รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

Study Equipment for Bagging Machine from Corn shell in Long Shape for Mushroom Cultivation

เกรียงศักดิ์ นักผูก
KIANGSAK NUKPOOK

2559

รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

Study Equipment for Bagging Machine from Corn shell in Long Shape for Mushroom Cultivation

เกรียงศักดิ์ นักผูก
KIANGSAK NUKPOOK

2559

สารบัญ

	หน้า
คำปรารภ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
ผู้วิจัย	ค
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ง
บทนำ	1
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
การทดลองที่ 1 การทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก	5
การทดลองที่ 2 การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว	21
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก ก	36
ภาคผนวก ข	40
ภาคผนวก ค	42
ภาคผนวก ง	49

คำปรารภ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมทั้งประเทศ 7.031 ล้านไร่ และผลผลิตรวมทั้งประเทศ 4.612 ล้านตัน 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 จังหวัดพะเยามีรายได้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กว่า 3,400 ล้านบาทต่อปี หลังเก็บเกี่ยวและกะเทาะเอาเมล็ดข้าวโพดแล้ว จะมีเปลือกเหลือกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ในบางพื้นที่มีการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ และซังข้าวโพดนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ในหลายพื้นที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ในปัจจุบัน ได้มีการศึกษานำเอาเศษเปลือกฝักข้าวโพดแห้งมาใช้ในการเพาะเห็ด โดยนำเปลือกฝักข้าวโพดแห้งมาหมักกับน้ำประมาณ 10 คืน เนื่องจากเปลือกฝักข้าวโพดมีความยืดหยุ่นสูง มีความยาวของเปลือกฝัก ประมาณ 15-25 เซนติเมตร ความยาวขนาดนี้ไม่เป็นปัญหาสำหรับการลงในถุงอัดด้วยมือ แต่การใช้เครื่องอัดก้อนที่ใช้กับขี้เลื่อยยางพาราไม่สามารถอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่เป็นเศษเปลือกฝักข้าวโพดได้ จึงต้องทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพด มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน แยกออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก และการทดลองที่ 2 การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว เพื่อให้ได้เครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก และได้เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดที่มีประสิทธิภาพทั้งในแง่ประหยัดเวลาและค่าแรงในการทำก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาว

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เมื่อนำไปขยายผลให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ดหันมาใช้เศษเปลือกฝักข้าวโพดที่มีปริมาณมหาศาลให้เป็นวัสดุเพาะเห็ดทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เป็นการเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารแก่ชุมชน เพิ่มรายได้ให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ดและหลังจากเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้ว ก้อนวัสดุเก่ายังสามารถใช้เป็นอินทรียวัตถุปรับปรุงบำรุงดินได้ด้วย

....

(นายเกรียงศักดิ์ นักผูก)

หัวหน้าโครงการวิจัย

การศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจาก

เปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย และทีมงานเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลิตเห็ดจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ โครงการพระราดำริห้วยฮ่องไคร้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว รวมทั้งเก็บข้อมูลผลผลิตเห็ดจากก้อนวัสดุเพาะเห็ด ที่ใช้ทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ร่วมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษาโครงการอันประกอบด้วย นายอัคคพล เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม นายวิบูลย์ เทเพนทร์ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนได้ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว นับเป็นนวัตกรรมใหม่ของประเทศ และสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง

คณะผู้วิจัย

เกรียงศักดิ์ นักผูก สถิตย์พงศ์ รัตนคำ
นันทินี ศรีจุมปา สมเดช ไทยแท้

Kiangsak Nukpook Satitpong Rattanakam
Nantinee Srijumpa Somdech Thaitae

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

การทดลองที่ 1

w	=	น้ำหนักเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กิโลกรัม)
f	=	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลงที่ใช้ (ลิตร)
t	=	เวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (ชั่วโมง)

การทดลองที่ 2

P	=	กำลัง (กิโลวัตต์)
ω	=	ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)
Z	=	จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลัง (เส้น)
P_R	=	กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ (กิโลวัตต์)
n	=	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
W_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง
N_s	=	ตัวประกอบการใช้งาน
N_a	=	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง
N_l	=	ตัวประกอบแก้ไขความยาว
W_p	=	กำลังมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง (กิโลวัตต์)
F	=	แรงดึงในโซ่ (นิวตัน)
F_b	=	แรงแตกหักน้อยสุดของโซ่ (นิวตัน)
N_b	=	ค่าความปลอดภัยควรมีค่าระหว่าง 7-15

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 และซังข้าวโพดนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ในหลายพื้นที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (หมอกควันคุมเมืองในภาคเหนือทุกปีในหน้าแล้ง)

เห็ดเป็นราชั้นสูงกว่าราอื่นๆ มีวงจรชีวิตที่สลับซับซ้อนกว่าเชื้อราทั่วไป โดยใช้สปอร์เป็นส่วนที่สร้างเซลขยายพันธุ์ เมื่อยู่ในสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกเป็นเส้นใย เมื่อกลุ่มใยราเจริญพัฒนาเป็นก้อนเกิดเป็นดอกเห็ดอยู่เหนือพื้นดิน 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 เห็ดแชมปิญอง (Argricus 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 ล้านคนที่บริโภคเห็ดฟาง เห็นโคน รองลงมา คือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดหวี มีมากกว่า 19 ล้านคน เห็ดหูหนูและเห็ดหูหนูขาว มีคนที่บริโภค มากกว่า 12 ล้านคน และเห็ดอื่นๆอีก มากกว่า 4 ล้านคน (นิสาชล, 2557)

การใช้เฉพาะเปลือกฝักข้าวโพด และเฉพาะซังข้าวโพด สามารถเพาะเห็ดนางรมฮังการีให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (นันทินีและศิรากานต์, 2553) แต่ปัญหาในทางปฏิบัติของการนำเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด คือ เปลือกฝักข้าวโพดนั้นมีลักษณะเป็นชิ้นใหญ่ไม่ได้มีการหั่นย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก จึงเสียเวลาในการบรรจุลงในถุงพลาสติกค่อนข้างมากทั้งยังได้ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพาะเห็ดต่ำ และ

ยังไม่มีเครื่องมืออัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการขยายผลงานวิจัยไปสู่เกษตรกรผู้เพาะเห็ด ดังนั้น การศึกษาพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการศึกษาพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นผลดีต่อผู้ประกอบการเพาะเห็ด โดยเฉพาะในแหล่งปลูกข้าวโพดที่มีเปลือกฝักข้าวโพดปริมาณมหาศาลที่กองทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคเหนือ และส่งผลทางอ้อมช่วยลดมลพิษทางอากาศ โดยเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนและเสริมรายได้ให้กับผู้เพาะเห็ด นอกจากนั้นก้อนเชื้อเห็ด เมื่อเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักสำหรับปรับปรุงดินได้อีกด้วย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน จำนวน 2 การทดลอง ดังนี้

1. วิจัยทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับ ทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้ในการออกแบบ โดยนำเครื่องหั่นย่อย 3 แบบ คือ 1)เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล 2) เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และ3)เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม มาทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีแนวทางการปรับปรุงพัฒนาใช้หั่นย่อยรวมทั้งลดต้นทุนการผลิตเห็ด โดยการศึกษาเทคโนโลยีการหั่นย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และศึกษาเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับใช้เป็นวัสดุอัดก้อนเพาะเห็ดแบบยาวได้ แต่มีปัญหาเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน จึงออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีดุมล้อเป็นรูปกากบาท เพื่อเพิ่มช่องว่างในการคายตัวของเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 – 5 มิลลิเมตร ไม่มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน มีความสามารถในการหั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.66 ลิตร/ชั่วโมง เมื่อเทียบกับเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น 2.31 เท่า เครื่องต้นแบบดังกล่าวมีราคาประมาณ 25,000 บาท

2. วิจัยทดสอบพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน คือ โครงสร้างฐาน ท่อเกลียวป้อนอัด ถาดป้อน โครงช่องป้อน ปลายเรียวท่อ ท่อปลายอัดแน่น เพลาเกลียวอัด และระบบส่งกำลัง ได้ทำการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคนและการอัดก้อนโดยเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในกรณีเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อยหมักลงถุง พบว่า การอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาวโดยใช้แรงคน มีความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้เครื่องอัดก้อนจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนวัสดุเพาะจากเปลือกข้าวโพดที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796 ± 34 กรัม/ก้อน วัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84 ±2.03 เปอร์เซ็นต์

Abstract

This research was conducted on long-bagging machine from corn husk for mushroom cultivation by the 2 phases of the experiments. The first experiment was studied on research and development of shredder for corn husk-substrate as a substitute for rubber sawdust in order to reduce cost of production. Existing shredding technologies and physical characteristics of corn husk were studied for prototype setting. The comparison on corn husk shredding ability among 3 types of shredders 1) branch-shredder 2) fiber plant-shredder and 3) oil palm frond-shredder was conducted. It was found that the branch shredder could be developed as corn husk shredder to prepare the long-bag mushroom substrate. However, the corn husk always fixed into roll. So that the prototype shredder with the cross hub was designed in order to increase the space and split out the remaining of corn husk. The result showed that corn husk could be shredded into strips capillary with 10-100 mm. length, 1-5 mm. width and no remaining of corn husk rollers. The capacity and fuel consumption of prototype shredder were 99.21 kg/h and 1.66 L/h respectively. In comparison to branch shredder, the capacity in shredding of corn husk was increased for 2.31 times. This prototype shredder cost about 25,000 baht. The second 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. 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.

ทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก

Test and Development of Shredder on Corn Shell for Mushrooms Cultivation in Bagging

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ เกรียงศักดิ์ นักผูก สมเดช ไทยแท้

Satitpong Rattanakam Kiangsak Nukpook Somdech Thaitae

คำสำคัญ: เปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, เครื่องหั่นย่อย, เครื่องหั่นย่อยแบบค้อนเหวี่ยง, การเพาะเห็ด

Keywords: Corn shell, Shredder, Hammer Mill Shredder, Mushrooms Cultivation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา รวมทั้งลดต้นทุนการผลิตเห็ด โดยการศึกษาเทคโนโลยีการหั่นย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้ในการออกแบบ โดยนำเครื่องหั่นย่อย 3 แบบ คือ 1)เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล 2) เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และ3)เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม มาทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผลมีแนวทางการปรับปรุงพัฒนาใช้หั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับใช้เป็นวัสดุอัดก้อนเพาะเห็ดแบบยาวได้ แต่มีปัญหาเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน จึงออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีดุมล้อเป็นรูปกากบาท เพื่อเพิ่มช่องว่างในการคายตัวของเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร ไม่มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน มีความสามารถในการหั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.66 ลิตร/ชั่วโมง เมื่อเทียบกับเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น 2.31 เท่า เครื่องต้นแบบดังกล่าวมีราคาประมาณ 25,000 บาท

Abstract

The main objective this research was to test and development of shredder on corn shell for mushrooms cultivation in bagging, Renewable rubber sawdust. For reduce production costs. By study from the shredding technology commonly used and the physical on corn shell for design. Test Shredder 3 types: 1) shredder for branches 2) Shredder for plant fibers and 3) shredder for palm for shredding on corn shell. The result show that the shredder for branches can develop to shredding corn shell. The design prototyping shredder has a sharp of a cross. For increase the gap to spit the piece of corn shell. Test shredding on corn shell. The result show that shredding corn shell into strips capillary, length were 10 – 100 mm, wide were 1 – 5 mm, capacity at

99.21 kg/hr and the fuel consumption at 1.66 liters/hour. Compared to the shredder for branches. Capable of shredding increased 2.31 times. The prototype cost about 25,000 baht

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งประเทศ 7.031 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 4.612 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ในพื้นที่ภาคเหนือ 8 จังหวัดได้ แก่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน ลำปาง แพร่ น่าน และพะเยา มีพื้นที่ปลูกกว่า 1,200,000 ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 300,000 ไร่ มี 2 จังหวัด ได้แก่ พะเยาและน่าน จังหวัดพะเยามีรายได้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กว่า 3,400 ล้านบาทต่อปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา, 2553) การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ภาคเหนือเก็บแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือก ป้องกันไม่ให้เมล็ดเกิดแผลหรือเมล็ดร้าวในระหว่างทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้าย และชะลอการเกิดแอฟลาทอกซิน ได้นาน 3-6 สัปดาห์ จากนั้นทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก สำหรับในพื้นที่จังหวัดเชียงรายจะแกะเปลือกฝักข้าวโพดออกก่อนทำการกะเทาะ ทำให้มีเปลือกเหลือกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ในบางพื้นที่มีการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ และซังข้าวโพดจะนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ในหลายพื้นที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (หมอกควันคุมเมืองในภาคเหนือทุกปีในหน้าแล้ง)

การเพาะเห็ดนั้นเป็นได้ทั้งอาชีพหลักและอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศปีละไม่น้อย เห็ดเกือบทุกชนิดยกเว้นเห็ดฟาง และเห็ดกระดุมใช้เทคนิคการเพาะในถุงพลาสติก ซึ่งมีขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลัก หลายปีที่ผ่านมาหลังจากรัฐบาลประกาศลอยตัวราคาน้ำมันทำให้ค่าขนส่งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ราคา ขี้เลื่อยไม้ยางพาราสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 50% ผู้เพาะเห็ดจึงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น การใช้เฉพาะเปลือกฝักข้าวโพด และเฉพาะซังข้าวโพด สามารถเพาะเห็ดนางรมฮังการีให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (นันทินีและศิรากานต์, 2553) รายงานว่า แต่ปัญหาในทางปฏิบัติของการนำเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดก็คือ เปลือกฝักข้าวโพดนั้นมีลักษณะเป็นชิ้นใหญ่ ไม่ได้มีการหั่นย่อยให้เป็นชิ้นเล็กจึงเสียเวลาในการบรรจุลงในถุงพลาสติกค่อนข้างมาก ทั้งยังได้ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพาะเห็ดต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการขยายผลงานวิจัยไปสู่เกษตรกรผู้เพาะเห็ด แต่การศึกษาพัฒนาเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นผลดีต่อผู้ประกอบการเพาะเห็ด โดยเฉพาะในแหล่งปลูกข้าวโพดที่มีเปลือกฝักข้าวโพดปริมาณมหาศาลที่กองทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคเหนือ และส่งผลทางอ้อมช่วยลดมลพิษทางอากาศ โดยเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่

ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนและเสริมรายได้ให้กับผู้เพาะเห็ด นอกจากนั้นก้อนเชื้อเห็ดเมื่อเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักสำหรับปรับปรุงบำรุงดินได้อีกด้วย

การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาเทคโนโลยีการหั่นย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบว่า มีเครื่องหั่นย่อย 3 แบบ คือ

