



การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว

Research and Development of Long-Bagged Corn Husk Substrate Bagging Machine for Mushroom Cultivation.

เกรียงศักดิ์ นั๊กผูก^{1*}, สถิตย์พงศ์ รัตนคำ¹, นันทินี ศรีจุมปา², ฉัตรสุตา เชิงอักษร³

Kiangsak Nukpook¹, Satitpong Rattanakam¹, Nantinee Srijumpa², Chatsuda Choengaksorn³

¹ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่

¹Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Agricultural Engineer Research Institute, Department of Agriculture

²ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

²Chiangrai Horticulture Research Center, Horticulture Research Institute, Department of Agriculture

³สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่

³Office of Agricultural Research and Development Region 1, Department of Agriculture

*Corresponding author: Tel: 089-2633640, Fax: 053-114119, E-mail: n_kiangsak@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบและทดสอบพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว มีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน คือ โครงสร้างฐาน ท่อเกลียวป้อนอัด ถาดป้อน โครงช่องป้อน ปลายเรียวท่อ ท่อปลายอัดแน่น เพลาเกลียวอัดและระบบส่งกำลังโดยใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ได้ทำการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคนและการอัดก้อนโดยเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ในกรณีเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อยหมักกลางแจ้ง โดยใช้แรงงาน 2 คน พบว่า การอัดโดยใช้แรงคน ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลางแจ้ง มีความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักกลางแจ้ง มีความสามารถในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้เครื่องอัดก้อนเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักกลางแจ้ง มีความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักกลางแจ้ง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนเปลือกข้าวโพดที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมยังการีเฉลี่ย 796 ± 34 กรัม/ก้อน วัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84 ± 2.03 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ข้าวโพด การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบกอนยาว

Abstract

This research experiment was conducted on prototype bagging machine for long-bag corn husk substrate. Bagging machine consisted of 8 parts i.e. base structure, tubular compression screw feeder, tray, feeder, tray, feeder structure, tapered pipe, compressed tube, screw compressors and power set. The hand-bagging and machine-bagging for chopped and un-chopped corn husk were compared by two workers. The results showed that hand compressing capacity for chopped and un-chopped corn husk was 65±13 and 49±6 bags/h, respectively. While the machine-bagging for chopped and un-chopped corn husk was 95.00±14.00 and 97.00±14.00 bags/h, respectively. The compressed corn husk-bag weighed 2.5 kg. was able to produce hungary mushroom 796 ± 34 g/bag and BE (biological efficiency) was 91.84 ± 2.03 percent.

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

1 บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งประเทศ 7.031 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 และซึ่งข้าวโพดนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ในหลายพื้นที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (หมอกควันคุมเมืองในภาคเหนือทุกปีในหน้าแล้ง)

เห็ดเป็นราขึ้นสูงกว่าราอื่นๆ มีวงจรชีวิตที่สลับซับซ้อนกว่าเชื้อราทั่วไป โดยใช้สปอร์เป็นส่วนที่สร้างเซลล์ขยายพันธุ์ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกเป็นเส้นใย เมื่อกลุ่มใยราเจริญพัฒนาเป็นก้อนเกิดเป็นดอกเห็ด อยู่เหนือพื้นดิน บนต้นไม้ ขอนไม้ ซากพืช มูลสัตว์ ฯลฯ ดอกเห็ดเจริญขึ้นและสร้างสปอร์ขึ้นใหม่ หมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป เห็ดจัดเป็นพืชชั้นต่ำ เนื่องจากไม่มีคลอโรฟิลล์ ไม่สามารถสังเคราะห์แสงและปรุงอาหารเองได้ เหมือนพืชชั้นสูงทั่วไป 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 เห็ดโคน รองลงมา คือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดหู มีมากกว่า 19 ล้านคน เห็ดหูหนูและเห็ดหูหนูขาว มีคนที่บริโภคมากกว่า 12 ล้านคน และเห็ดอื่นๆอีก มากกว่า 4 ล้านคน (นิสาชล, 2557)

การใช้เฉพาะเปลือกฝักข้าวโพด และเฉพาะซึ่งข้าวโพดสามารถเพาะเห็ดนางรมยังการให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม่ย่างพารา (นันทินและศิริกานต์, 2553) แต่ปัญหาในทางปฏิบัติของการนำเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด คือ เปลือกฝักข้าวโพดนั้นมีลักษณะเป็นชิ้นใหญ่ไม่ได้รับการหั่นย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก จึงเสียเวลาในการบรรจุลงในถุงพลาสติกค่อนข้างมากทั้งยังได้ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพาะ

เห็ดต่ำ และยังไม่มีการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการขยายผลงานวิจัยไปสู่เกษตรกรผู้เพาะเห็ด ดังนั้น การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นผลดีต่อผู้ประกอบการเพาะเห็ด โดยเฉพาะในแหล่งปลูกข้าวโพดที่มีเปลือกฝักข้าวโพดปริมาณมหาศาลที่กองทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคเหนือ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนและเสริมรายได้ให้กับผู้เพาะเห็ด นอกจากนี้ก้อนเชื้อเห็ด เมื่อเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักสำหรับปรับปรุงดินได้อีกด้วย

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

โดแก่ ถุงพลาสติกร้อน ขนาด 110 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร นาฬิกาจับเวลา กล้องบันทึกภาพ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว เปลือกข้าวโพดแห้งที่เกิดจากการกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือก ใช้ทั้งแบบหั่นย่อยและไม่หั่นย่อย

2.2 วิธีการดำเนินการ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษานำเอาเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้ในการเพาะเห็ด ก้อนวัสดุเพาะจะใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่มีแรงงานมากพอในการอัดก้อน จึงต้องทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ตรวจสอบเอกสาร ข้อมูลด้านการเพาะเห็ด และศึกษาเก็บข้อมูลการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดโดยใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ
2. วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทางทฤษฎี วิเคราะห์ข้อมูลการอัดก้อนแบบเกลียวอัดเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องเบื้องต้น ออกแบบและโครงสร้างหลัก สร้างเครื่องต้นแบบ โดยเริ่มต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (วรสิทธิ์และชาญ, 2556) กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ

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

การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ่มที่ใช้

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

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

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

ตรวจสอบค่าความเพียของเสา (L_e/k) มีค่ามากกว่า 110 เป็นกรณีเสายาว กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$)

$$\frac{L_e}{k} = \left[\frac{2E\pi^2}{\sigma_y} \right]^{1/2} \quad (4)$$

สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยใช้สำหรับสกรูยาวของออยเลอร์ (N)

$$N = \frac{\pi^2 EI}{WL_e^2} \quad (5)$$

สูตรคำนวณค่าความปลอดภัยของเพลาส่งกำลัง (N)

$$\sigma_{yt}/N = (\sigma^2 + \tau^2)^{1/2} \quad (6)$$

P = กำลัง(กิโลวัตต์)

Z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลัง (เส้น)

P_R = กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ (กิโลวัตต์)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

T = โมเมนต์บิด (นิวตัน·เมตร)

W_p = กำลังที่ต้องการส่ง (กิโลวัตต์)

N_s = ตัวประกอบการใช้งาน

N_o = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง

N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาว

N = ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ

W_p = กำลังมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง (กิโลวัตต์)

F = แรงดึงในโซ่ (นิวตัน)

E = ค่ายังโมดูลัส (จิกะปาสกาล)

σ_y = ค่าความแข็งแรงของวัสดุ (เมกะปาสกาล)

I = โมเมนต์ความเฉื่อย

3. ทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ในการทดสอบเบื้องต้น มีตัวแปรสำคัญ คือ ความชื้นของท่อที่เรียวยาวมีมุมออกแบบเริ่มต้นที่ 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 ส่วนล้อยางพานที่ติดบนเพลามอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มิลลิเมตร และปลายท่ออัดมีความยาว 3 ขนาด คือ 100, 150 และ 200 มิลลิเมตร

4. ทดสอบต้นแบบการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง โดยนำเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย มาหมัก 10 วัน แล้วทำการอัดลงถูงยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร โดยให้หูก่อนมีน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร

4.1) บันทึกข้อมูลการอัดด้วยแรงคนโดยใช้มืออัดโดยใช้แรงงาน 2 คน ทั้งที่เป็นเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย

4.2) เก็บข้อมูลการอัดด้วยเครื่องอัดก้อนแบบกอนยาว ทั้งที่เป็นเปลือกฝักข้าวโพดไม่หั่นย่อยและเปลือกฝักข้าวโพดหั่นย่อย เวลาที่ใช้สวมถุงเข้ากับท่ออัดของเครื่อง เวลาที่เครื่องอัดเปลือกข้าวโพดเข้าไปในถูง เวลาในการมัดปากถูงที่อัดแล้ว แล้วเจาะรูสำหรับเพาะเชื้อเห็ด หนึ่งก้อนวัสดุ เชื้อเชื้อลงก้อน เติบเชื้อในถูง เติบเชื้อ เปิดดอกในโรงเปิดดอกเห็ด และผลผลิตเห็ด

5. วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ ได้แก่ อัตราการอัดก้อนที่อัดโดยใช้แรงคนเทียบกับการอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อน ประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว

6. นำก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบกอนยาว ไปเพาะเห็ดนางรมฮังการี เพื่อเก็บตัวเลขผลผลิตเห็ด คำนวณเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency, BE.) และลุ่มวัสดุเพาะ 30 ตัวอย่าง/ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าความชื้น BE = (น้ำหนักผลผลิตเห็ดสด / น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ) × 100

7. วิเคราะห์ข้อมูล รายงานผลงานวิจัย สรุปแนวทางการใช้ประโยชน์สำหรับการเผยแพร่

3 ผลและวิจารณ์

จากการตรวจเอกสารและเก็บข้อมูลในพื้นที่ พบว่า เดิมการเก็บเกี่ยวข้าวโพดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน เก็บแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือก ป้องกันไม่ให้เมล็ดเกิดผลหรือเมล็ดร่วงในระหว่างทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้าย และชะลอการเกิดออพลาทอกซิน ได้นาน 3-6 สัปดาห์ จากนั้นทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก (Figure 1a) สำหรับในพื้นที่จังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ (อ.แม่แจ่ม) ทำให้มีเปลือกเหลือกึ่งทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้งในช่วงแล้ง (Figure 1b) ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศขึ้นในฤดูแล้งเป็นสาเหตุหนึ่งของหมอกควันคุมเมือง แต่ในสภาพภาคปัจจุบัน มีการอัดเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นก้อนขนาด 500 × 800 × 360 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม/ก้อน จำหน่าย 30 บาท/ก้อน เพื่อนำมาใช้หมักเป็นอาหารหยาบสำหรับโค ทำให้มีความตื่นตัวในการนำเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาใช้ประโยชน์มากขึ้น เช่น ทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ นำมาเพาะเห็ดฟาง ทำปุ๋ยหมัก อัดเม็ดเชื้อเพลิง เป็นต้น



(a) (b)

Figure 1 a. Piles up a corn husks b. Burning pile of corn husks

ปัจจุบันการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกเป็นที่นิยมมาก เกิดขึ้นมากทั่วทุกภูมิภาคของไทย โดยใช้เชื้อเลี้ยงยารพาราเป็นวัสดุเพาะหลัก พบว่า ราคาเชื้อเลี้ยงยารพาราสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 50% ปัจจุบันเชื้อเลี้ยงยารพาราหนึ่งรถบรรทุกมีราคา 28,000-30,000 บาท ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตเห็ด ประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น สำหรับในเขตภาคเหนือตอนบน ก่อนซื้อเห็ดที่ไม่ใช่ก้อนจากเชื้อเลี้ยงยารพารา ราคา 5-6 บาท/ก้อน ก้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.7 - 0.8 กิโลกรัม และก้อนจากเชื้อเลี้ยงยารพารา ก้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.9 - 1 กิโลกรัม มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ราคา 8 บาท/ก้อน ให้ผลผลิตเห็ดนางรมประมาณ 0.2 - 0.3 กิโลกรัม เห็ดเกือบทุกชนิดยกเว้นเห็ดฟางและเห็ดกระดุมใช้เทคนิคการเพาะในถุงพลาสติก ซึ่งการทำฟาร์มเห็ดขนาดเล็ก ต้นทุนต่อหน่วยค่อนข้างสูง จะมีกำไรต้องมียาขายมากกว่า 40 บาท/กิโลกรัม แต่หากเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มีกำไรเมื่อขายราคา 10 บาท/กิโลกรัม เมื่อเทียบราคาเห็ดทุกชนิดในตลาด พบว่าราคาขายปลีก 45 - 170 บาท/กิโลกรัม แล้วแต่ชนิดของเห็ด (นิสาชล, 2557) นันทินีและศิริกานต์(2553) ได้วิจัยการเพาะเห็ดนางรมจากเปลือกฝักข้าวโพดในถุงพลาสติก พบว่า ผลผลิตเห็ดไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้เชื้อเลี้ยงยารพารา

ผลการออกแบบในทางทฤษฎีเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B ที่เพลลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 114.3 มิลลิเมตร (4.5 นิ้ว) ส่งกำลังไปเพลลาของเกลียวอดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 406.4 มิลลิเมตร (16 นิ้ว) ผลการคำนวณสายพานลิ้มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น จำนวนระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลลาอยู่ในช่วงระหว่าง 364-1041 มิลลิเมตร ความมัมสัมพันธ์ของสายพาน 133 องศา ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 8.67 เมตร/วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 173 นิวตัน เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวอดมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของ

เกลียวอด จึงสมมติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลลา ด้านที่ยึดใบเกลียวอด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 25 มิลลิเมตร มีความยาว 370 มิลลิเมตร การคำนวณในทางทฤษฎี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free, $L_e = 2L$) ตรวจสอบค่าความเพรียของของเพลลาเกลียว พบว่า เป็นเกลียวยาวใช้สมการของออยเลอร์ ค่าความค่าความปลอดภัยสมบัติของวัสดุเหล็กเพลลาขามีค้ำยโมดูลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลลา (C_{y1}) 240 เมกะปาสกาล (วริทธิ์ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกลียวอดที่คำนวณได้ คือ 9.3 แสดงว่า เพลลาเกลียวอดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน เมื่อพิจารณาภาระบนเพลลาโดยรวม จุดที่รับภาระสูงสุด คือ จุดเปลี่ยนหน้าตัดของเพลลา มีเส้นผ่านศูนย์กลางโต 38 มิลลิเมตร ลดขนาดลงเป็น 25.4 มิลลิเมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 35.19 นิวตันเมตร ค่าความได้ค่าความเค้นเฉือน 11.48 เมกะปาสกาล มีภาระแรงกดในแนวแกน 7.68 กิโลนิวตัน ค่าความได้ค่าความเค้นกด 15.17 เมกะปาสกาล พบว่า ค่าความปลอดภัยของเพลลาเกลียวอดที่คำนวณได้ คือ 12.62 แสดงว่า เพลลาที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

ผลการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว โดยมีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน (Figure 2) คือ

1. โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กกล่องขนาด 50x25 มิลลิเมตร ขึ้นโครงสร้างลักษณะสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 480 มิลลิเมตร ยาว 265 มิลลิเมตร สูง 160 มิลลิเมตร ด้านหน้าต่อโครงยื่นออกมา 795 มิลลิเมตร สูงจากพื้น 50 มิลลิเมตร เพื่อทำเป็นฐานยึดมอเตอร์ต้นกำลัง
2. ท่อเกลียวป้อนอัด ท่อทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 120 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ท่อยาว 290 มิลลิเมตร ท่อถูกผ่าออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลมยาว 240 มิลลิเมตร และปิดด้วยเหล็กแผ่นครึ่งวงกลมที่ตรงปลายด้านใน มีส่วนโค้งครึ่งวงกลมรัศมี 20 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ที่ปลายปากท่อมัลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ด้านข้างช่วงที่เป็นครึ่งวงกลมมีเหล็กฉากขนาด 50x50 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร เชื่อมยึดติดอยู่ที่ด้านข้างทั้งสองด้าน และที่ปลายเหล็กทั้งสองท่อนด้านใต้ปีกมีเหล็กฉากขนาดเดียวกันยาว 50 มิลลิเมตร เชื่อมติดอยู่ทั้งสี่ด้านโดยปลายปีกหันออกด้านนอกเพื่อเจาะรูยึดติดกับโครงสร้างฐาน
3. ภาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 41.5 มิลลิเมตร ยาว 340 มิลลิเมตร ปลายเรียวยาวออกไป 190 มิลลิเมตร ตรงสุดปลายเรียวกว้าง 230 มิลลิเมตร และมีปลายต่อตรงยาว 130 มิลลิเมตร มีขอบภาดสูง 130 มิลลิเมตร ตลอดความยาวของภาด

4. โครงสร้างช่องป้อน ทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร พับเป็นรูปตัว Y กว้าง 245 มิลลิเมตร ปีกสองข้างยาว 190 มิลลิเมตร ปีกด้านซ้ายตรงกึ่งกลางกับผนังด้านใน ตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 20 มิลลิเมตร และอีกด้านตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 62 มิลลิเมตร ตรงปลายส่วนโค้งนี้กับผนังนอกของด้านใน ยึดเหล็กฉากขนาด 40x40 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร ตรงปลายเหล็กฉากที่เป็นผนังช่องป้อนด้านนอกตัดเฉียงขึ้น 20 องศา ไปจนสุดปลายปีกตัว Y และปิดด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ตามแนวเอียง ตรงปีกเหล็กเหล็กฉากเจาะรูไว้ยึดกับช่องเปิดของท่อเกลียวป้อนอัด ด้านบนมีฝาปิดสี่ขนาด 160x245 มิลลิเมตร

