตั้งแต่ปี 2546-2549 มีมูลค่ากว่า 900 ล้านบาท เฉลี่ยปีละประมาณ 200 ล้านบาท ซึ่งประชากรไทยที่มีอายุตั้งแต่ 3 ขวบขึ้นไปมีมากกว่า 40 ล้านคน มี 24 ล้านคนที่บริโภค เห็ดฟาง เห็นโคน รองลงมาคือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดหิว มีมากกว่า 19 ล้านคน เห็ดหูหนูและเห็ดหูหนูขาว มีคนที่บริโภค มากกว่า 12 ล้านคน และเห็ดอื่น ๆ อีก มากกว่า 4 ล้านคน (นิสาชล 2557) นันทินีและศิริกานต์ (2553) รายงานว่า การใช้เฉพาะเปลือกฝักข้าวโพด และเฉพาะซังข้าวโพด สามารถเพาะเห็ดนางรมฮังการีให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับ

การใช้ชีลื้อยไม้ยางพารา แต่การอัดเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลงในถุงเป็นก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยแรงคนนั้นทำได้ยาก เนื่องจากวัสดุเพาะเป็นเปลือกฝักข้าวโพดมีความยืดหยุ่นสูง เครื่องอัดก้อนที่ใช้กับชีลื้อยยางพาราไม่สามารถอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่เป็นเปลือกข้าวโพดได้ ดังนั้น การศึกษาพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวเป็นการต่อยอดผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นผลดีต่อผู้ประกอบการเพาะเห็ด ในส่วนการลดต้นทุนและไม่ต้องพึ่งพาชีลื้อยยางพาราเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในแหล่งปลูกข้าวโพดที่มีเปลือกฝักข้าวโพดปริมาณมหาศาลที่กองทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคเหนือ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร โดยเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนและเสริมรายได้ให้กับผู้เพาะเห็ด นอกจากนี้ก้อนเชื้อเห็ด เมื่อเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักสำหรับปรับปรุงบำรุงดินได้อีกด้วย

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- 1 ถูพลาสติกร้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร
- 2 นาฬิกาจับเวลา
- 3 กล้องบันทึกภาพ
- 5 เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว
- 6.เปลือกข้าวโพดแห้งที่เกิดจากการกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือก ใช้ทั้งแบบหั่นย่อยและไม่หั่นย่อย

วิธีการดำเนินการ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษานำเอาเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้ในการเพาะเห็ด ก้อนวัสดุเพาะจะใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่มีแรงงานมากพอในการอัดก้อน จึงต้องทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) ตรวจสอบเอกสาร ข้อมูลด้านการเพาะเห็ด และศึกษาเก็บข้อมูลการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดโดยใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทางทฤษฎี วิเคราะห์ข้อมูลการอัดก้อนแบบเกลียวอัดเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องเบื้องต้น ออกแบบและโครงสร้างหลัก สร้างเครื่องต้นแบบ โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (ผนวก ก)
- 3) ดำเนินการทดสอบทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการทดสอบเบื้องต้น มี ตัวแปรสำคัญ คือ ความชันของท่อที่เรียวยาวมีมุมออกแบบเริ่มต้นที่ 20 องศา ช่วงท่อที่เรียวยาวยาว 35 มิลลิเมตร กำหนดให้ระยะเรียวยาวไม่เกิน 70 มิลลิเมตร โดยปรับท่อให้เรียวยาวเป็นมุม 10 และ 15 องศา ทำให้ช่วงท่อที่เรียวยาวยาว 70 และ 52 มิลลิเมตร ทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสม โดยเทียบความเร็วที่ 3 ระดับ โดยปรับเปลี่ยนขนาดล้อยางพานที่ติดบนเพลากลียวอัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 405,457 และ 508 มิลลิเมตร ส่วนล้อยางพานที่ติดบนเพลาลูกเบี้ยว

มอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มิลลิเมตร และปลายท่ออัดมีความยาว 3 ขนาด คือ 100 ,150 และ 200 มิลลิเมตร

4) ทดสอบต้นแบบการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง โดยนำเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย มาหมักตามสูตร (ผนวก ข) ดำเนินการอัดลงถุงยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร โดยให้ทุกก้อนมีน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร

4.1) เก็บข้อมูลการอัดด้วยแรงคนโดยใช้มืออัด ทั้งที่เป็นเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย

4.1) เก็บข้อมูลการอัดด้วยเครื่องอัดก้อนแบบก้อนยาว ทั้งที่เป็นเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย เก็บข้อมูล เวลาที่ใช้สวมถุงเข้ากับท่ออัดของเครื่อง เวลาที่เครื่องอัดเปลือกข้าวโพดเข้าไปในถุง เวลาในการมัดปากถุงที่อัดแล้ว และสุ่มวัสดุเพาะ 30 ตัวอย่าง/ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าความชื้น

5) วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ หาอัตราการอัดก้อนที่อัดโดยใช้แรงคนเทียบกับการอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อน ประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อน วัสดุเพาะที่ผลิตจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