1. จารุวัฒน์ (2540) เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล (ภาพที่ 1) มีส่วนประกอบและลักษณะการทำงานสำคัญ คือ ดุมล้อที่จานด้านข้างติดใบมีด และที่ขอบดุมล้อตามแนวเส้นรอบวงจะมีซี่เหล็กแบนติดเป็นแถวอยู่ ดุมล้อใบมีดนี้ติดตั้งอยู่บนโครงเครื่อง ซึ่งมีล้อเคลื่อนย้ายได้ ครึ่งวงกลมใต้ดุมล้อจะมีตะแกรงรูกลมติดอยู่ห่างจากปลายซี่เหล็กแบน ด้านบนของดุมล้อใบมีดจะมีฝาครอบ ซึ่งซีกหนึ่งของด้านบนเปิดเป็นช่องสำหรับป้อนใบไม้และเศษกิ่งไม้ ด้านข้างของฝาครอบด้านเดียวกับดุมล้อที่ติดใบมีดหมุนจะเป็นปล่องสำหรับป้อนกิ่งไม้เข้าเครื่อง ด้านปลายของปล่องที่ติดกับดุมล้อจะมีใบมีดสำหรับรับการเฉือนหั่น ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 3.730 กิโลวัตต์ (5 แรงม้า) หรือเบนซินขนาดไม่ต่ำกว่า 5.968 กิโลวัตต์ (8 แรงม้า) และสามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 220 โวลท์ ขนาดไม่ต่ำกว่า 2.238 กิโลวัตต์ (3 แรงม้า) ได้ด้วย ดุมล้อใบมีดจะหมุนด้วยความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที จากการทดสอบใช้งานจริงพบว่าสามารถใช้งานได้ดี โดยจะหั่นย่อยกิ่งไม้สดต่าง ๆ ได้สูงสุดถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และกิ่งไม้แห้งเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดประมาณ 25 มิลลิเมตร สามารถหั่นย่อยเศษพืชได้ประมาณ 180 – 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภาพที่ 1 เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล (จารุวัฒน์,2540)

2. จารุวัฒน์ และคณะ (2544) เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย (ภาพที่ 2) ได้ออกแบบทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยซากพืช ซึ่งสามารถใช้หั่นพืชเส้นใย เช่น หม่อน และ ปอ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้สามารถย่อยซากกิ่งต้นหม่อนที่จำเป็นต้องมีการตัดแต่งกิ่งอยู่เป็นประจำ แล้วนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการเพาะเห็ด หรือทำเป็นปุ๋ยหมักได้อย่างมีประสิทธิผล โดยชุดใบมีดมีลักษณะเป็นจาน มีใบมีดติดตั้งอยู่ 2 ใบ ห่างกัน 180 องศา ด้านหลังจานใบมีดมีปีกเหล็กติดอยู่ 4 ใบ ห่างกัน 90 องศา ทำหน้าที่เป็นใบพัดลม ชุดจานใบมีดนี้ติดยึดห่างจากลูกปืนรองลื่น 2 ชุด ทางด้านปลายอีกด้านหนึ่งของจานใบมีด ทำให้สามารถแก้ปัญหาการพันจากเพลาใบมีดจนเครื่องหยุดทำงานในเครื่องแบบเดิมได้เป็นอย่างดี ใบมีดตัดมีมุมคม 30 องศา ใบมีดรับมีมุมคม 45 องศา โดยมีมุมหลบด้านล่าง 5 องศา ปล่องป้อนกิ่งไม้จะสามารถปรับมุมป้อนได้ 3 มุม คือ 45, 55 และ 65 องศา ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 3.730 – 5.968 กิโลวัตต์ (5 – 8 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง จะมีขีดความสามารถหั่นย่อยกิ่งหม่อนได้ 80 – 320 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นกำลัง ความสดแก่ของกิ่งหม่อน และขนาดของกิ่งหม่อน โดยเศษพืชที่ได้จะมีขนาดของความยาวจากการหั่นประมาณ 3 – 5 มิลลิเมตร

ภาพที่ 2 เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย (จารุวัฒน์, 2544)

3. จารุวัฒน์ และคณะ (2545) เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม (ภาพที่ 3) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องหั่นย่อยทางปาล์มที่มีประสิทธิภาพสูง และทำการเผยแพร่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 เป็นต้นมา โดยเครื่องหั่นย่อยทางปาล์มที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ สามารถหั่นทางปาล์มได้ทุกขนาด โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 7.46 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง มีอัตราการทำงานประมาณ 1,500 – 2,500 กิโลกรัม/ชั่วโมง สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ประมาณ 1.5 ลิตรชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะสภาพของทางปาล์ม นอกจากนี้ยังสามารถหั่นซากทางใบพืชปาล์มน้ำมันอื่น ๆ อาทิเช่น มะพร้าว สละ และระกำตลอดจนต้นผักตบชวาได้ด้วย

ภาพที่ 3 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์มที่มา (จารุวัฒน์, 2545)

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยพิจารณาลักษณะรูปทรง สี และวัดขนาดความกว้าง - ยาว หาขนาดพื้นที่ผิวและความยาวเส้นรอบวง รวมถึงชั่งน้ำหนัก จำนวน 20 ซ้ำ (หัวต่อซ้ำ)

ภาพที่ 4 การวัดขนาดความกว้าง – ยาว ของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2. ทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้ เครื่องหั่นย่อย กิ่งไม้ผล เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม โดยเก็บข้อมูลความสามารถในการหั่นย่อย คือ

น้ำหนักเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หารด้วยเวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (สมการที่ 1) และเก็บข้อมูลเศษวัสดุที่ได้จากการหั่นย่อย คือ ลักษณะของเศษวัสดุที่ได้ ขนาดความกว้าง – ยาว รวมถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการทดสอบ เพื่อพิจารณาว่าเครื่องใดมีแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาให้สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้ได้ขนาดเศษที่เหมาะสมในการนำไปอัดเป็นก้อนเชื้อเพาะเห็ดได้

$$\text{ความสามารถในการหั่นย่อย} = \frac{w}{t} \qquad (1)$$

โดย w = น้ำหนักเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กิโลกรัม)

t = เวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (ชั่วโมง)

3. วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากข้อ 1 - 3 เพื่อออกแบบ เครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบค้อนเหวียง (Hammer mil) ประกอบด้วยห้องย่อยทรงกระบอกแนวนอน และข้างในจะมีก้านเหล็กติดอยู่บนเพลา อาศัยกลไกการเหวี่ยงกระแทรกและแรงเฉือนระหว่างก้านกับผนัง ทำให้วัสดุแตกเป็นชิ้นเล็กลง และมีตะแกรงเจาะรูเป็นตัวกั้น เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการจึงปล่อยออก และดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4. ทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบฯ เบื้องต้น ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบ/นาที จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 5 กิโลกรัม แล้วเก็บข้อมูลความสามารถในการหั่นย่อยและเก็บข้อมูลเศษวัสดุที่ได้จากการหั่นย่อย เพื่อพิจารณาว่ามีความสามารถทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้ได้หรือไม่

5. ทดสอบเครื่องต้นแบบฯ แบบต่อเนื่อง ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบ/นาที และป้อนเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบเรื่อยๆ เพื่อหาจุดบกพร่องของเครื่องต้นแบบ และทำการแก้ไขปรับปรุงที่บกพร่องเพื่อให้เครื่องต้นแบบฯ สามารถทำงานให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ทดสอบและเก็บข้อมูล ต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพด ที่ความเร็วรอบต่างกัน 5 ระดับ คือ 1,500 1,600 1,700 1,800 และ 1,900 รอบ/นาที จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 5 กิโลกรัม แล้วเก็บข้อมูลความสามารถในการหั่นย่อยและเก็บข้อมูลเศษวัสดุที่ได้จากการหั่นย่อย รวมถึงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลงที่ใช้หารด้วยเวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (สมการที่ 2) เพื่อหาผลการทำงานในเชิงประสิทธิภาพ

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง = $$\frac{f}{t} \qquad (2)$$

โดย f = ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลงที่ใช้ (ลิตร)

t = เวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (ชั่วโมง)

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ระยะเวลาทำการวิจัย ตุลาคม 2557 – กันยายน 2559 รวม 2 ปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ของ อ.ท่าวังผา จ.น่าน (ภาพที่ 5) พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีลักษณะยาวเรียว ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมนออกแหลม สีเหลืองอ่อน มีความกว้างประมาณ 10 – 50 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 200 – 250 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 8.64 กรัมต่อหัว พื้นที่ผิว 1,475 – 9,350 ตารางมิลลิเมตร เส้นรอบวง 404.4 – 502.4 มิลลิเมตร

ภาพที่ 5 เปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2. ผลการทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้ เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม ทดสอบที่ความเร็ว 1500 รอบ/นาที (จาก

ความเร็วรอบเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล จารุวัฒน์,2540) (ตารางที่ 1) พบว่า เครื่องหั่นย่อยซากกิ่งผลไม้สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นเส้นฝอยเล็กๆ ขนาดความยาว 20 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 – 5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6) หากป้อนปริมาณมากจะมีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน ทำให้เกิดการอัดแน่นจนดุมล้อหยุดหมุน มีความสามารถในการหั่นย่อย 43.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใยไม่สามารถการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดได้ แต่จะแยกเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากกลีบฝักเป็นใบ และมีการตัดขาดบางส่วน ขนาดความยาว 50 – 150 มิลลิเมตร กว้าง 10 – 30 มิลลิเมตร มีความสามารถในการหั่นย่อย 25.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 8) และเครื่องหั่นย่อยทางปาล์มไม่สามารถการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ แต่จะแยกเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากกลีบฝักเป็นใบ และไม่มีการตัดขาด ขนาดความยาว 100 -250 มิลลิเมตร กว้าง 10 – 50 มิลลิเมตร มีความสามารถในการหั่นย่อย 130.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 7)

จากการทดสอบข้างต้น พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีแนวทางการปรับปรุงพัฒนาให้สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับใช้เป็นวัสดุอัดก้อนเพาะเห็ดแบบยาวได้ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันแกนเพลาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว หรือติดกันยาวเป็นเส้น ทำให้ได้ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพาะเห็ดต่ำ

ภาพที่ 6 ทดสอบเบื้องต้นโดยใช้เครื่องหั่นย่อยกิ่งผลไม้

ภาพที่ 7 ทดสอบเบื้องต้นโดยใช้เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

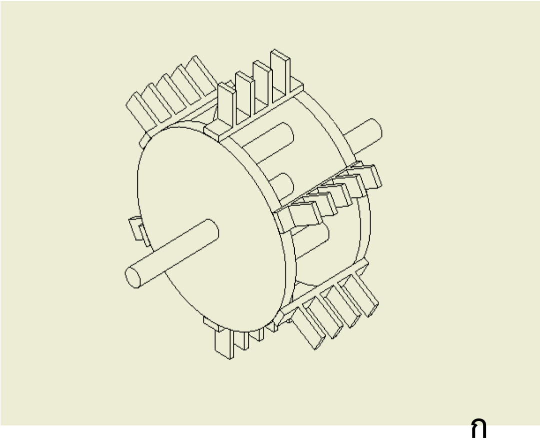
ภาพที่ 8 ทดสอบเบื้องต้นโดยใช้เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย

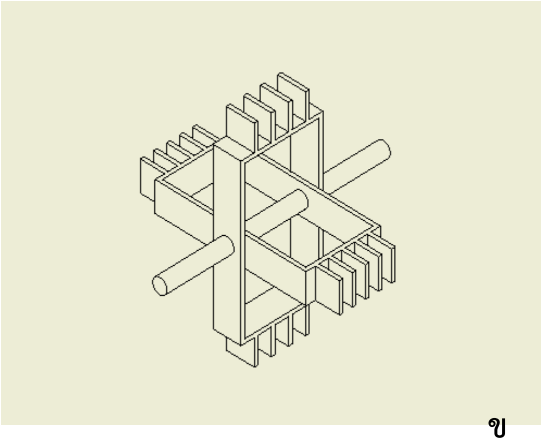
ตารางที่ 1 ทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม ที่ความเร็ว 1500 รอบ/นาที

แบบเครื่องหั่นย่อย	ความสามารถในการหั่นย่อยเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล	43.01
เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย	25.57
เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม	130.91

3. ผลการออกแบบ และสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูล (1) – (3) เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีระบบทำงาน 2 ส่วน คือ ใบมีดสับ (Disc Cut) และค้อนเหวี่ยง (Hammer Mill) ซึ่งสามารถพัฒนาให้หั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ แต่ยังมีปัญหาหากป้อนปริมาณมากจะมีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน ไปอัดแน่นที่ซี่เหล็กจนดุมล้อหยุดหมุน เนื่องจากด้านข้างของดุมล้อเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผลนั้นเป็นแผ่นวงกลม (ภาพที่ 9ก) ไม่มีช่องให้เศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์คายตัว จึงออกแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบค้อนเหวี่ยง (Hammer Mill) ที่มีดุมล้อเป็นรูปกากบาท (ภาพที่ 9ข) เพื่อเพิ่มช่องว่างในการคายตัวของเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีความยาว 380 มิลลิเมตร และกว้าง 200 มิลลิเมตร และที่ขอบดุมล้อตามแนวเส้นรอบวงจะมีซี่เหล็กแบนขนาด 35 มิลลิเมตร ยาว 70 มิลลิเมตรติดเป็นแถวอยู่ 4 แถว ห่างกัน 90 องศา แถวละ 4 และ 5 อัน สลับกัน เพื่อช่วยไม่ให้เศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน และช่องป้อนอยู่ที่ด้านข้างของฝาครอบ เมื่อป้อนเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เข้าเครื่อง จะถูกหั่นย่อยทำให้วัสดุเป็นชิ้นเล็กลง และมีตะแกรงเจาะรูเป็นตัวกั้น เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการจึงปล่อย


ก


ข

ภาพที่ 9 ก.ดุมล้อแบบแผ่งวงกลม และ ข.ดุมล้อแบบกากบาท

จากนั้นจึงดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบค้อนเหวี่ยง (Hammer Mill) มีส่วนประกอบ 4 ส่วนหลัก คือ ดุมล้อแบบกากบาท โครงเครื่อง ฝาครอบ และชุดต้นกำลัง

1) ดุมล้อกากบาท ดุมล้อนี้ติดตั้งอยู่บนโครงเครื่อง ทำจากเหล็กแบน ขนาด 75 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 215 มิลลิเมตร ความยาว 405 มิลลิเมตร และที่ขอบดุมล้อตามแนวเส้นรอบวงจะมีซี่เหล็ก ทำจากเหล็กแบนขนาด 35 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร ความยาว 65 มิลลิเมตรติดเป็นแถวอยู่ 4 แถว ห่างกัน 90 องศาแถวละ 4 และ 5 อัน สลับกัน บนแกนเพลา ขนาด 380 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 ดุมล้อกากบาท