5. ปลายรีียวท่อ ที่ปากท่อทางเข้ามีลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ถัดลงไปเป็นท่อเหล็กเรียวยาวไปจนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงรีียว 70 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร

6. ท่อปลายอัดแน่น มีลักษณะเป็นท่อสวมเหลื่อมกัน 25 มิลลิเมตร ท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกสวมรัดท่อในอยู่มีความหนาท่อ 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกถูกผ่าออกในมีช่องรูปตัว Y กว้าง 20 มิลลิเมตร ลึก 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ช่อง ตำแหน่งห่างกัน 180 องศา

7. เพลากลึงอัด ทำจากเหล็กเพลากลึงเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร เพลาด้านที่เชื่อมใบเกลียวติดกลึงลดขนาดลงจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร วัดจากปลายเพลามาเข้ามา 420 มิลลิเมตร มีปลอกสวมอัดและเชื่อมติดกับเพลากลึงเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร เป็นเหล็กเพลากลึงหน้าตัดแปดเหลี่ยม ขนาด 50 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร บนเพลากลึงขนาด 25 มิลลิเมตร มีใบเกลียวเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 112 มิลลิเมตร เชื่อมติดตลอดแนวยาว 300 มิลลิเมตร ที่ปลายใบเกลียวตัวสุดท้ายทำใบเกลียวเรียวยาวจนปลายมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงรีียว 70 มิลลิเมตร

8. ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์เป็นต้นกำลัง ใช้สายพาน B-100 จำนวน 2 เส้น เป็นตัวส่งกำลังจากล้อสายพานขับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 152 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ติดกับมอเตอร์และส่งไปยังล้อสายพานตามที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 508 มิลลิเมตร เพื่อหมุนเพลากลึงป้อนเปลือกข้าวโพดเข้าไปในท่อและอัดเปลือกข้าวโพดผ่านท่อรีียวไปจนไหลออกที่ปลายท่ออัด

จากที่ได้กล่าวมาเป็นรายละเอียดชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อนำแบบขึ้นส่วนเรียงประกอบ (Figure 2) พร้อมทั้งประกอบกันเข้าเป็นเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว และได้ทำการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (Figure 3)

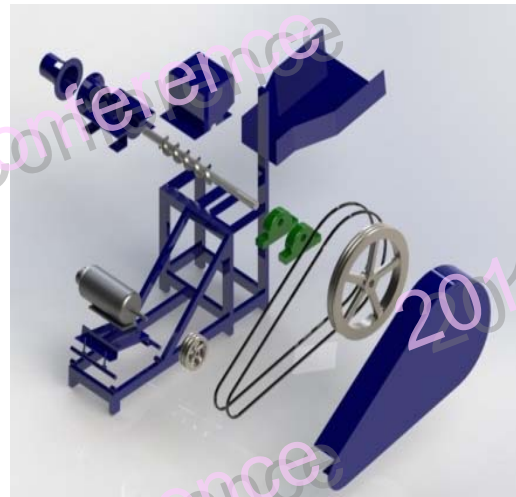


Figure 2 Assembly Long-bagged Corn Husk Substrate Bagging Machine for Mushroom Cultivation

ผลการทดสอบอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว การทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว (Figure 4a) พบว่า การทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคน ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารถในการอัด 65.00 ± 13.00 ก้อน/ชั่วโมง และอัดเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 49.00 ± 6.00 ก้อน/ชั่วโมง และการอัดก้อนเปลือกข้าวโพดโดยใช้ต้นแบบเครื่องอัดก้อนที่สร้างขึ้น ใช้เวลาในการสวมถุง 10.75 ± 4.56 วินาทีต่อถุง ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และอัดเปลือกข้าวโพดไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง (Table 1) สำหรับผลผลิตเห็ดจากก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม มีความชื้นเฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796 ± 34 กรัม/ก้อน (Figure 4b) และวัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84 ± 2.03 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)



Figure 3 Long-bagged Corn Husk Substrate Bagging Machine for Mushroom Cultivation

Table 1 Results showed that hand bagging capacity for chopped and un-chopped corn husk.

method	compressing capacity (bags/h)
chopped corn husk	
hand bagging	65 ± 13
machine-bagging	95±14
un-chopped corn husk	
hand bagging	49 ± 6
machine-bagging	97 ± 14

Table 2 Results showed that biological efficiency

Sample	Biological efficiency (%)
1	89.65
2	92.22
3	93.65
Average	91.84±2.03



(a)



(b)

Figure 4 a. Tested the long-bagging. b. Produced hungary mushroom.