6) นำก้อนวัสดุเพาะที่ผลิตจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ไปเพาะเห็ดนางรมฮังการี เพื่อเก็บตัวเลขผลผลิตเห็ด และคำนวณเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency, BE.) คือ ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเห็ดสดหารด้วยค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งวัสดุเพาะและคูณด้วยหนึ่งร้อย

7) วิเคราะห์ข้อมูล เขียนรายงานผล สรุปแนวทางการใช้ประโยชน์สำหรับการเผยแพร่

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ระยะเวลาทำการวิจัย - ตุลาคม 2557 – กันยายน 2559 รวม 2 ปี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการตรวจเอกสารและเก็บข้อมูลในพื้นที่ พบว่า เมื่อย้อนไปประมาณ 2-3 ปี การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเก็บแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือก ป้องกันไม่ให้เมล็ดเกิดแผลหรือเมล็ดร้าวในระหว่างทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้าย และชะลอการเกิดแอฟลาทอกซิน ได้นาน 3-6 สัปดาห์ จากนั้นทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก (รูปที่ 2.1 ก) สำหรับในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ (อ.แม่แจ่ม) ทำให้มีเปลือกเหลือกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้งในช่วงแล้ง (รูปที่ 2.1 ข) ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศขึ้นในฤดูแล้งเป็นสาเหตุหนึ่งของหมอกควันคูเมือง แต่ในสภาพกาลปัจจุบัน มีการอัดเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นก้อนขนาด 500 x 800 x 360 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม/ก้อน จำหน่าย 30

บาท/ก้อน (รูปที่ 2.1 ค) เพื่อนำมาใช้หมักเป็นอาหารหยาบสำหรับโค ทำให้มีความตื่นตัวในการนำเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาใช้ประโยชน์มากขึ้น เช่น ทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ นำมาเพาะเห็ดฟาง ทำปุ๋ยหมัก อัดเม็ดเชื้อเพลิง

ปัจจุบันการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกเป็นที่นิยมมาก เกิดขึ้นมากทั่วทุกภูมิภาคของไทย คือ การเพาะเห็ดโดยใช้ขี้เลื่อยยางพาราเป็นวัสดุหลัก หลายปีที่ผ่านมาราคาขี้เลื่อยไม้ยางพาราสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 50% ในปัจจุบันหนึ่งรถบรรทุกมีราคา 28,000-30,000 บาท ผู้เพาะเห็ด จึงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น สำหรับในเขตภาคเหนือตอนบน ก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่ใช่ก้อนจากขี้เลื่อยยางพารา ราคา 5-6 บาท/ก้อน ก้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.7-0.8 กิโลกรัม และก้อนจากขี้เลื่อยยางพารา ก้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.9-1 กิโลกรัม มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ราคา 8 บาท/ก้อน ให้ผลผลิตเห็ดนางรมประมาณ 0.2-0.3 กิโลกรัม เห็ดเกือบทุกชนิด ยกเว้นเห็ดฟางและเห็ดกระดุมใช้เทคนิคการเพาะในถุงพลาสติก ซึ่งการทำฟาร์มเห็ดขนาดเล็กต้นทุนต่อหน่วยค่อนข้างสูง จะมีกำไรต้องมีราคาขายมากกว่า 40 บาท/กิโลกรัม แต่หากเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ มีกำไร เมื่อขายราคา 10 บาท/กิโลกรัม เมื่อเทียบราคาเห็ดทุกชนิดในตลาด พบว่า ราคาขายปลีก 45 -170 บาท/กิโลกรัม แล้วแต่ชนิดของเห็ด (นิตยา, 2557) นันทินี.และศิริกานต์.(2553) ได้วิจัยการเพาะเห็ดนางรมจากเปลือกฝักข้าวโพดในถุงพลาสติก พบว่า ผลผลิตเห็ดไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ในปัจจุบันยังไม่มีผู้ประกอบการเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด



รูปที่ 2.1 ก) เปลือกข้าวโพดที่เกิดจากกะเทาะเอาเมล็ด ข) การเผาทำลายทิ้งในช่วงแล้ง ค) ก้อนเปลือกข้าวโพด