2) โครงเครื่อง ทำจากเหล็กฉาก ขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร ขึ้นโครงมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 365 มิลลิเมตร ยาว 685 มิลลิเมตร สูง 410 มิลลิเมตร ซึ่งครึ่งวงกลมใต้ดุมล้อจะ

มีตะแกรงรูกลม ขนาด 19 มิลลิเมตร ติดอยู่ห่างจากปลายซี่เหล็กแบนประมาณ 10 มิลลิเมตร ด้านหน้ามีแท่นวางต้นกำลัง ชุดดันสาพานและมีล้อเคลื่อนย้ายได้ (ภาพที่ 11)

ภาพที่ 11 โครงเครื่อง

3) ฝาครอบ อยู่ด้านบนของดุมล้อและโครงเครื่อง ทำจากเหล็กแผ่น หนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 260 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร สูง 380 มิลลิเมตร ซึ่งด้านข้างของฝาครอบจะมีปล่องสำหรับป้อน (ภาพที่ 12)

ภาพที่ 12 ฝาครอบ

4) ชุดต้นกำลัง โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อคูโบต้า ขนาด 8.206 กิโลวัตต์ (11 แรงม้า) เพลาของเครื่องยนต์ดีเซล ติดล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ใช้สายพานร่องบีจำนวน 3 เส้น ส่งกำลังไปขับล้อสายพานที่เพลาของดุมดุมล้อกากบาท ติดล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร

ภาพที่ 13 ต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4. ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบฯ เบื้องต้นที่ความเร็ว 1500 รอบ/นาที (จากความเร็วรอบเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล จารุวัฒน์,2540) (ตารางที่ 2) พบว่า เปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถูกหั่นย่อยเป็นเส้นฝอยเล็กๆ ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการหั่นย่อย 59.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบฯ เบื้องต้น พบว่า เครื่องต้นแบบฯ มีความสามารถในการหั่นย่อยมากกว่าเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล และลดปัญหาเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ม้วนเป็นก้อน ไปอัดแน่นที่ซี่เหล็กจนดุมล้อหยุดหมุนได้

ตารางที่ 2 ทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนปรับปรุง

ซ้ำที่	ความสามารถในการหั่นย่อยเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
1	48.58
2	76.92
3	56.60
4	57.14
เฉลี่ย	59.81

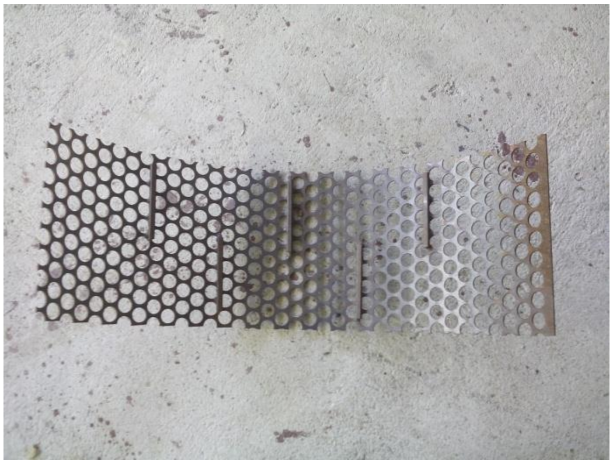
ภาพที่ 14 ทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

5. ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบต่อเนื่อง พบว่า มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน (ภาพที่ 15) จึงดำเนินการปรับปรุงจุดบกพร่อง โดยการเพิ่มซี่เหล็กที่ติดวางเรียงบนตะแกรง เพื่อช่วยลดการม้วนเป็นก้อน ทำจากเหล็กเพลาสี่เหลี่ยม ขนาด 10 มิลลิเมตร x 10 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร จำนวน 5 ซี่ วางเรียงสลับ ซ้าย-ขวา ห่างกัน 125 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16) จากนั้นทำการทดสอบ พบว่า ไม่มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน (ภาพที่ 17)

6. ผลการทดสอบและเก็บข้อมูลต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ความเร็วรอบ 5 ระดับ คือ 1,500 1,600 1,700 1,800 และ 1,900 รอบ/นาที (ตารางที่ 3) พบว่า ขนาดเศษเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยได้เป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร เหมือนกันที่ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากขนาดตะแกรงรูที่ใช้เดียวกัน ความสามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพด พบว่า ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที มีความสามารถในการหั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาที่ความเร็วรอบ 1,900, 1,700, 1,600 และ 1,500 รอบ/นาที ความสามารถในการหั่นย่อย 84.25, 75.41, 69.88 และ 67.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 1,900 รอบต่อนาที ความสามารถในการหั่นย่อยลดลง เนื่องจากดุมล้อหมุนด้วยความเร็วสูงทำให้อัตราการป้อนเข้าเครื่องลดลง และที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 1,500 รอบต่อนาที ไม่สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดได้ เนื่องจากเปลือกฝักข้าวโพดจะม้วนเป็นก้อนแล้วทำให้เครื่องเกิดการติดขัดจนหยุดหมุน การม้วนเป็นก้อนของเศษเปลือกฝักข้าวโพด พบว่า ที่ความเร็วรอบ 1,800 และ 1,900 รอบต่อนาที ไม่มีการม้วนเป็นก้อน แต่ที่ความเร็วรอบ 1,500, 1,600 และ 1,700 รอบต่อนาที มีการม้วนเป็นก้อน โดยสรุปแล้วความเร็วรอบที่เหมาะสม คือ 1,800 รอบ/นาที ต้นแบบเครื่องหั่นย่อยสามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร ไม่มีเศษเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน มีความสามารถในการ

หั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.66 ลิตร/ชั่วโมง และเครื่องต้นแบบดังกล่าวมีราคาประมาณ 25,000 บาท (ไม่รวมชุดต้นกำลัง)

ภาพที่ 15 ทดสอบต้นแบบเครื่องฯ แบบต่อเนื่อง



ภาพที่ 16 ซี่เหล็กที่ติดวางเรียงบนตะแกรง

ภาพที่ 17 ทดสอบต้นแบบเครื่องฯ หลังการปรับปรุงจุดบกพร่อง

ตารางที่ 3 ทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังปรับปรุง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ความสามารถในการหั่นย่อยเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย (ลิตร/ชั่วโมง)	การม้วนเป็นก้อนของเศษเปลือกข้าวโพด
1,500	67.52 ± 3.79	1.50 ± 0.30	ม้วนเป็นก้อน
1,600	69.88 ± 1.24	1.55 ± 0.50	ม้วนเป็นก้อนเล็กน้อย
1,700	75.41 ± 2.07	1.60 ± 0.40	ม้วนเป็นก้อนเล็กน้อย
1,800	99.21 ± 1.72	1.66 ± 0.30	ไม่ม้วนเป็นก้อน
1,900	84.25 ± 3.06	1.80 ± 0.40	ไม่ม้วนเป็นก้อน

หมายเหตุ : ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผล

การศึกษาเทคโนโลยีการหั่นย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบว่า มีเครื่องหั่นย่อยอยู่ 3 แบบ คือ 1) เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล มีส่วนประกอบหลัก คือ ดุมล้อที่จานด้านข้างติดใบมีดและที่ขอบดุมล้อตามแนวเส้นรอบวงจะมีซี่เหล็ก ใต้ดุมล้อจะมีตะแกรงรูกลมติดอยู่ 2) เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย มีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดใบมีดมีลักษณะเป็นจานที่มีใบมีดติดตั้งอยู่ด้านหลังจานใบมีดมีปีกเหล็กติดอยู่ทำหน้าที่เป็นใบพัดลม และ 3) เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม มีส่วนประกอบหลัก คือ ดุมล้อที่ติดใบมีดตามแนวเส้นรอบวง และการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีลักษณะยาวเรียว ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบ

มนออกแหลม สีเหลืองอ่อน มีความกว้าง ประมาณ 10 – 50 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 200 – 250 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 8.64 กรัมต่อหัว พื้นที่ผิว 1,475 – 9,350 ตารางมิลลิเมตร เส้นรอบวง 404.4 – 502.4 มิลลิเมตร จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เครื่องหั่นย่อยทั้ง 3 แบบดังกล่าว พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นเส้นฝอยเล็กๆ ขนาดความยาว 20 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 – 5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการหั่นย่อย 43.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีแนวทางการปรับปรุงพัฒนาให้สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ แต่มีปัญหาเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน ไปอัดแน่นที่ซี่เหล็กจนดุมล้อหยุดหมุน เนื่องจากดุมล้อเป็นแผ่นวงกลม ไม่มีช่องให้เศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์คายตัว จึงออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีดุมล้อเป็นรูปกากบาท เพื่อเพิ่มช่องว่างในการคายตัวของเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แล้วทดสอบเครื่องต้นแบบฯ เบื้องต้นพบว่า เปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถูกหั่นย่อยเป็นเส้นฝอยเล็ก แต่ยังมีการม้วนเป็นก้อน จึงปรับปรุงจุดบกพร่อง โดยการเพิ่มซี่เหล็กที่วางเรียงสลับกันตะแกรง เพื่อลดการม้วนตัวเป็นก้อน และผลการทดสอบหลังจากปรับปรุง พบว่า สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร ไม่มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน มีความสามารถในการหั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.66 ลิตร/ชั่วโมง นั้นหมายถึงเครื่องต้นแบบฯ มีความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น 2.31 เท่า เมื่อเทียบกับเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล โดยเครื่องต้นแบบดังกล่าวมีราคาประมาณ 25,000 บาท (ไม่รวมชุดต้นกำลัง)

ในขั้นตอนการทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เกิดฝุ่นละอองจากการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการระคายเคืองและคันผิวหนัง รวมถึงส่งผลเสียต่อผู้ที่เป็นภูมิแพ้ จึงควรมีการป้องกันใส่หน้ากากปิดจมูกและใส่เสื้อผ้าที่ปิดมิดชิด เพื่อป้องกันฝุ่นละอองดังกล่าว

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำเสนอผลการวิจัยแก่นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ในการประชุมวิชาการหรือสัมมนาวิชาการของหน่วยงานต่างๆ เช่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร และสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย เป็นต้น

2. นำผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไปเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบเอกสารวิชาการสู่กลุ่มเป้าหมาย เช่น ผู้ประกอบการภาคเอกชน องค์การบริหารส่วนตำบล และเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

3. นำไปขยายผลให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ดหันมาใช้เศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้เป็นวัสดุเพาะเห็ดทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

4. ถ่ายทอดเทคโนโลยีและต้นแบบที่พัฒนาได้ให้กับโรงงานผู้ผลิต

การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว
Education and Development the Bagging Machine from Corn shell in Long Shape for Mushroom Cultivation

เกรียงศักดิ์ นักผูก[1] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1] นันทินี ศรีจุมปา[2] สมเดช ไทยแท้[1]
Kiangsak Nukpook[1] Satitpong Rattanakam[1] Nantinee Srijumpa[2] Somdech Thaitae[1]

คำสำคัญ(Keywords): ข้าวโพด การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว
Keywords : Corn Shell, Mushroom cultivation on plastic bags, Bagging Machine

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบและทดสอบพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีโครงสร้างที่สำคัญ 8 ส่วน คือ โครงสร้างฐาน ท่อเกลียวป้อนอัด ถาดป้อน โครงช่องป้อน ปลายเรียวท่อ ท่อปลายอัดแน่น เพลาเกลียวอัด และระบบส่งกำลังใช้ต้นกำลัง 1.5 กิโลวัตต์ ได้ทำการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคนและการอัดก้อนโดยเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในกรณีเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อยหมักลงถุง พบว่า การอัดโดยใช้แรงคน ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารถในการอัด 65 ± 13 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อหมักลงถุง มีความสามารในการอัด 49 ± 6 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้เครื่องอัดก้อนจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนเปลือกข้าวโพดที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796 ± 34 กรัม/ก้อน วัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84±2.03 เปอร์เซ็นต์

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. The results showed that hand compressing capacity for

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[2] ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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.

บทนำ

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) เห็ดเป็นราที่มีวงจรชีวิตที่สลับซับซ้อน โดยใช้สปอร์เป็นส่วนที่สร้างเซลขยายพันธุ์ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกเป็นเส้นใย เมื่อกลุ่มใยราเจริญพัฒนาเป็นก้อนเกิดเป็นดอกเห็ด อยู่เหนือพื้นดิน บนต้นไม้ ขอนไม้ ซากพืช มูลสัตว์ ฯลฯ ดอกเห็ดเจริญขึ้นและสร้างสปอร์ขึ้นใหม่ หมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป เห็ดจัดเป็นพืชชั้นต่ำ เนื่องจากไม่มีคลอโรฟิล ไม่สามารถสังเคราะห์แสงและปรุงอาหารเองได้เหมือนพืชชั้นสูงทั่วไป มีการจัดแบ่งกลุ่มเห็ด คือ แบ่งตามถิ่นที่อยู่และแหล่งอาหาร เช่น เห็ดที่เจริญเติบโตในการสลายซากพืช เห็ดที่เจริญเติบโตบนสิ่งมีชีวิตอื่น หรือแบ่งตามลักษณะสมบัติ เช่น เห็ดรับประทานได้ เห็ดพิษ เห็ดใช้ประโยชน์ทางยา เห็ดที่มีคุณสมบัติอื่นๆ (ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ, 2552) ในแต่ละปีมีปริมาณการผลิตเห็ดทั่วโลก 4.27 ล้านตัน แยกออกเป็น เห็ดแชมปิญอง (Argricus 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 รองลงมา คือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดหวี มีมากกว่า 19 ล้านคน เห็ดหูหนูและเห็ดหูหนูขาว มีคนที่บริโภค มากกว่า 12 ล้านคน และเห็ดอื่นๆอีก

มากกว่า 4 ล้านคน (นิสาชล, 2557) การใช้เฉพาะเปลือกฝักข้าวโพด และเฉพาะซังข้าวโพด สามารถเพาะเห็ดนางรมฮังการีให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (นันทินีและศิรากานต์, 2553) แต่การอัดเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลงในถุงเป็นก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยแรงคนนั้นทำได้ยาก เนื่องจากวัสดุเพาะเป็นเปลือกฝักข้าวโพดมีความยืดหยุ่นสูง เครื่องอัดก้อนที่ใช้กับขี้เลื่อยยางพาราไม่สามารถอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่เป็นเปลือกข้าวโพดได้ ดังนั้น การศึกษาพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวเป็นการต่อยอดผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นผลดีต่อผู้ประกอบการเพาะเห็ด ในส่วนการลดต้นทุนและไม่ต้องพึ่งพาขี้เลื่อยยางพาราเพียงอย่างเดี่ยว โดยเฉพาะในแหล่งปลูกข้าวโพดที่มีเปลือกฝักข้าวโพดปริมาณมหาศาลที่กองทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคเหนือ และส่งผลทางอ้อมช่วยลดมลพิษทางอากาศ โดยเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีค่าให้เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนและเสริมรายได้ให้กับผู้เพาะเห็ด นอกจากนั้นก้อนเชื้อเห็ดเมื่อเก็บผลผลิตเห็ดหมดแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักสำหรับปรับปรุงดินได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