4 สรุป

จากผลการทดสอบ การอัดก้อนเห็ดโดยใช้แรงคนหากมีการหันย่อยเปลือกฝักข้าวโพดก่อนทำให้อัดก้อนเห็ดได้เร็วกว่าไม่หันย่อย เพราะเปลือกฝักข้าวโพดที่ไม่ได้หันย่อยมักพันกันเป็นขนาดใหญ่ทำให้การอัดได้ไม่แน่นเท่ากับการหันย่อยเปลือกข้าวโพด เมื่อพิจารณาการอัดก้อนเห็ดโดยใช้เครื่องอัดความสามารถในการอัดไม่ต่างกัน ไม่ว่าในกรณีที่ทำกรหันย่อยหรือไม่หันย่อยเปลือกข้าวโพด จากผลการทดสอบนี้ แสดงให้เห็นว่าวิธีการอัดเปลือกข้าวโพดโดยใช้เครื่องอัดควรทำการอัดในกรณีไม่ต้องหันย่อย ทำให้ประหยัดทั้งแรงงานและต้นทุนในเรื่องเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้หันย่อย อีกทั้งยังเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานได้ด้วย เมื่อพิจารณาผลผลิตจากก้อนเห็ดยาวที่อัดเปลือกข้าวโพดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม สามารถให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 736.25 กรัม/ก้อน หากเทียบกับกรณีก้อนสั้นที่อัดเปลือกข้าวโพดมีน้ำหนักก้อน 0.8 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 273 กรัม/ก้อน (สุทธิณี, 2556) และก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพารา มีน้ำหนักก้อน 0.9-1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมเฉลี่ยประมาณ 250 กรัม/ก้อน ดังนั้น ก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนยาวให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 2.7 เท่า เมื่อเทียบกับก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนสั้น และเทียบกับก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพารา ก้อนสั้นให้ผลผลิตสูงกว่า 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 เปลือกข้าวโพดและวัสดุอื่นๆ คิดประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ จากราคาขายก้อนเห็ด เป็นเงิน 1396.80 บาท/วัน รวมเป็นราคาต้นทุนทั้งหมด 1997.55 บาท/วัน กำไรสุทธิ 2658.55 บาท/วัน เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ใช้งานเต็มความสามารถ 17 วัน ก็ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุน ในการออกแบบมีค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนที่จะเกิดการเสียหายได้ง่ายสุดเท่ากับ 9.3 จากภาวะสูงสุดของต้นกำลัง จึงประเมินอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี เมื่อเทียบกับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศราคาประมาณ 350,000 บาท อัดได้เฉพาะขี้เลื่อยยางพาราหรือไม่หันย่อยเท่านั้น หากลงทุนซื้อเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวราคาถูกกว่า 7.78 เท่า

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลผลิตจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม ขอขอบเจ้าหน้าที่ โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริห้วยฮ่องไคร้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบ

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลผลิตเห็ดจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม และขอขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ

6 เอกสารอ้างอิง

วรทธิ อิงภากรณ์ และชาญ ญนตงาน. 2556. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า.

นินาสล กิจพรประเสริฐ. 2557. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของฟาร์มเห็ดขนาดเล็กในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 46 หน้า.

นนทินี ศรีจุมปา และ ศิรากานต์ ขันการ. 2553. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตเห็ด ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ. 2552. เห็ดป่าในหุบเขาลำพญา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. จ.ยะลา 156 หน้า

สุทธิณี เจริญคิด ประนอม ใจอ้าย วิภาดา แสงสร้อย คณิศรมนุษย์สม และสากุล มีสุข. 2556. การทดสอบเทคโนโลยีการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมอังกาบด้วยเปลือกข้าวโพด รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 2556 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1. 6 หน้า. แหล่งข้อมูล <http://www.oard1.doa.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 20 มกราคม 2560

สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา. 2553. รายงานสถิติจังหวัด พ.ศ. 2553. แหล่งข้อมูล <http://www.agri.Ubu.ac.th/~kanjana/1203321/Data/maize.doc> เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2555

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร แหล่งข้อมูล <http://www.abc-un.org/research/view.php?resID=RDG53O0011> เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2555