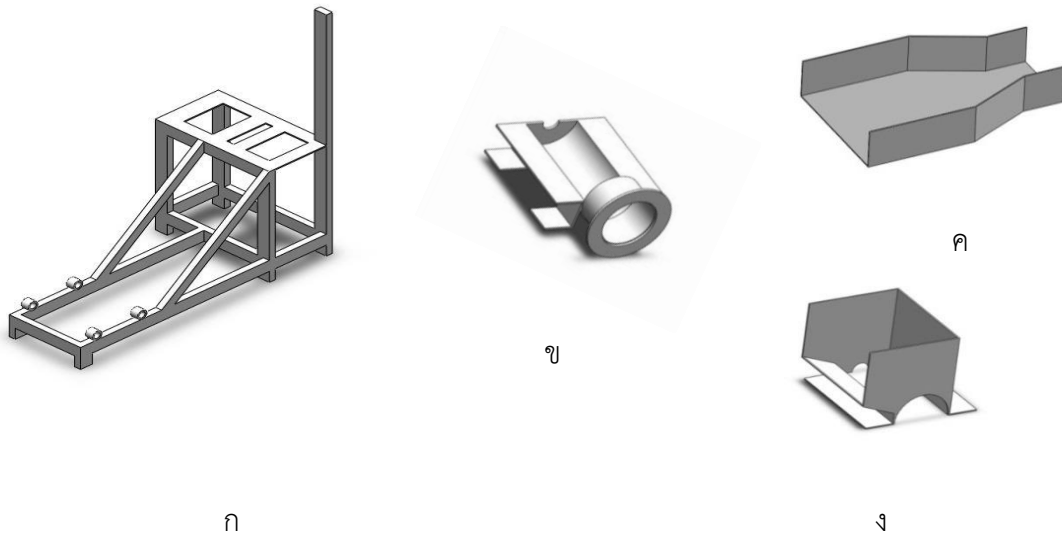
ผลการออกแบบในทางทฤษฎีเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B ที่เพลลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 114.3 มิลลิเมตร (4.5 นิ้ว) ส่งกำลังไปเพลลาของเกียร์อัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_p) 406.4 มิลลิเมตร (16 นิ้ว) ผลการคำนวณสายพานลิ่มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลลาอยู่ในช่วงระหว่าง 364-1041 มิลลิเมตร ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 133 องศา ความเร็วของสายพาน 8.67 เมตร/วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 173 นิวตัน เนื่องจากแรงอัดส่งที่

เกลียวอัดมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 0.025 เมตร มีความยาว 0.370 เมตร การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free , $L_e = 2L$) ตรวจสอบค่าความเพริยวของของเพลลาเกลียว พบว่า เป็นเกลียวยาวใช้สมการของออยเลอร์ คำนวณค่าความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลลาขาวมีค่ายังโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล (วริทธิ์ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 9.3 แสดงว่า เพลลาเกลียวอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน เมื่อพิจารณาค่าภาระบนเพลลาโดยรวม จุดที่รับภาระสูงสุด คือ จุดเปลี่ยนหน้าตัดของเพลลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางโต 38 มิลลิเมตร ลดขนาดลงเป็น 25.4 มิลลิเมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 35.19 นิวตัน•เมตร คำนวณได้ค่าความเค้นเฉือน 11.48 เมกะปาสกาล มีภาระแรงกดในแนวแกน 7.68 กิโลนิวตัน คำนวณได้ค่าความเค้นกด 15.17 เมกะปาสกาล พบว่า ค่าความปลอดภัยของเพลลาเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 12.62 แสดงว่า เพลลาที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้ (ผนวก ก)

ผลการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว โดยมีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน ดังรายละเอียด คือ

1. โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กกล่องขนาด 50×25 มิลลิเมตร ขึ้นโครงลักษณะสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 480 มิลลิเมตร ยาว 265 มิลลิเมตร สูง 160 มิลลิเมตร ด้านหน้าต่อโครงยื่นออกมา 795 มิลลิเมตร สูงจากพื้น 50 มิลลิเมตร เพื่อเป็นฐานยึดมอเตอร์ต้นกำลัง (รูปที่ 2.2 ก)
2. ท่อเกลียวป้อนอัด ทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 120 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ท่อยาว 290 มิลลิเมตร ท่อถูกผ่าออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลมยาว 240 มิลลิเมตร และปิดด้วยเหล็กแผ่นครึ่งวงกลมที่ตรงปลายด้านใน มีส่วนโค้งครึ่งวงกลมรัศมี 20 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ที่ปลายปากท่อมีลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ด้านข้างช่วงที่เป็นครึ่งวงกลมมีเหล็กฉากขนาด 50×50 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร เชื่อมยึดติดอยู่ที่ด้านข้างทั้งสองด้าน และที่ปลายเหล็กทั้งสองท่อนด้านใต้ปีกมีเหล็กฉากขนาดเดียวกันยาว 50 มิลลิเมตร เชื่อมติดอยู่ทั้งสี่ด้านโดยปลายปีกหันออกด้านนอก เพื่อเจาะรูยึดติดกับโครงสร้างฐาน (รูปที่ 2.2 ข)
3. ภาตป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 41.5 มิลลิเมตร ยาว 340 มิลลิเมตร ปลายเรียว ลงยาวออกไป 190 มิลลิเมตร. ตรงสุดปลายเรียวกว้าง 230 มิลลิเมตร. และมีปลายต่อตรงยาว 130 มิลลิเมตร มีขอบภาตสูง 130 มิลลิเมตร ตลอดความยาวของภาต (รูปที่ 2.2 ค)
4. โครงช่องป้อน ทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร พับเป็นรูปตัวยู กว้าง 245 มิลลิเมตร ปีกสองข้างยาว 190 มิลลิเมตร ปีกด้านซ้ายตรงกึ่งกลางกับผนังด้านใน ตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 20 มิลลิเมตร และอีกด้านตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 62 มิลลิเมตร ตรงปลายส่วนโค้งนี้กับผนังนอกของด้านใน ยึดเหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร ตรงปลายเหล็กฉากที่เป็นผนังช่องป้อนด้านนอกตัดเอียงขึ้น 20 องศา ไปจนสุดปลายปีกตัวและปิดด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ตามแนวเอียง ตรงปีกเหล็กเหล็กฉากเจาะรูไว้ยึดกับช่องเปิดของท่อเกลียวป้อนอัด ด้านบนมีฝาปิดสี่ขนาด 160×245 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.2 ง)