1. ถุงพลาสติกร้อน ขนาด 110 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ
5. เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว
6. เปลือกข้าวโพดแห้งที่เกิดจากการกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือก ใช้ทั้งแบบหั่นย่อยและไม่หั่นย่อย

วิธีการดำเนินการ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษานำเอาเปลือกฝักข้าวโพดมาใช้ในการเพาะเห็ด ก้อนวัสดุเพาะจะใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่มีแรงงานมากพอในการอัดก้อน จึงต้องทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ตรวจเอกสาร ข้อมูลด้านการเพาะเห็ด และศึกษาเก็บข้อมูลการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดโดยใช้แรงงานคนอัดด้วยมือ

2. วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทางทฤษฎี วิเคราะห์ข้อมูลการอัดก้อนแบบเกลียวอัดเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องเบื้องต้น ออกแบบและโครงสร้างหลัก สร้างเครื่องต้นแบบ โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (ผนวก ก)

3. ดำเนินการทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ในการทดสอบเบื้องต้น มีตัวแปรสำคัญ คือ ความชันของท่อที่เรียวลงมีมุมออกแบบเริ่มต้นที่ 20 องศา ช่วงท่อที่เรียวลงยาว 35 มิลลิเมตร กำหนดให้ระยะเรียวยาวไม่เกิน 70 มิลลิเมตร โดยปรับท่อให้เรียวลงเป็นมุม 10 และ 15 องศา ทำให้ช่วงท่อที่เรียวลงยาว 70 และ 52 มิลลิเมตร ทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสม โดยเทียบความเร็วที่ 3 ระดับ โดยปรับเปลี่ยนขนาดล้อสายพานที่ติดบนเพลาเกลียวอัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 405, 457 และ 508 มิลลิเมตร ส่วนล้อสายพานที่ติดบนเพลามอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มิลลิเมตร และปลายท่ออัดมีความยาว 3 ขนาด คือ 100 ,150และ 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

5. วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ หาอัตราการอัดก้อนที่อัดโดยใช้แรงคนเทียบกับการอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อน ประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

6. นำก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ไปเพาะเห็ดนางรมฮังการี เพื่อเก็บตัวเลขผลิตเห็ด คำนวณเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency, BE.) และสุ่มวัสดุเพาะ 30 ตัวอย่าง/ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าความชื้น

BE **=** (น้ำหนักผลผลิตเห็ดสด / น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ) x 100

7. วิเคราะห์ข้อมูล เขียนรายงานผล สรุปแนวทางการใช้ประโยชน์สำหรับการเผยแพร่

ผลการวิจัย

จากการตรวจเอกสารและเก็บข้อมูลในพื้นที่ พบว่า เมื่อย้อนไปประมาณ 2-3 ปี การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเก็บแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือก ป้องกันไม่ให้เมล็ดเกิดแผลหรือเมล็ดร้าวในระหว่างทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้าย และชะลอการเกิดแอฟลาทอกซิน ได้นาน 3-6 สัปดาห์ จากนั้นทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก (ภาพที่2.1 ก) สำหรับในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ (อ.แม่แจ่ม) ทำให้มีเปลือกเหลือกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และทำการเผาทำลายทิ้งในช่วงแล้ง (ภาพที่2.1 ข) ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศขึ้นในฤดูแล้งเป็นสาเหตุหนึ่งของหมอกควันคุมเมือง แต่ในสภาพกาลปัจจุบัน มีการอัดเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นก้อนขนาด 500 x 800 x 360 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม/ก้อน จำหน่าย 30 บาท/ก้อน (ภาพที่2.1 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 เห็ดเกือบทุกชนิดยกเว้นเห็ดฟางและเห็ดกระดุมใช้เทคนิคการเพาะในถุงพลาสติก ซึ่งการทำฟาร์มเห็ดขนาดเล็กต้นทุนต่อหน่วยค่อนข้างสูง จะมีกำไรต้องมีราคาขายมากกว่า 40 บาท/กิโลกรัม แต่หากเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มีกำไรเมื่อขายราคา 10 บาท/กิโลกรัม เมื่อเทียบราคาเห็ดทุกชนิดในตลาด พบว่า ราคาขายปลีก 45 - 170 บาท/กิโลกรัม แล้วแต่ชนิดของเห็ด (นิสาชล, 2557) นันทินีและศิราภานต์(2553) ได้วิจัยการเพาะเห็ดนางรมจากเปลือกฝักข้าวโพดในถุงพลาสติก พบว่า ผลผลิตเห็ดไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ในปัจจุบันยังไม่มีผู้ประกอบการเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด

ก ข ค

ภาพที่ 2.1 ก) เปลือกข้าวโพดที่เกิดจากกะเทาะเอาเมล็ด ข) การเผาทำลายทิ้งในช่วงแล้ง ค) ก้อนเปลือกข้าวโพด

ผลการออกแบบในทางทฤษฎีเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

ในการออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B ที่เพลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 114.3 มิลลิเมตร (4.5 นิ้ว) ส่งกำลังไปเพลาของเกลียวอัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 406.4 มิลลิเมตร (16 นิ้ว) ผลการคำนวณสายพานลิ่มที่ต้องใช้ส่งกำลังจำนวน 2 เส้น คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลาอยู่ในช่วงระหว่าง 364-1041 มิลลิเมตร ค่ามุมสัมผัสของสายพาน 133 องศา ความเร็วของสายพาน 8.67 เมตร/วินาที และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 173 นิวตัน เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลียวอัดมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเพลาในแนวแกน กระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลาด้านที่ยึดใบเกลียวติด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 0.025 เมตร มีความยาว 0.370 เมตร การคำนวณในทางทฤษฏี ได้พิจารณาการยึดปลายเป็นแบบ กรณียึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free , $L_e = 2L$) ตรวจสอบค่าความเพรียวของของเพลาเกลียว พบว่า เป็นเกลียวยาวใช้สมการของออยเลอร์ คำนวณค่าความปลอดภัย สมบัติของวัสดุเหล็กเพลาขาวมีค่ายังโมดูลลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลา (σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล (วริทธิ์ และชาญ, 2556) พบว่า ค่าความปลอดภัยของเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 9.3 แสดงว่า เพลาเกลียวอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่งงอภายใต้ภาระแรงในแนวแกน เมื่อพิจารณาค่าภาระบนเพลาโดยรวม จุดที่รับภาระสูงสุด คือ จุดเปลี่ยนหน้าตัดของเพลามีเส้นผ่านศูนย์กลางโต 38 มิลลิเมตร ลดขนาดลงเป็น 25.4 มิลลิเมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 35.19 นิวตันเมตร คำนวณได้ค่าความเค้นเฉือน 11.48 เมกะปาสกาล มีภาระแรงกดในแนวแกน 7.68 กิโลนิวตัน คำนวณได้ค่าความเค้นกด 15.17 เมกะปาสกาล พบว่า ค่าความปลอดภัยของเพลาเกลียวอัดที่คำนวณได้ คือ 12.62 แสดงว่า เพลาที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้ (ผนวก ก)

ผลการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องอัดก้อนเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว 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 เพื่อทำเป็นฐานยึดมอเตอร์ต้นกำลัง (ภาพที่2.2 ก)

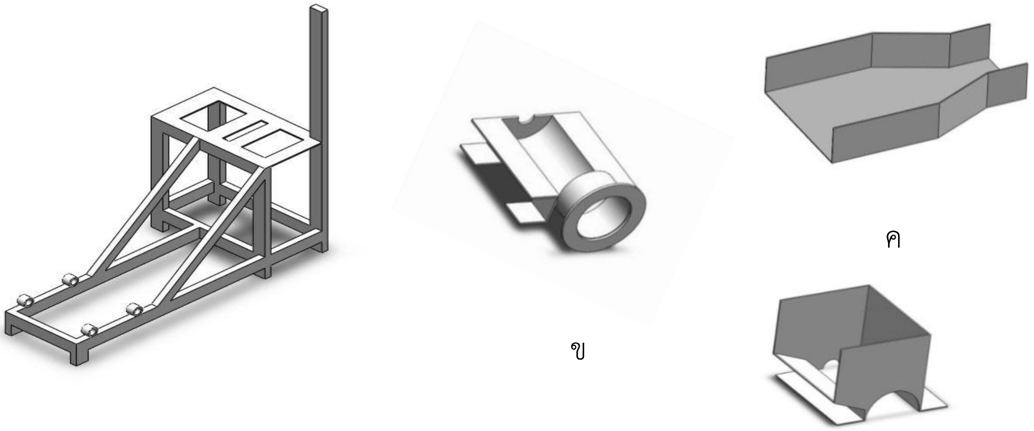
2. ท่อเกลียวป้อนอัด ท่อทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 120 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ท่อยาว 290 มิลลิเมตร ท่อถูกผ่าออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลมยาว 240 มิลลิเมตร และปิดด้วยเหล็กแผ่นครึ่งวงกลมที่ตรงปลายด้านใน มีส่วนโค้งครึ่งวงกลมรัศมี 20 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร ที่ปลายปากท่อมีลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ด้านข้างช่วงที่เป็นครึ่งวงกลมมีเหล็กฉากขนาด 50x50 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร เชื่อมยึดติดอยู่ที่ด้านข้างทั้งสองด้าน และที่ปลายเหล็กทั้งสองท่อนด้านใต้ปีกมีเหล็กฉากขนาดเดียวกันยาว 50 มิลลิเมตร เชื่อมติดอยู่ทั้งสี่ด้านโดยปลายปีกหันออกด้านนอก เพื่อเจาะรูยึดติดกับโครงสร้างฐาน (ภาพที่2.2 ข)

3. ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 41.5 มิลลิเมตร ยาว 340 มิลลิเมตร ปลายเรียวลงยาวออกไป 190 มิลลิเมตร ตรงสุดปลายเรียวกว้าง 230 มิลลิเมตร และมีปลายต่อตรงยาว 130 มิลลิเมตร มีขอบถาดสูง 130 มิลลิเมตร ตลอดความยาวของถาด (ภาพที่2.2 ค)

4. โครงช่องป้อน ทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร พับเป็นรูปตัวยู กว้าง 245 มิลลิเมตร ปีกสองข้างยาว 190 มิลลิเมตร ปีกด้านซ้ายตรงกึ่งกลางกับผนังด้านใน ตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 20 มิลลิเมตร และอีกด้านตัดเป็นรูปครึ่งวงกลมเส้นรัศมี 62 มิลลิเมตร ตรงปลายส่วนโค้งนี้กับผนังนอกของด้านใน ยึดเหล็กฉากขนาด 40x40 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร ตรงปลายเหล็กฉากที่เป็นผนังช่องป้อนด้านนอกตัดเอียงขึ้น 20 องศา ไปจนสุดปลายปีกตัวยูและปิดด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ตามแนวเอียง ตรงปีกเหล็กเหล็กฉากเจาะรูไว้ยึดกับช่องเปิดของท่อเกลียวป้อนอัด ด้านบนมีฝาปิดสี่ขนาด 160x245 มิลลิเมตร (ภาพที่2.2 ง)

5 .ปลายเรียวท่อ ที่ปากท่อทางเข้ามีลักษณะเหล็กแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 187 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 120 มิลลิเมตร สวมรัดปลายท่อเชื่อมติดอยู่เป็นหน้าแปลน ถัดลงไปเป็นท่อเหล็กเรียวลงไปจนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงเรียว 70 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร (ภาพที่2.3 ก)

6. ท่อปลายอัดแน่น มีลักษณะเป็นท่อสวมเหลื่อมกัน 25 มิลลิเมตร ท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร มีความหนา 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกสวมรัดท่อในอยู่มีความหนาท่อ 1.6 มิลลิเมตร ท่อนอกถูกผ่าออกในมีช่องรูปตัวยูกว้าง 20 มิลลิเมตร ลึก 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ช่อง ตำแหนงห่างกัน 180 องศา (ภาพที่2.3 ข)



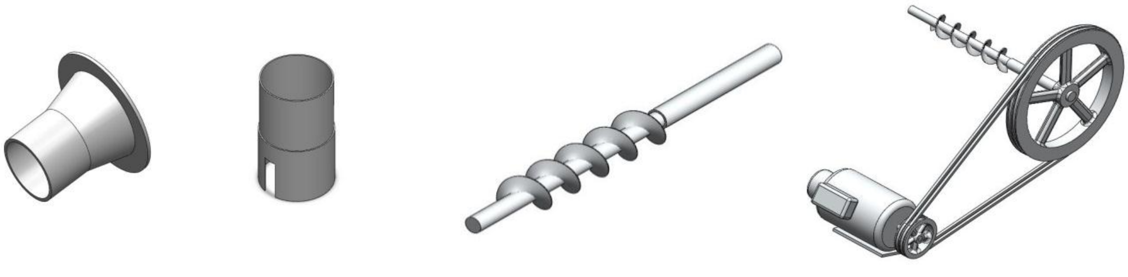
ข ค

ก ง

ภาพที่2.2 ก.) โครงสร้างฐาน ข.) ท่อเกลียวป้อนอัด ค.) ถาดป้อน ง.) โครงช่องป้อน

7. เพลาเกลียวอัด ทำจากเหล็กเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร เพลาด้านที่เชื่อมใบเกลียวติดกลึงลดขนาดลงจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร วัดจากปลายเพลาเข้ามา 420 มิลลิเมตร มีปลอกสวมอัดและเชื่อมติดกับเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร เป็นเหล็กเพลาขาวหน้าตัดแปดเหลี่ยม ขนาด 50 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร บนเพลาขนาด25 มิลลิเมตร มีใบเกลียวเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 112 มิลลิเมตร เชื่อมติดตลอดแนวยาว 300 มิลลิเมตร ที่ปลายใบเกลียวตัวสุดท้ายทำใบเกลียวเรียวลงจนปลายมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร มีความยาวช่วงเรียว 70 มิลลิเมตร (ภาพที่2.3 ค)

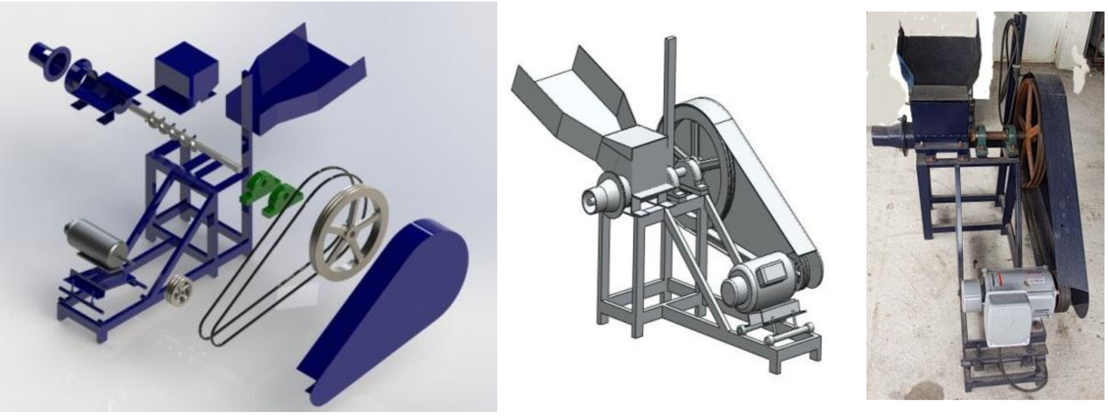
8. ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์เป็นต้นกำลัง ใช้สายพาน B-100 จำนวน 2 เส้น เป็นตัวส่งกำลังจากล้อสายพานขับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 152 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ติดกับมอเตอร์และส่งไปยังล้อสายพานตามที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 508 มิลลิเมตร เพื่อหมุนเพลาเกลียวป้อนเปลือกข้าวโพดเข้าไปในท่อและอัดเปลือกข้าวโพดผ่านท่อเรียวไปจนไหลออกที่ปลายท่ออัด (ภาพที่2.3 ง)



ก ข ค ง

ภาพที่2.3 ก) ปลายเรียวท่อ ข) ท่อปลายอัดแน่นภาพที่4 ค) เพลาเกลียวอัด ง) ระบบส่งกำลัง

จากที่ได้กล่าวมาเป็นรายละเอียดชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อนำแบบชิ้นส่วนเรียงประกอบ (ภาพที่2.4 ก) พร้อมทั้งประกอบกันเข้าเป็นเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (ภาพที่2.4 ข) และได้ทำการสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (ภาพที่2.4 ค)



ก **ข** **ค**

ภาพที่2.4 ก) แบบแยกชิ้นส่วนเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ข) แบบประกอบชิ้นส่วนเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ค) ภาพถ่ายเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว

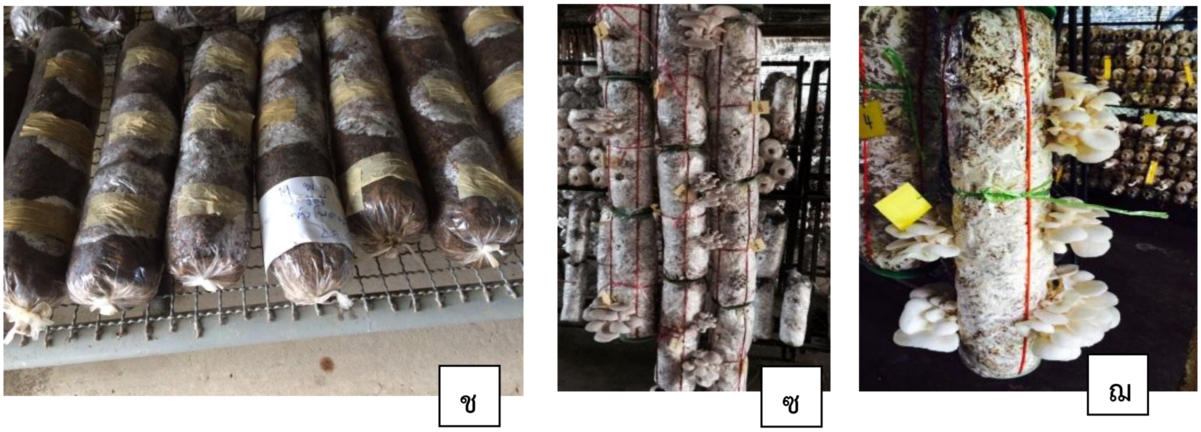
ผลการทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

ได้ออกแบบพร้อมทั้งสร้างต้นแบบชุดแรกและทำการทดสอบเบื้องต้น โดยใช้เปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยและเปลือกข้าวโพดที่ไม่หั่นย่อย พบว่า ความชันของมุมเรียวที่ 20 องศา การอัดก้อนในกรณีหั่นย่อยสามารถลำเลียงออกมาตามท่อได้ แต่มาอัดติดแน่นตรงปลายท่อที่บีบเรียวลง อัดแน่นจนเครื่องไม่สามารถอัดเปลือกฝักข้าวโพดออกมาตามท่อได้ สำหรบความชันของมุมเรียวที่ 10 และ 15 องศา พบว่า เปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยมีการไหลออกมาตามท่อต่อเนื่องได้ดี ในกรณีเปลือกฝักข้าวโพดไม่ได้หันย่อย พบว่า หากต่อท่อที่สุดปลายเรียวเปลือกข้าวโพดไปติดที่ปลายเรียวเหมือนกันแบบแรก ส่งผลต่อเนื่องให้เปลือกที่ไม่ได้หันย่อยพันติดแน่นกับเพลาเกลียวลำเลียง การแก้ปัญหานี้ คือ การหมักให้เปลือกข้าวโพดอ่อนนิ่มลง คือ หมักประมาณ 10 วัน ซึ่งก็สอดรับกับความต้องการในการเตรียมก้อนเห็ด คือ ต้องมีความชื้น 50-60 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถอัดเปลือกข้าวโพดในกรณีเปลือกฝักข้าวโพดไม่ได้หันย่อยให้ไหลไปตามท่ออัดได้ แต่ก็มีความแน่นยังไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขปัญหาในลำดับต่อมา คือ หาความเร็วที่เหมาะสม สำหรับเพลาอัดโดยเทียบความเร็วที่ 3 ระดับ ที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้น คือ เพลา

เกลียวอัดมีความเร็ว 544, 482 และ 433 รอบ/นาที เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า ความชันของมุมเรียวที่ 10 องศา ความเร็วที่ 482 รอบ/นาที และปลายท่ออัดมีความยาว 150 มิลลิเมตร มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากการไหลออกที่ปลายท่อมีลักษณะเป็นก้อนสม่ำเสมอต่อเนื่อง เครื่องเดินเรียบขณะอัดก้อน ไม่มีลักษณะการสะดุดติดขัด

ผลการทดสอบอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว

ผลการทดสอบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว โดย ทำการทดสอบอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพด มีขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ เริ่มจากเตรียมวัสดุก่อนอัดก้อน อัดก้อนวัสดุลงถุง มัดปากถุง เจาะรูสำหรับใส่เชื้อเห็ด นึ่งก้อนวัสดุ เขี่ยเชื้อลงก้อน เดินเชื้อในห้องเดินเชื้อ เปิดดอกในโรงเปิดดอกเห็ด และเก็บตัวเลขผลผลิตเห็ด (ภาพที่ 2.5 ก-ฉ)



ภาพที่ 2.5 ก) เตรียมวัสดุก่อนอัดก้อน ข) อัดก้อนวัสดุลงถุง ค) มัดปากถุง ง) เจาะรูสำหรับใส่เชื้อเห็ด จ) นึ่งก้อนวัสดุ ฉ) เขี่ยเชื้อลงก้อน ช) เดินเชื้อในห้องเดินเชื้อ ซ) เปิดดอกในโรงเปิดดอกเห็ด ณ) ผลผลิตดอกเห็ด

ผลการทดสอบการอัดก้อนโดยใช้แรงคน พบว่า ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว ใช้เวลา 55.85 ± 13.25 วินาทีต่อถุง ความสามารถในการอัด 65.00 ± 13.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง ใช้เวลา 78.30 ± 8.67 วินาทีต่อถุง ความสามารในการอัด 49.00 ± 6.00 ก้อน/ชั่วโมง

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

ผลผลิตเห็ดจากก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม มีความชื้นเฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796± 34 กรัม/ก้อน และวัสดุเพาะมีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84±2.03เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2)

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

หมายเหตุ : ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2.2 ค่าความชื้น ผลผลิตเห็ดสด น้ำหนักวัสดุเพาะ และประสิทธิภาพทางชีววิทยา (BE)

	ความชื้นวัสดุ	เห็ดฮังการีสด	วัสดุเพาะแห้ง	ประสิทธิภาพทางชีววิทยา
ตัวอย่างที่	เปอร์เซ็นต์	กรัม	กรัม	เปอร์เซ็นต์
1	66	762	850	89.65
2	64	830	900	92.22
3	66	796	850	93.65
ค่าเฉลี่ย	65 ± 1.15	796 ± 34	866.67±28.87	91.84±2.03

หมายเหตุ : ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อภิปรายผล

จากผลการทดสอบ การอัดโดยใช้แรงคนหากมีการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดก่อนทำให้อัดได้เร็ว เพราะเปลือกฝักข้าวโพดที่ไม่ได้หันย่อยเวลาจับขึ้นมาอัดลงถุงมักพันกันเป็นขนาดใหญ่ทำให้การอัดได้ไม่แน่นเท่าในกรณีที่หันย่อยมาก่อน เมื่อพิจารณาการอัดโดยใช้เครื่องอัด ความสามารถในการอัดไม่ต่างกัน ไม่ว่าในกรณีที่ทำการหั่นย่อยหรือไม่หั่นย่อยเปลือกข้าวโพด จากผลการทดสอบนี้ แสดงให้เห็นว่าวิธีการอัดเปลือกข้าวโพดโดยใช้เครื่องอัดควรทำการอัดในกรณีไม่ต้องหั่นย่อย ทำให้ประหยัดทั้งแรงงานและต้นทุนในเรื่องเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้หันย่อย

อีกทั้งยังเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานได้ด้วย เมื่อพิจารณาผลผลิตจากก้อนเห็ดยาวที่อัดเปลือกข้าวโพดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม สามารถให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 736.25 กรัม/ก้อน หากเทียบกับกรณีก้อนสั้นที่อัดเปลือกข้าวโพดมีน้ำหนักก้อน 0.8 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 273 กรัม/ก้อน (สุทธินี 2556) และก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพารามีน้ำหนักก้อน 0.9-1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมเฉลี่ยประมาณ 250 กรัม/ก้อน ดังนั้นก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนยาวให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 2.7 เท่า เมื่อเทียบกับก้อนเห็ดที่อัดจากเปลือกข้าวโพดแบบก้อนสั้น และเทียบกับก้อนเห็ดจากขี้เลื่อยยางพาราก้อนสั้นให้ผลผลิตสูงกว่า 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 ในการออกแบบมีค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนที่จะเกิดการเสียหายได้ง่ายสุด เท่ากับ 9.3 จากภาระสูงสุดของต้นกำลัง จึงประเมินอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี เมื่อเทียบกับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศราคาประมาณ 350,000 บาท อัดได้เฉพาะขี้เลื่อยยางพาราหรือไม้หั่นย่อยเท่านั้น หากลงทุนซื้อเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวราคาถูกกว่า 7.78 เท่า

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเพาะเห็ด ใช้ขี้เลื่อยยางพาราเป็นวัสดุหลัก หลายปีที่ผ่านมาราคาขี้เลื่อยไม้ยางพาราสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 50% ในปัจจุบันหนึ่งรถบรรทุกมีราคา 28,000-30,000 บาท ผู้เพาะเห็ดจึงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น 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 ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารถในการอัด 65.00 ± 13.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 49.00 ± 6.00 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้ต้นแบบเครื่องอัดก้อนที่สร้าง

ขึ้น ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารถในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารถในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796± 34 กรัม/ก้อน และประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84±2.03 เปอร์เซ็นต์ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ใช้งานเต็มความสามารถ 17 วัน ก็ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเครื่องมือเพื่อผลิตเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มีจำนวน 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่1 ได้การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีลักษณะยาวเรียว ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมนออกแหลม สีเหลืองอ่อน มีความกว้าง ประมาณ 10 – 50 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 200 – 250 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 8.64 กรัมต่อหัว พื้นที่ผิว 1,475 – 9,350 ตารางมิลลิเมตร เส้นรอบวง 404.4 – 502.4 มิลลิเมตร และจากการศึกษาเทคโนโลยีการหั่นย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบว่า มีเครื่องหั่นย่อยอยู่ 3 แบบ คือ 1)เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล 2)เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย และ3)เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม จึงดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เครื่องหั่นย่อยทั้ง 3 แบบดังกล่าว พบว่า เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นเส้นฝอยเล็กๆ มีความสามารถในการหั่นย่อย 43.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีแนวทางการปรับปรุงพัฒนาให้สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ โดยออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีดุมล้อเป็นรูปกากบาท เพื่อเพิ่มช่องว่างในการคายตัวของเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบฯ เบื้องต้น พบว่า สามารถหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นเส้นฝอย ขนาดความยาว 10 – 100 มิลลิเมตร กว้าง 1 –5 มิลลิเมตร ไม่มีเศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ม้วนเป็นก้อน มีความสามารถในการหั่นย่อยสูงสุด 99.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.66 ลิตร/ชั่วโมง นั้นหมายถึงเครื่องต้นแบบฯ มีความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น 2.31 เท่า เมื่อเทียบกับเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้

ข้อเสนอแนะ ในขั้นตอนการทดสอบต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เกิดฝุ่นละอองจากการหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพดเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการระคายเคืองและคันผิวหนัง รวมถึงส่งผลเสียต่อผู้ที่เป็นภูมิแพ้ จึงควรมีการป้องกันใส่หน้ากากปิดจมูกและใส่เสื้อผ้าที่ปิดมิดชิด เพื่อป้องกันฝุ่นละอองดังกล่าว

การทดลองที่ 2 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 ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารในการอัด 65.00 ±

13.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารในการอัด 49.00 ± 6.00 ก้อน/ชั่วโมง การอัดโดยใช้ต้นแบบเครื่องอัดก้อนที่สร้างขึ้น ในการอัดเปลือกข้าวโพดที่หั่นย่อยหมักลงถุงยาว มีความสามารในการอัด 95.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง และไม่หั่นย่อยหมักลงถุง มีความสามารในการอัด 97.00 ± 14.00 ก้อน/ชั่วโมง ก้อนที่อัดน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ย 796± 34 กรัม/ก้อน และประสิทธิภาพทางชีววิทยา 91.84±2.03 เปอร์เซ็นต์ เครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ใช้งานเต็มความสามารถ 17 วัน ก็ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุน

ข้อเสนอแนะ สำหรับเกษตรกรหรือผู้ประการเพาะเห็ด สามารถนำเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวนี้ ไปอัดเปลือกข้าวโพดเป็นก้อนเชื้อในการเพาะเห็ดได้ ทั้งในกรณีที่หั่นย่อยเปลือกข้าวโพดหรือในกรณีที่ไม่ต้องหั่นย่อยก็ได้แล้วแต่ความสะดวกของเกษตรกรหรือผู้ประการเพาะเห็ด ในส่วนของผู้ที่สนใจจะดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อควรพิจารณาในส่วนของความสัมพันธ์ของก้อนที่หั่นย่อยและไม่หั่นย่อย ความหนาแน่นในระดับต่างๆ มีผลกับต้นกำลังอย่างไร และให้ผลผลิตเห็ดเป็นอย่างไร

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำเสนอผลการวิจัยแก่นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ในการประชุมวิชาการหรือสัมมนาวิชาการของหน่วยงานต่างๆ เช่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร และสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย เป็นต้น
2. นำผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไปเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบเอกสารวิชาการสู่กลุ่มเป้าหมาย เช่น ผู้ประกอบการภาคเอกชน องค์การบริหารส่วนตำบล และเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง
3. นำไปขยายผลให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ดหันมาใช้เศษเปลือกฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้เป็นวัสดุเพาะเห็ดทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

บรรณานุกรม

การทดลอง 1

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. 2540. เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ผล. *หนังสือ 36 ปีเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันวิจัย เกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร* : 165 น.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. 2544. เครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย. *หนังสือ 36 ปีเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร* : 167 น.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. 2545. เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม. *หนังสือ 36 ปีเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันวิจัย เกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร* : 169 น.