5. ปลายเรียวท่อ ที่ปากท่อทางเข้ามีลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ถัดลงไปเป็นท่อเหล็กเรียวลงไปจนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงเรียว 70 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.3 ก)

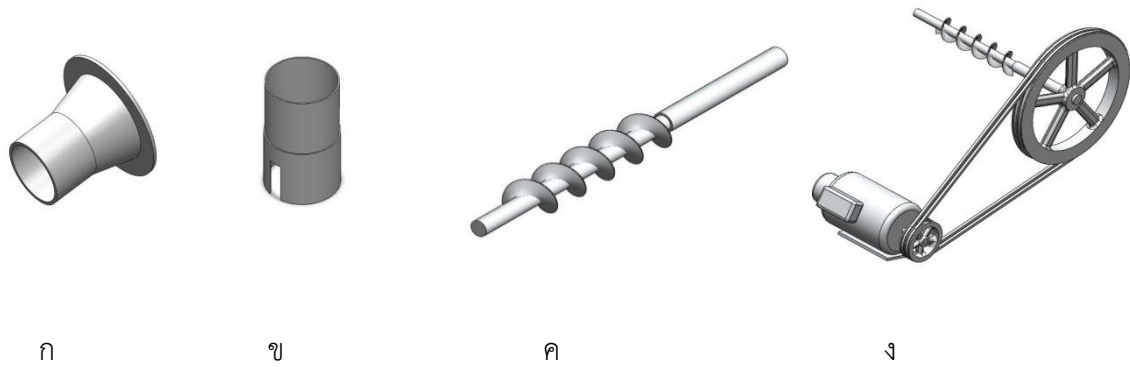


รูปที่ 2.2 ก.) โครงสร้างฐาน ข.) ท่อเกลียวป้อนอัด ค.) ถาดป้อน ง.) โครงช่องป้อน

6. ท่อปลายอัดแน่น มีลักษณะเป็นท่อสวมเหลื่อมกัน 25 มิลลิเมตร ท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกสวมรัดท่อในอยู่มีความหนาท่อ 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกถูกผ่าออกในมีช่องรูปตัวยู กว้าง 20 มิลลิเมตร ลึก 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ช่อง ตำแหน่งห่างกัน 180 องศา (รูปที่ 2.3 ข)

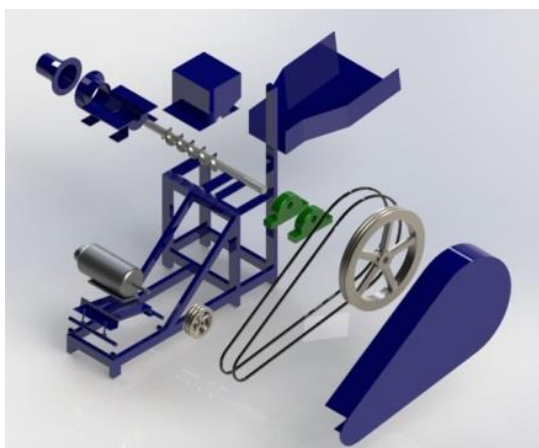
7. เพลากลียวอัด ทำจากเหล็กเพลากลึงเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร เพลาด้านที่เชื่อมใบเกลียวติดถึงลดขนาดลงจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร วัดจากปลายเพลามา 420 มิลลิเมตร มีปลอกสวมอัดและเชื่อมติดกับเพลากลึงเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร เป็นเหล็กเพลาวางหน้าตัดแปดเหลี่ยม ขนาด 50 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร บนเพลากลึงขนาด 25 มิลลิเมตร มีใบเกลียวเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 112 มิลลิเมตร เชื่อมติดตลอดแนวยาว 300 มิลลิเมตร ที่ปลายใบเกลียวตัวสุดท้ายทำใบเกลียวเรียวลงจนปลายมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงเรียว 70 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.3 ค)

8. ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์เป็นต้นกำลัง ใช้สายพาน B-100 จำนวน 2 เส้น เป็นตัวส่งกำลังจากล้อสายพานขับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 152 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ติดกับมอเตอร์และส่งไปยังล้อสายพานตามที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว เพื่อหมุนเพลากลียวป้อนเปลือกข้าวโพดเข้าไปในท่อและอัดเปลือกข้าวโพดผ่านท่อเรียวไปจนไหลออกที่ปลายท่ออัด (รูปที่ 2.3 ง)

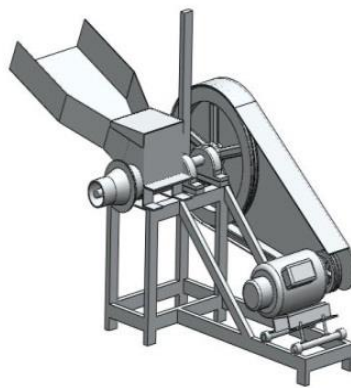


ก) ปลายเรียวท่อ ข.) ท่อปลายอัดแน่นรูปที่ 4 ค.) เพลาเกลียวอัด ง.) ระบบส่งกำลัง

จากที่ได้กล่าวมาเป็นรายละเอียดชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อนำแบบชิ้นส่วนเรียงประกอบ (รูปที่ 2.4 ก.) พร้อมทั้งประกอบกันเข้าเป็นเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (รูปที่ 2.4 ข.) และได้ทำการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (รูปที่ 2.4 ค.)