นันทินี ศรีจุมปา และ ศิรากานต์ ขยันการ. 2553. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตเห็ด. *ผลงานวิจัยฉบับเต็ม*. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา. 2553. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : ttp://www.agri.ubu.ac.th/~kanjana/1203321 /Data/maize.doc. 3 ธันวาคม 2555

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.abcun.org /research/view.php?resID=RDG53O0011. 3 ธันวาคม 2555

การทดลอง 2

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

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

นันทินี ศรีจุมปา และ ศิรากานต์ ขยันการ. 2553. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตเห็ด ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

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

สุทธินี เจริญคิด. ประนอม .ใจอ้าย. วิภาดา แสงสร้อย. คณิศร มนุษย์สม และสากล มีสุข. การทดสอบเทคโนโลยีการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการีด้วยเปลือกข้าวโพด รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 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]

ผนวก ก

การออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวในทางทฤษฎี

ในการออแบบสร้างเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดจากเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาวใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่มและเพลาส่งกำลัง ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และสมการที่ใช้ในการคำนวณ ได้อ้างอิงจากตำรา การออกแบบเครื่องจักรกล 1 และ 2 ของ วริทธิ์ และชาญ 2556

เลือกใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป

ได้สมมุติเงื่อนไขในการออกแบบ คือ เพลาของมอเตอร์ติดล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 114.3 มม (4.5 นิ้ว) และเพลาของเกลียวอัดติดล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 406.4 มม (16 นิ้ว)

อัตราทด $m_w = D_p / d_p = n_1/n_2 = 406.4/114.3 = 3.56$

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ

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

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

ทดลองเลือกใช้ C = 365 มม

หาความยาวพิตช์โดยประมาณ

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

$L_p = 2(365) + 1.57(406.4 + 114.3) + (406-114.3)^2/4(365) = 1605.78$ 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

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 การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ่มที่ใช้

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

Z = 1.5 x 1.4 / 2.56 x 0.87 x 0.93 = 1.01 เส้น

เลือกใช้สายพานลิ่ม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

คำนวณหาค่ามุมสัมผัสของสายพาน

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

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

คำนวณความเร็วของสายพาน $v = \pi d_p n$

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

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง $F = W_p /v$

F = 1.5 x 1000/8.67 = 173 นิวตัน

k_1 = 2 (ตัวประกอบการใช้งาน ในกรณี งานหนัก แรงกระตุก จากตาราง 10.18)

k_2 = 0.385 (ตัวประกอบหน้าตัดสายพาน B จากตาราง 10.19)

แรงดึงชั้นต้นในสายพาน

$F_i = (k_1 F + Z k_2 v^2) \text{Sin}\infty/2$

F_i = (2 x 173 + 2 x 0.385 x 75.17) x 0.917 = 370.36 นิวตัน

ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่มอเตอร์ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิ่มส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเพลาเกลียวอัดใช้สมการแสดงไว้ข้างล่างนี้

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

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

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

แรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์

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

โมเมนต์บิดสูงสุดที่มอเตอร์กระทำต่อเพลาเกลียวอัด (T_{max}) ส่งผลให้เกิดแรงอัดส่งที่เกลี่ยวสามารถอัดส่งวัสดุ (W) เมื่อ f_s = 0.15-0.25 .ในกรณี วัสดุเป็นเหล็ก จากตาราง 11.4

$T_{max} = FR$ =173.33 x (0.406/2) =35.19 นิวตัน • เมตร

เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเกลียว 0.025 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.112 เมตร คำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลียว 0.0685 เมตร เกลียวมีระยะพิต 0.07 เมตร หาค่ามุมเอียงของเกลียวได้ 18 องศา

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

w = 2 x 35.19 x (1-0.2 tan18) / 0.0685 (0.2-tan 18) = 7685.29 นิวตัน

เนื่องจากแรงอัดส่งที่เกลี่ยวสามารถอัดส่งวัสดุเป็นแรงกระทำต่อเพลาในแนวแกน (แรงกระจายอยู่บนใบเกลียวตลอดความยาวของเกลียวอัด) จึงสมมุติให้เป็นแรงรวมกระทำเป็นจุดที่ปลายเพลาเกลียว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเสา 0.025 เมตร มีความยาว 0.370 เมตร ในกรณีการยึดปลายเป็นแบบ ยึดติดแน่น-อิสระ (Fixed-free , L_e = 2L) วัสดุเหล็กเพลาขาวมีค่ายังโมดูลลัส (E) 207 จิกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลา(σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล

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

$$\frac{L_e}{k} = \left[\frac{2x207x10^9x\pi^2}{240x10^6}\right]^{\frac{1}{2}}$$ =130.41 มีค่ามากกว่า 110 เป็นกรณีเสายาว

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

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

$$N = \frac{\pi^3 x207x10^9x0.025^4}{64x\ 7685.29x(2x0.370)^2}$$ = 9.3

เพลาอัดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการโก่ง

คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดเปลี่ยนหน้าตัดของเพลามีเส้นผ่านศูนย์กลางโต 38 มิลลิเมตร ลดขนาดลงเป็น 25.4 มิลลิเมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 35.19 นิวตัน•เมตร คำนวณได้ค่าความเค้นเฉือน 11.48 เมกะปาสกาล มีภาระแรงกดในแนวแกน 7685.29 นิวตัน คำนวณได้ค่าความเค้นกด

15.17 เมกะปาสกาล และค่าความแงแรงของวัสดุเพลา(σ_{yt}) 240 เมกะปาสกาล หาค่าความปลอดภัยของเพลา (N) ได้จากสมการข้างล่าง

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

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

เพลาที่เลือกใช้ไม่เกิดความเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

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 จากนั้นคลุมกองด้วยแผ่นพลาสติกโดยเปิดหลังกองไวเล็กน้อยเพื่อระบายความร้อนภายในกอง

วันที่ 4 ทำการกลับกองเปลือกฝักข้าวโพด โดยเอาส่วนข้างในสลับออกมาข้างนอกและเอาส่วนข้างนอกสลับเข้าไปไว้ข้างใน

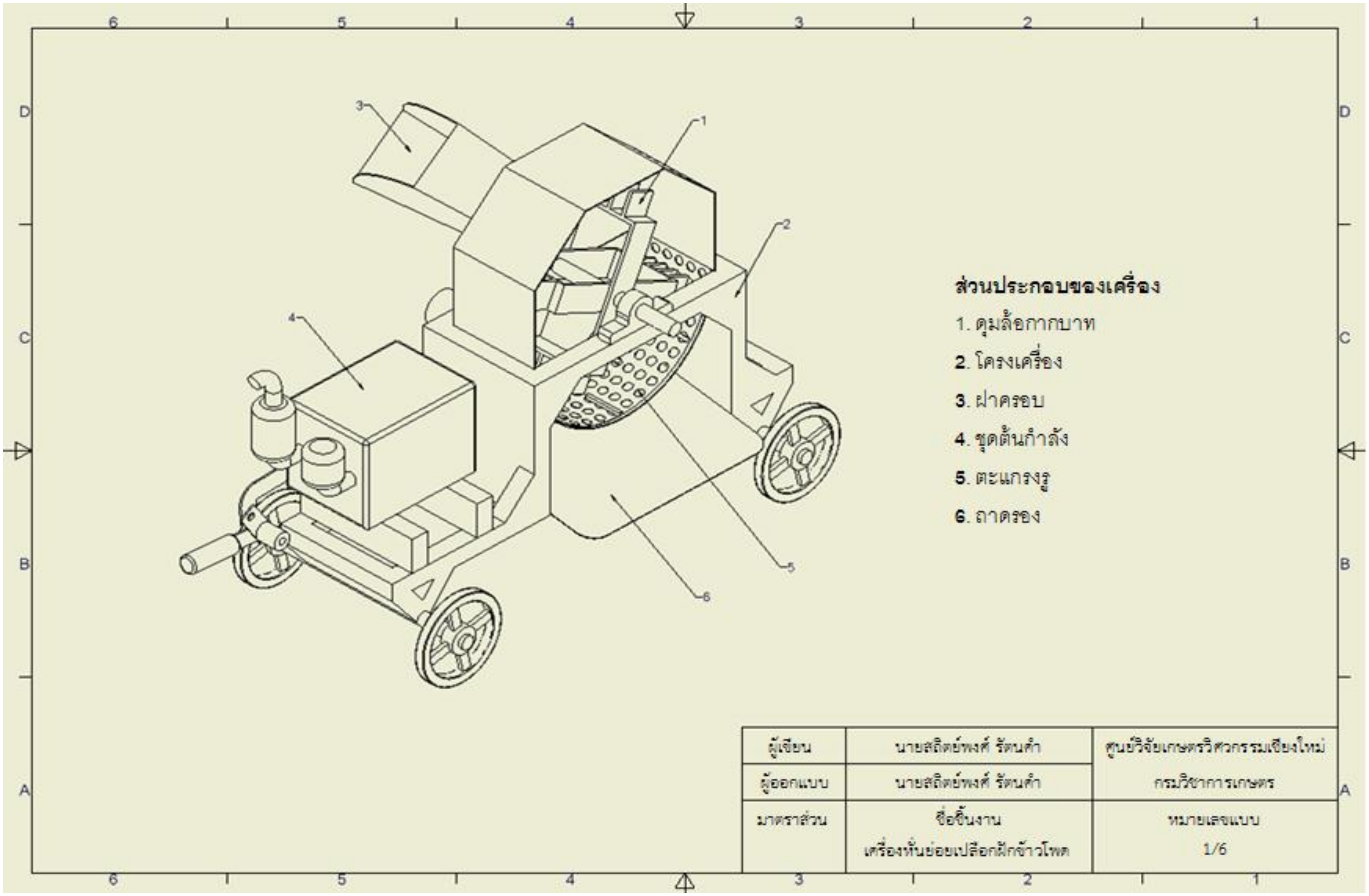
วันที่ 6 ทำการกลับกองเหมือน วันที่ 4 และให้ผสมยิปซัมลงไปในกองเปลือกฝักข้าวโพดด้วย

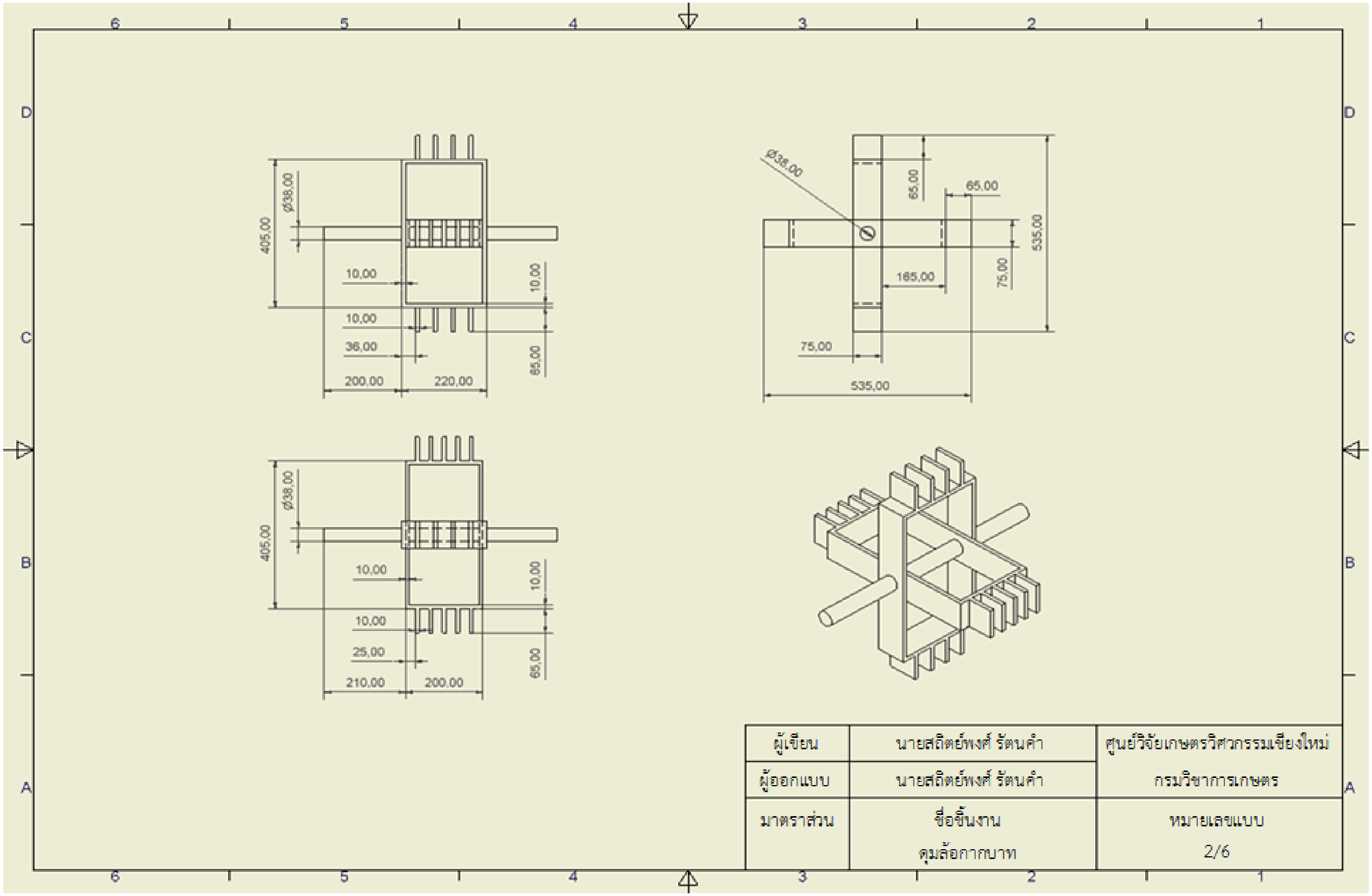
วันที่ 8 ทำการกลับกองเหมือน วันที่ 4 และให้ผสมดีเกลือลงไปในกองเปลือกฝักข้าวโพดด้วย

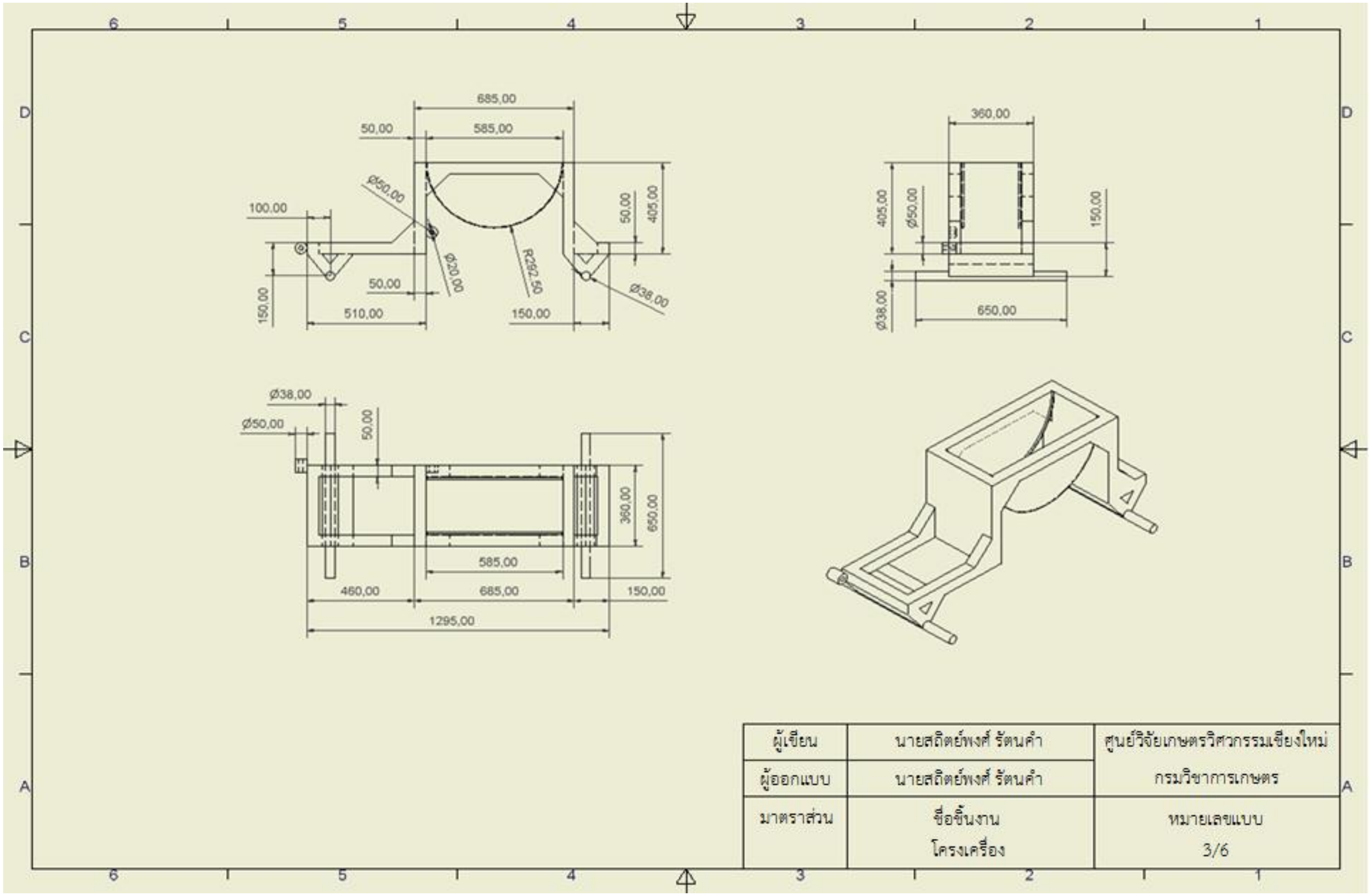
วันที่ 10 ถ้าในกองเปลือกฝักข้าวโพดไม่มีกลิ่นแอมโมเนียและความชื้นเหมาะสม ซึ่งสามารถตรวจได้โดยการบิดเปลือกฝักข้าวโพดด้วยมือ ถ้ามีความเหมาะสมจะต้องมีน้ำซึมออกตามง่ามนิ้วมือเพียงเล็กน้อย จึงผสมรำละเอียดลงในกองและทำการบรรจุลงในถุงพลาสติก

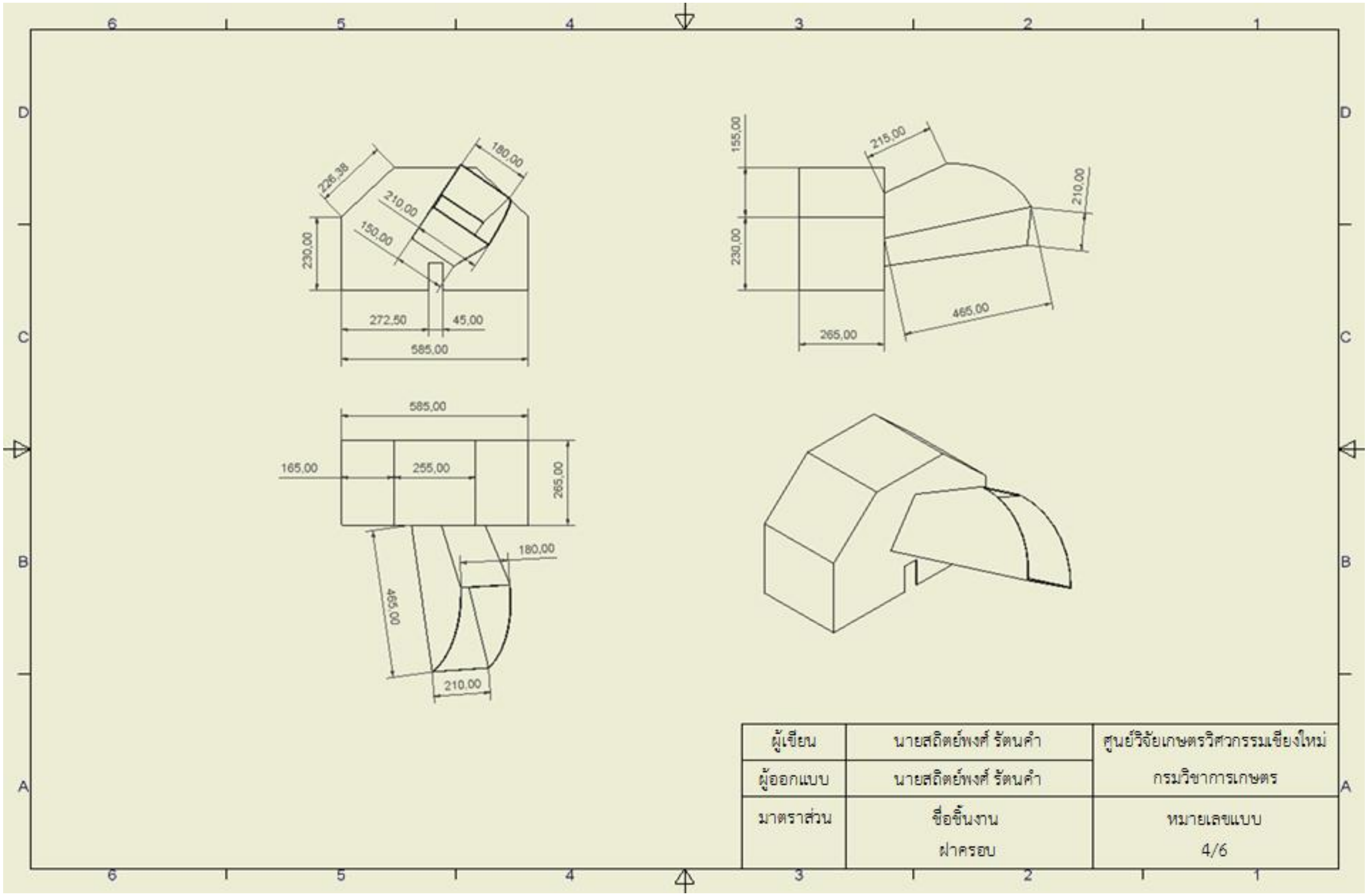
สูตรการหมักเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อเพาะเห็ดนี้ ได้จาก คุณนันทินี ศรีจุมปา ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย 57000 โทร 053-170100-3

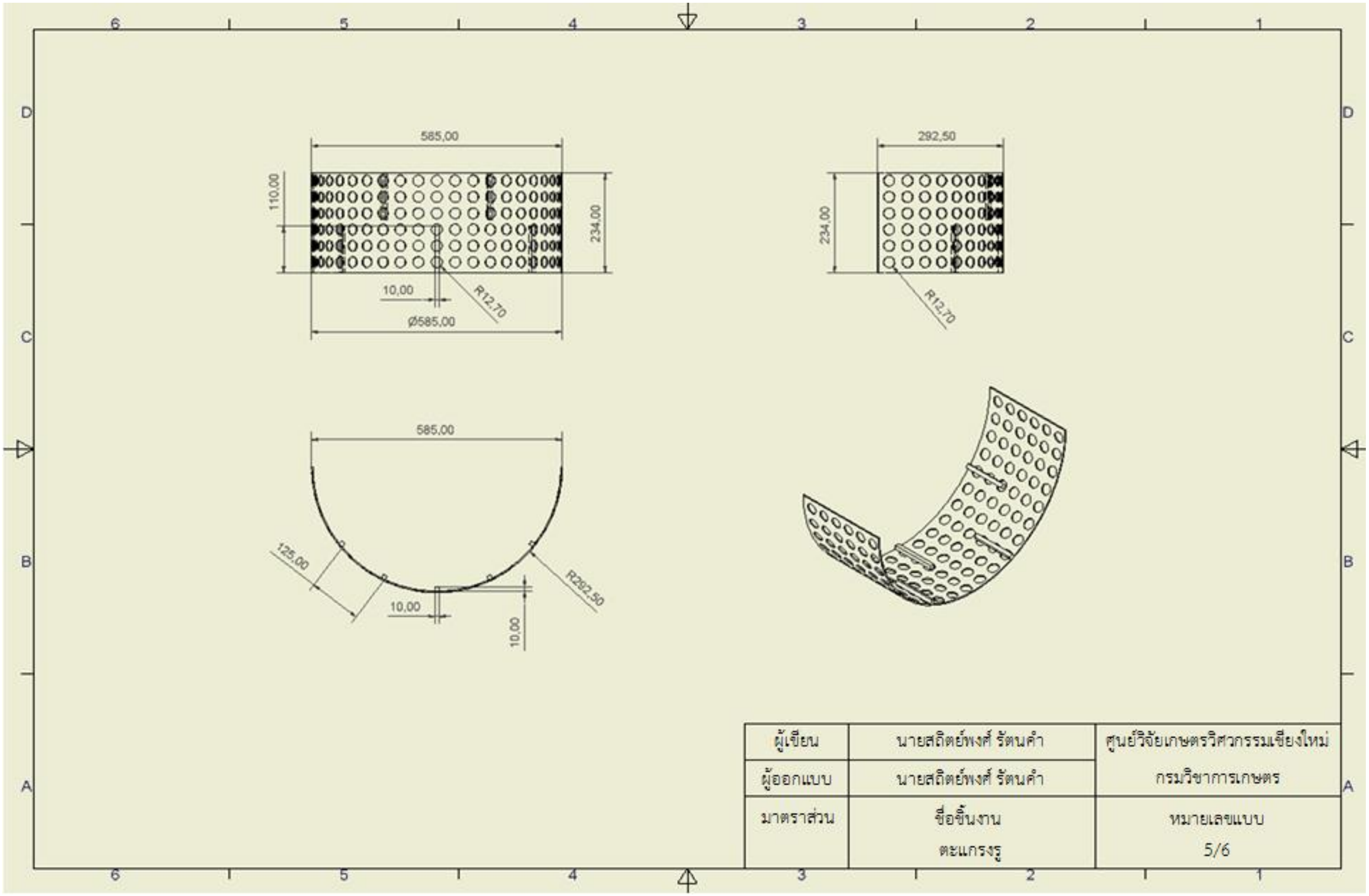
ผนวก ค

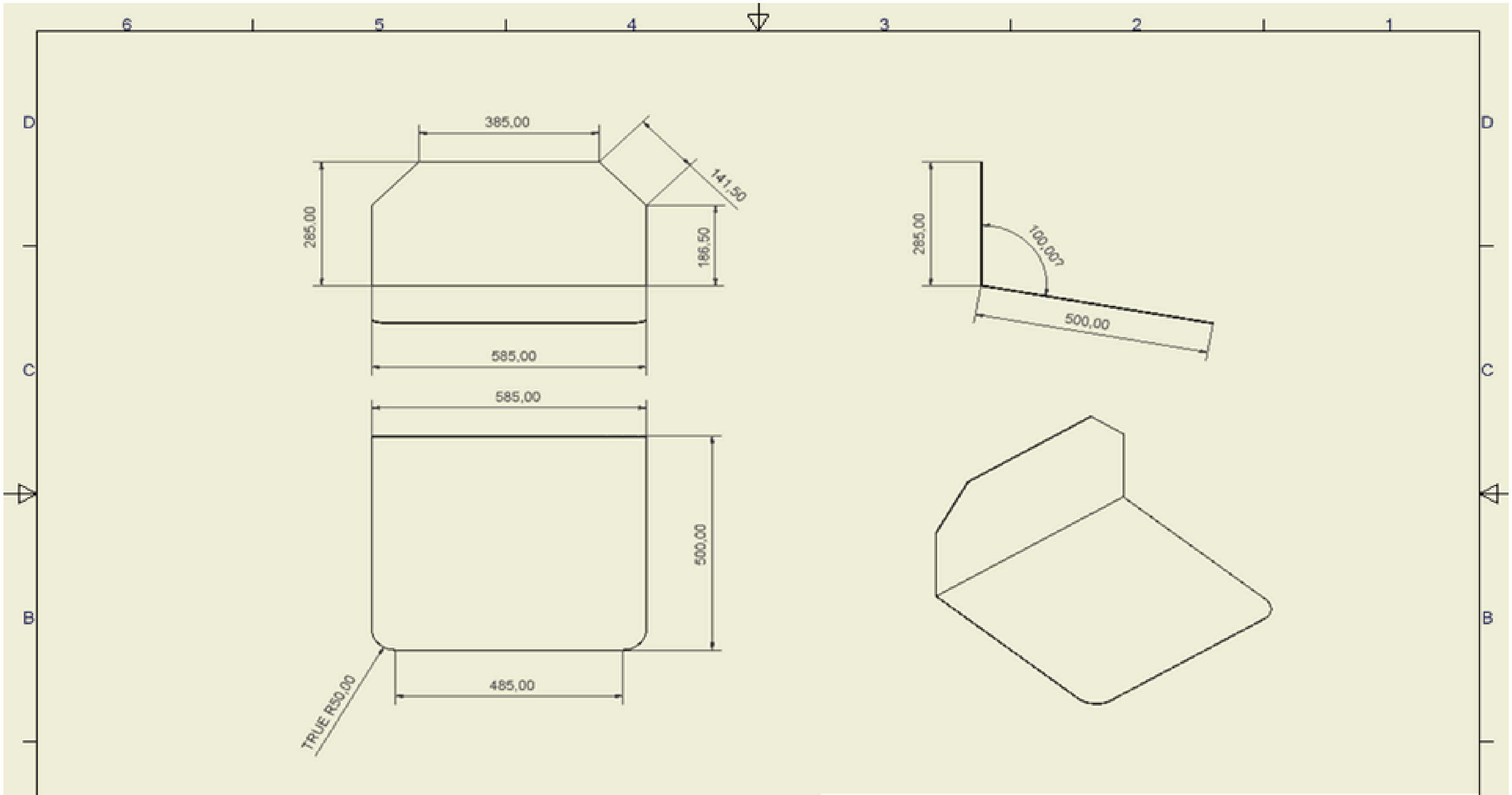

ส่วนประกอบของเครื่อง
1. ดุมล้อกากบาท
2. โครงเครื่อง
3. ฝาครอบ
4. ชุดต้นกำลัง
5. ตะแกรงรู
6. ถาดรอง
ผู้เขียน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ผู้ออกแบบ
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
เครื่องหั่นย่อยเปลือกฝักข้าวโพด
หมายเลขแบบ
1/6