ก



ข



ค

รูปที่ 2.4 ก.) แบบแยกชิ้นส่วนเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ข.) แบบประกอบชิ้นส่วนเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ค.) ภาพถ่ายเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว

ผลการทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

ได้ออกแบบพร้อมทั้งสร้างต้นแบบชุดแรกและทำการทดสอบเบื้องต้น โดยใช้เปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อย พบว่า ความชื้นของมูลเรียวที่ 20 องศา การอัดก้อนในกรณีหั่นย่อยสามารถลำเลียงออกมาตามท่อได้ แต่มาอัดติดแน่นตรงปลายท่อที่บีบเรียวลง อัดแน่นจนเครื่องไม่สามารถอัดเปลือกฝักข้าวโพดออกมาตามท่อได้ สำหรับความชื้นของมูลเรียวที่ 10 และ 15 องศา พบว่า เปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยมีการไหลออกมาตามท่อต่อเนื่องได้ดี ในกรณีเปลือกฝักข้าวโพดไม่ได้หั่นย่อย พบว่า หากต่อท่อที่สุดปลายเรียวเปลือก

ข้าวโพดไปติดที่ปลายเรียวเหมือนกันแบบแรก ส่งผลต่อเนื่องให้เปลือกที่ไม่ได้หั่นย่อยพันติดแน่นกับเพลาเกลียว
ลำเลียง การแก้ปัญหา คือ การหมักให้เปลือกข้าวโพดอ่อนนุ่มลง คือ หมักประมาณ 10 วัน ซึ่งก็สอดคล้องกับความ
ต้องการในการเตรียมก้อนเห็ด คือ ต้องมีความชื้น 50-60 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถอัดเปลือกข้าวโพดในกรณีเปลือก
ฝักข้าวโพดไม่ได้หั่นย่อยให้ไหลไปตามท่ออัดได้ แต่ก็มีความแน่นยังไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขปัญหาลำดับต่อมา คือ
หาความเร็วที่เหมาะสม สำหรับเพลาอัดโดยเทียบความเร็วที่ 3 ระดับ ที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้น คือ เพลา
เกลียวอัดมีความเร็ว 544, 482 และ 433 รอบ/นาที เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า ความชื้นของนมเหียวที่ 10 องศา
ความเร็วที่ 482 รอบ/นาที และปลายท่ออัดมีความยาว 150 มิลลิเมตร มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากการไหล
ออกที่ปลายท่อมีลักษณะเป็นก้อนสม่ำเสมอต่อเนื่อง เครื่องเดินเรียบขณะอัดก้อน ไม่มีลักษณะการสะดุดติดขัด

ผลการทดสอบอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

ผลการทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว โดย ทำการ
ทดสอบอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด มีขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ เริ่มจากเตรียมวัสดุก้อนอัด
ก้อน อัดก้อนวัสดุลงถุง มัดปากถุง เจาะรูสำหรับใส่เชื้อเห็ด ینگก้อนวัสดุ เชื้อเชื้อลงก้อน เดินเชื้อในห้องเดินเชื้อ
เปิดดอกในโรงเปิดดอกเห็ด และเก็บตัวเลขผลผลิตเห็ด (ภาพที่ 2.5 ก-ฉ)



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ



ข



ช



ฅ

ภาพที่ 2.5 ก) เตรียมวัสดุก่อนอัดก้อน ข) อัดก้อนวัสดุลงถุง ค) มัดปากถุง ง) เจาะรูสำหรับใส่เชื้อเห็ด จ) นั่งก้อนวัสดุ ฉ) เชื้อเชื้อลงก้อน ช) เดินเชื้อในห้องเดินเชื้อ ซ) เปิดดอกในโรงเปิดดอกเห็ด ฅ) ผลผลิตดอกเห็ด

ผลการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคน พบว่า ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว ใช้เวลา 55.85 ± 13.25 วินาทีต่อถุง ความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง ใช้เวลา 78.30 ± 86.7 วินาทีต่อถุง ความสามารถในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง

การอัดก้อนเปลือกข้าวโพดโดยใช้ต้นแบบเครื่องอัดก้อนที่สร้างขึ้น ใช้เวลาในการสวมถุง 10.75 ± 4.56 วินาทีต่อถุง ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว ใช้เวลา 27.11 ± 8.33 วินาทีต่อถุง ความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง ใช้เวลา 26.07 ± 8.92 วินาทีต่อถุง ความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง (ตารางที่ 2.1)

ผลผลิตเห็ดจากก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม มีความชื้นเฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเห็ดนางรม ยังการีเฉลี่ย 736.25 ± 171.50 กรัม/ก้อน และวัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 84.14 ± 19.60 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.1 ความสามารถในการอัดก้อนเชื้อเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการอัดก้อน	เวลาอัดก้อน (วินาที/ก้อน)	เวลาสวมถุง (วินาที/ก้อน)	ความสามารถ ในการอัดก้อน(ก้อน/ชั่วโมง)
เปลือกข้าวโพดหั่นย่อย			
แรงคนอัดมือ	55.85 ± 13.25	-	65.00 ± 13.00
อัดด้วยเครื่อง	27.11 ± 8.33	10.75 ± 4.56	95.00 ± 14.00
เปลือกข้าวโพดไม่หั่นย่อย			
แรงคนอัดมือ	74.30 ± 8.67	-	49.00 ± 6.00
อัดด้วยเครื่อง	26.07 ± 8.92	10.75 ± 4.56	97.00 ± 14.00

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบ การอัดโดยใช้แรงคนหากมีการหันย่อยเปลือกฝักข้าวโพดก่อนทำให้อัดได้เร็ว เพราะเปลือกฝักข้าวโพดที่ไม่ได้หันย่อยเวลาจับขึ้นมาอัดลงถุงมักพันกันเป็นขนาดใหญ่ทำให้การอัดได้ไม่แน่นเท่าในกรณีที่หันย่อยมาก่อน เมื่อพิจารณาการอัดโดยใช้เครื่องอัด ความสามารถในการอัดไม่ต่างกัน ไม่ว่าในกรณีที่ทำการหันย่อยหรือไม่หันย่อยเปลือกข้าวโพด จากผลการทดสอบนี้ แสดงให้เห็นว่าวิธีการอัดเปลือกข้าวโพดโดยใช้เครื่องอัด ควรทำการอัดในกรณีไม่ต้องหันย่อย ทำให้ประหยัดทั้งแรงงานและต้นทุนในเรื่องเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้หันย่อย อีกทั้งยังเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานได้ด้วย เมื่อพิจารณาผลผลิตจากก้อนเห็ดยาวที่อัดเปลือกข้าวโพดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม สามารถให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 736.25 กรัม/ก้อน หากเทียบกับกรณีก่อนสับ ที่อัดเปลือกข้าวโพดมีน้ำหนักก้อน 0.8 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 273 กรัม/ก้อน (สุทธิ 2556) และก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพารามีน้ำหนักก้อน 0.9-1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมเฉลี่ยประมาณ 250 กรัม/ก้อน ดังนั้นก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนยาวให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 2.7 เท่า เมื่อเทียบกับก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนสั้น และเทียบกับก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพาราก่อนสับให้ผลผลิตสูงกว่า 2.95 เท่า เมื่อต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มีราคาประมาณ 45,000 บาท/เครื่อง ทำงานเต็มความสามารถ 6 ชั่วโมง/วัน ก้อนเห็ดที่อัดได้ 582 ก้อน/วัน คิดราคาขาย 8 บาท/ก้อน เป็นรายได้จากการทำงานของเครื่องเต็มกำลังเป็นเงิน 4,656 บาท/วัน คิดค่าแรงงาน 300 คน/วัน ใช้แรงงาน 2 คน/วัน เป็นเงิน 600 บาท/วัน ในการอัดก้อน ไฟฟ้าที่ใช้ 0.25 หน่วย/วัน คิดค่าไฟหน่วยละ 3 บาท ค่าไฟฟ้าที่ใช้ทำงาน 0.75 บาท/วัน เปลือกข้าวโพดและวัสดุอื่นๆคิดประมาณ 30 เปอร์เซนต์ จากราคาขายก้อนเห็ด เป็นเงิน 1396.80 บาท/วัน รวมเป็นราคาต้นทุนทั้งหมด 1997.55 บาท/วัน กำไรสุทธิ 2658.55 บาท/วัน เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ใช้งานเต็มความสามารถ 17 วัน ก็ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุน ในการออกแบบมีค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนที่จะเกิดการเสียหายได้ง่ายสุด เท่ากับ 9.3 จากภาระสูงสุดของต้นกำลัง จึงประเมินอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี เมื่อเทียบกับเครื่องที่นำเข้ามาจากต่างประเทศราคาประมาณ 350,000 บาท อัดได้เฉพาะขี้เลื่อยยางพาราหรือไม่หันย่อยเท่านั้น หากลงทุนซื้อเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวราคาถูกกว่า 7.78 เท่า

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเพาะเห็ด ใช้ขี้เลื่อยยางพาราเป็นวัสดุหลัก หลายปีที่ผ่านมาราคาขี้เลื่อยไม้ยางพาราสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 50% ในปัจจุบันหนึ่งรถบรรทุกมีราคา 28,000-30,000 บาท ผู้เพาะเห็ด จึงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B เพลาเกลียวอัดไม่เกิดความเสียหาย เนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน มีค่าความปลอดภัยของเกลียวอัด 9.3 เมื่อพิจารณาค่าภาระบนเพลาโดยรวม พบว่า ค่าความปลอดภัยของเพลาเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 12.62 แสดงว่า เพลาที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้ ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบ ทดสอบและพัฒนาจนได้เครื่องอัดก้อนเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว โดยมีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน คือ โครงสร้างฐาน ท่อเกลียวป้อนอัด ถาดป้อน โครงช่องป้อน ปลายเรียวท่อ ท่อปลายอัดแน่น เพลาเกลียวอัด และระบบส่งกำลัง ในการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคนและการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

พบว่า ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลางถูงยาว มีความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักกลางถูง มีความสามารถในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้ต้นแบบเครื่องอัดก้อนที่สร้างขึ้น ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลางถูงยาว มีความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักกลางถูง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 736.25 ± 171.50 กรัม/ก้อน และประสิทธิภาพทางชีววิทยา 84.14 ± 19.60 เปอร์เซ็นต์ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ใช้งานเต็มความสามารถ 17 วัน ก็ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุน

ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนของความสัมพันธ์ของก้อนที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อย ความหนาแน่นในระดับต่างๆมีผลกับต้นกำลังและให้ผลผลิตเห็ดเป็นอย่างไร

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเพาะเห็ด สามารถนำเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาวนี้ ไปอัดเปลือกข้าวโพดเป็นก้อนเชื่อในการเพาะเห็ดได้ ทั้งในกรณีที่หั่นย่อยเปลือกข้าวโพดหรือในกรณีที่ไม่ต้องหั่นย่อยก็ได้แล้วแต่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเพาะเห็ด

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลผลิตเห็ดจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม ขอขอบเจ้าหน้าที่ โครงการพระราชดำริห้วยฮ่องไคร้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ผลในการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลผลิตเห็ดจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม และขอขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ร่วมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการอันประกอบด้วย นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม นายวิบูลย์ เทเพนทร์ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนได้ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว นับเป็นนวัตกรรมใหม่ของประเทศ และสามารถไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง

12. เอกสารอ้างอิง

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

- นิสาชล กิจพรประเสริฐ. 2557. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของฟาร์มเห็ดขนาดเล็กในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 46 หน้า
- นนทินี ศรีจุมปา และ ศิรากานต์ ชัยนการ. 2553. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตเห็ด ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย
- ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ. 2552. เห็ดป่าในหุบเขาลำพญา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. จ.ยะลา 156 หน้า
- สุทธินี เจริญคิด. ประพนอม .ใจ้าย. วิภาดา แสงสร้อย. คณิศร มนุษย์สม และสากล มีสุข. การทดสอบเทคโนโลยีการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการีด้วยเปลือกข้าวโพด รายงานเรื่องเต็ม การทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 2556 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1. 6 หน้า. สืบค้นจาก <http://www.oard1.doa.go.th>. [20/1/2560]
- สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา. 2553. รายงานสถิติจังหวัด พ.ศ.2553. สืบค้นจาก <http://www.agri.ubu.ac.th/~kanjana/1203321/Data/maize.doc> [3/12/2555]
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร สืบค้นจาก: <http://www.abc-un.org/research/view.php?resID=RDG53O0011> [3/12/2555]

13. ภาคผนวก

ผนวก ก

การออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวในทางทฤษฎี

ในการออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้มและเพลาส่งกำลัง ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และสมการที่ใช้ในการคำนวณ ได้อ้างอิงจากตำรา การออกแบบเครื่องจักรกล 1 และ 2 ของ วริทธิ์ และชาญ 2556

เลือกใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป ได้สมมุติเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เพลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 114.3 มม (4.5 นิ้ว) และเพลาของเกลิยวอัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 406.4 มม (16 นิ้ว)

$$\text{อัตราทด } m_w = D_p / d_p = n_1 / n_2 = 406.4 / 114.3 = 3.56$$

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(114.3 + 406.4) = 1041.4 \text{ มม}$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(114.3 + 406.4) = 364.49 \text{ มม}$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 365$ มม

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณ

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

$$L_p = 2(365) + 1.57(406.4 + 114.3) + (406 - 114.3)^2 / 4(365) = 1605.78 \text{ มม}$$

เลือกใช้สายพาน 1606 มม

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลา เพื่อหาค่าแก้ไขส่วนโค้ง

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

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

$$P \approx 0.25(1606) - 0.393(406 + 114.3) = 197.02$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 0.125(406 - 114.3)^2 = 10636.11$$

$$C \approx 197.02 + (197.02^2 - 10636.11)^{1/2} = 364.89$$

แทนค่ากลับหาค่า $C = 366$ มม

$$\text{หาค่า } (D_p - d_p) / C = (406 - 114.3) / 366 = 0.79$$

จากตาราง 10.20 ได้ตัวประกอบแก้ไขการใช้งาน $N_s = 1.4$

จากตาราง 10.21 ได้ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง $N_a = 0.87$

จากตาราง 10.25 เลือกค่า $L_p = 1606$ มม ได้ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน $N_l = 0.93$

สำหรับล้อสายพาน 114.3 มม อัตราทด 3.56 และ $n_1 = 1450$ rpm (ล้อสายพาน B) ได้ $P_R = 2.56$

Kw การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ้มที่ใช้

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

$$Z = 1.5 \times 1.4 / 2.56 \times 0.87 \times 0.93 = 1.01 \text{ เส้น}$$

เลือกใช้สายพานลิม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

คำนวณหาค่ามุมสัมผัสของสายพาน

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

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(406 - 114.3 / 2 \times 365.64) = 133 \text{ องศา}$$

คำนวณความเร็วของสายพาน $v = \pi d_p n$

$$v = \pi \times 114.3 \times 1450 / 1000 \times 60 = 8.67 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง $F = W_p / v$

$$F = 1.5 \times 1000 / 8.67 = 173 \text{ นิวตัน}$$

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

$k_2 = 0.385$ (ตัวประกอบหน้าตัดสายพาน B จากตาราง 10.19)

แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

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

$$F_i = (2 \times 173 + 2 \times 0.385 \times 75.17) \times 0.917 = 370.36 \text{ นิวตัน}$$

ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่มอเตอร์ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิมส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลาเกลิยวัด ใช้สมการแสดงไว้ข้างล่างนี้

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

$$P = \frac{2\pi n T}{60}$$

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

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

$$F = \frac{T}{r} = 9.88 / (0.114 / 2) = 173.33 \text{ นิวตัน}$$

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

$$T_{max} = FR = 173.33 \times (0.406 / 2) = 35.19 \text{ นิวตัน} \cdot \text{เมตร}$$

เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเกลิยว 0.025 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.112 เมตร คำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลิยว 0.0685 เมตร เกลิยวมีระยะพิต 0.07 เมตร หาค่ามุมเอียงของเกลิยวได้ 18 องศา

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

$$W = 2 \times 35.19 \times (1 - 0.2 \tan 18) / 0.0685 (0.2 - \tan 18) = 7685.29 \text{ นิวตัน}$$

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวสามารถอัดส่งวัสดุเป็นแรงกระทำต่อเพลานในแนวแกน (แรงกระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด) จึงสมมติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลากลียว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเสา 0.025 เมตร มีความยาว 0.370 เมตร ในกรณีการยึดปลายเป็นแบบ ยึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) วัสดุเหล็กเพลามีค้ำยั้งโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาน (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล

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

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

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

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

$$N = \frac{\pi^3 \times 207 \times 10^9 \times 0.025^4}{64 \times 7685.29 \times (2 \times 0.370)^2} = 9.3$$

เพลานอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่ง

คำนวณค่าภาระบนเพลานส่งกำลัง จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดเปลี่ยนหน้าตัดของเพลานมีเส้นผ่านศูนย์กลางโต 38 มิลลิเมตร ลดขนาดลงเป็น 25.4 มิลลิเมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 35.19 นิวตัน•เมตร คำนวณได้ค่าความเค้นเฉือน 11.48 เมกะปาสกาล มีภาระแรงกดในแนวแกน 7685.29 นิวตัน คำนวณได้ค่าความเค้นกด 15.17 เมกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาน (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล หาค่าความปลอดภัยของเพลาน (N) ได้จากสมการข้างล่าง

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

$$N = 240 / (15.17^2 + 11.48^2)^{1/2} = 12.62$$

เพลานที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

ผนวก ข

การหมักเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การหมักเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดสกุลนางรม ส่วนผสมวัสดุเพาะประกอบด้วย

เปลือกข้าวโพดแห้ง	100	กิโลกรัม
ปุ๋ยยูเรีย	1	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ยิปซัม	1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม
รำละเอียด	8	กิโลกรัม

ขั้นตอนการหมัก

วันที่ 1 ลดน้ำบนกองเปลือกฝักข้าวโพดให้ชุ่ม ทิ้งไว้ค้างคืน

วันที่ 2 ทำกองเปลือกฝักข้าวโพดเป็นรูปกรวยคว่ำบนพื้นปูนโดยการโรยและเกลี่ยเป็นชั้นหนา 3-4 นิ้ว หว่านยูเรียผสมปูนขาวบนกองฟางแต่ละชั้นให้ทั่ว จนถึงชั้นสุดท้ายคลุมด้วยเปลือกข้าวโพด จากนั้นคลุมกองด้วยแผ่นพลาสติกโดยเปิดหลังกองไว้เล็กน้อยเพื่อระบายความร้อนภายในกอง

วันที่ 4 ทำการกลับกองเปลือกฝักข้าวโพด โดยเอาส่วนข้างในสลับออกมาข้างนอกและเอาส่วนข้างนอกสลับเข้าไปไว้ข้างใน

วันที่ 6 ทำการกลับกองเหมือน วันที่ 4 และให้ผสมยิปซัมลงไปในการกองเปลือกฝักข้าวโพดด้วย

วันที่ 8 ทำการกลับกองเหมือน วันที่ 4 และให้ผสมดีเกลือลงไปในการกองเปลือกฝักข้าวโพดด้วย

วันที่ 10 ถ้าในกองเปลือกฝักข้าวโพดไม่มีกลิ่นแอมโมเนียและความชื้นเหมาะสม ซึ่งสามารถตรวจได้โดยการบิดเปลือกฝักข้าวโพดด้วยมือ ถ้ามีความเหมาะสมจะต้องมีน้ำซึมออกตามง่ามนิ้วมือเพียงเล็กน้อย จึงผสมรำละเอียดลงในกองและทำการบรรจุลงในถุงพลาสติก

สูตรการหมักเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อเพาะเห็ดนี้ ได้จาก คุณนันท์นี้ ศรีจุมปา ศูนย์วิจัยพืชสวน เชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย 57000 โทร 053-170100-3