Ø38,00
405,00
10,00
36,00
25,00
65,00
75,00
165,00
535,00
200,00
210,00
220,00
ผู้เขียน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ดุมล้อกากบาท
หมายเลขแบบ
2/6


685,00
50,00
585,00
Ø50,00
100,00
50,00
405,00
Ø20,00
R292,50
Ø38,00
150,00
50,00
510,00
150,00
360,00
405,00
Ø50,00
150,00
Ø38,00
650,00
Ø38,00
Ø50,00
50,00
360,00
650,00
585,00
460,00
685,00
150,00
1295,00
ผู้เขียน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
โครงเครื่อง
หมายเลขแบบ
3/6

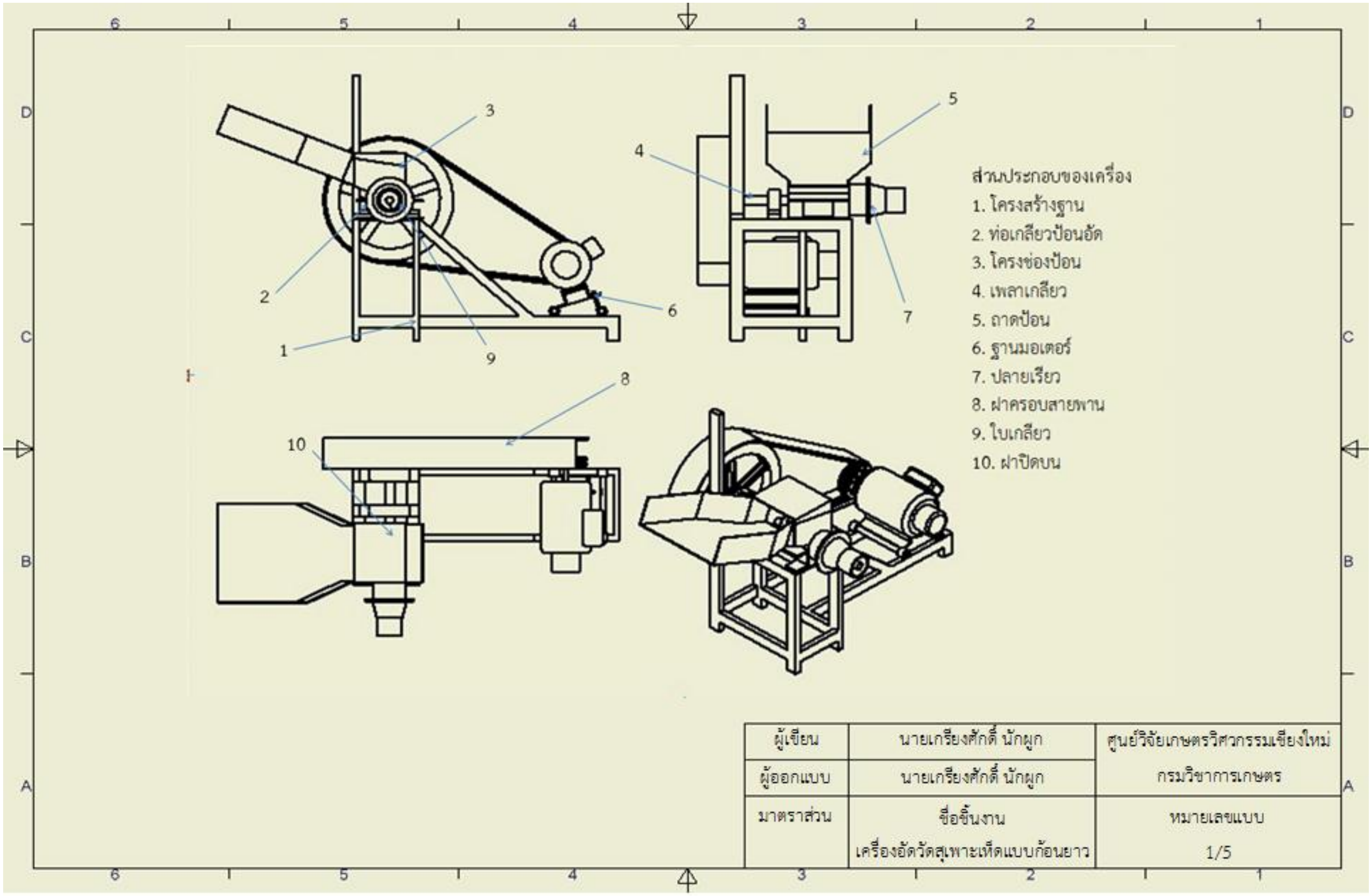

226,38
180,00
210,00
150,00
230,00
272,50
45,00
585,00
155,00
215,00
210,00
230,00
265,00
465,00
585,00
165,00
255,00
265,00
180,00
465,00
210,00
ผู้เขียน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ฝาครอบ
หมายเลขแบบ
4/6

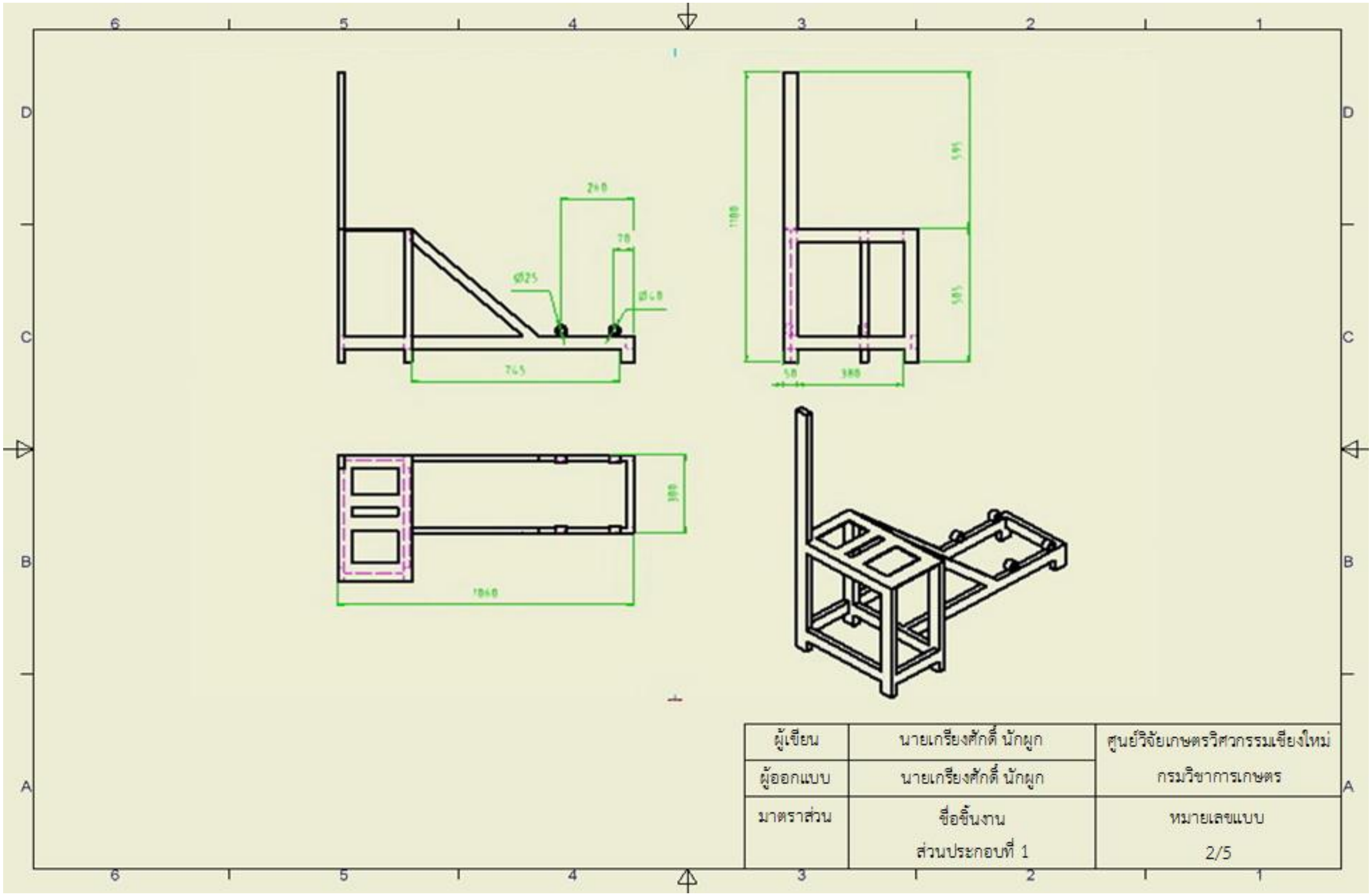

585,00
110,00
234,00
10,00
R12,70
Ø585,00
292,50
234,00
R12,70
585,00
125,00
10,00
10,00
R292,50
ผู้เขียน
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ตะแกรงรู
หมายเลขแบบ
5/6

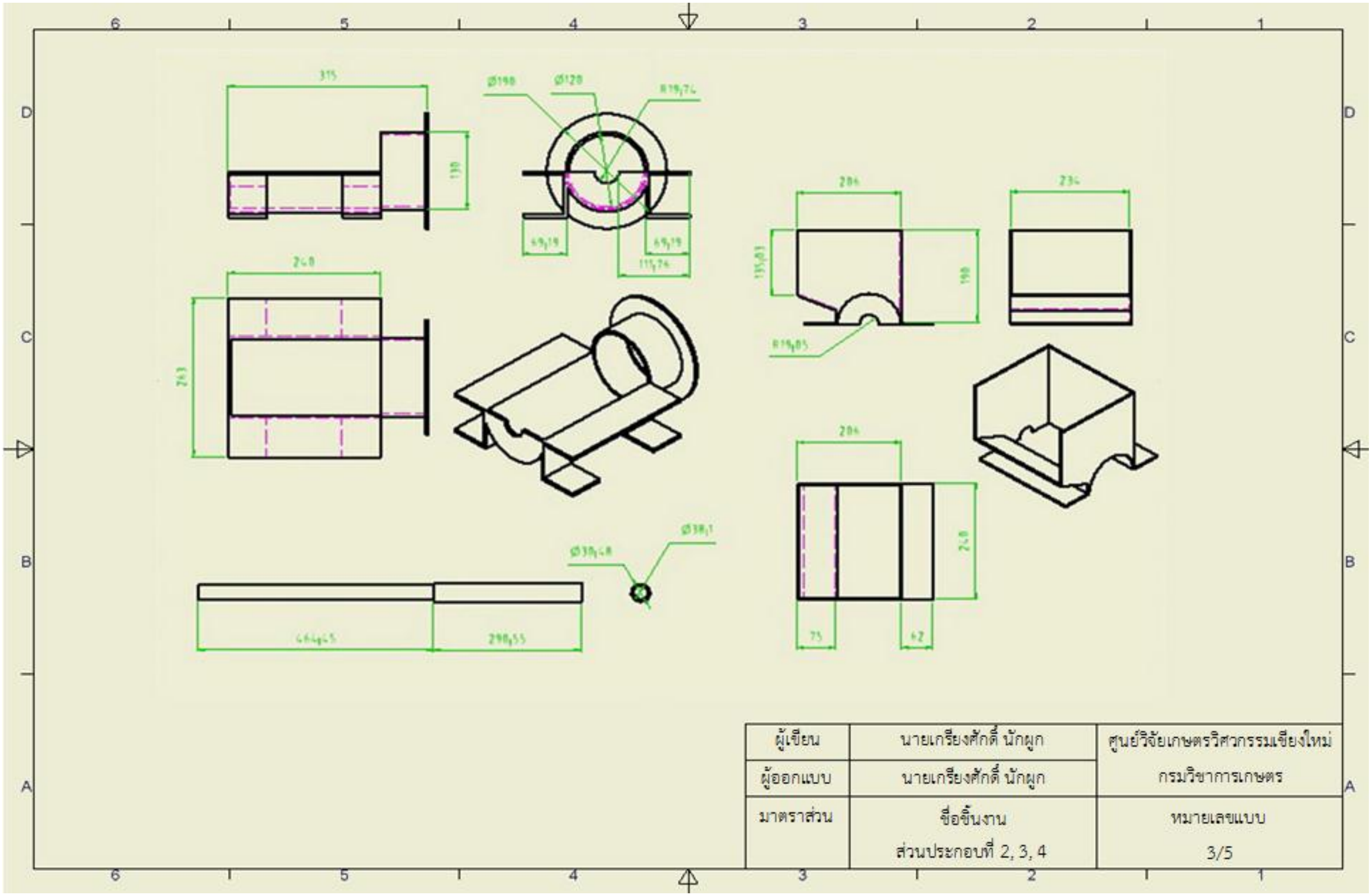


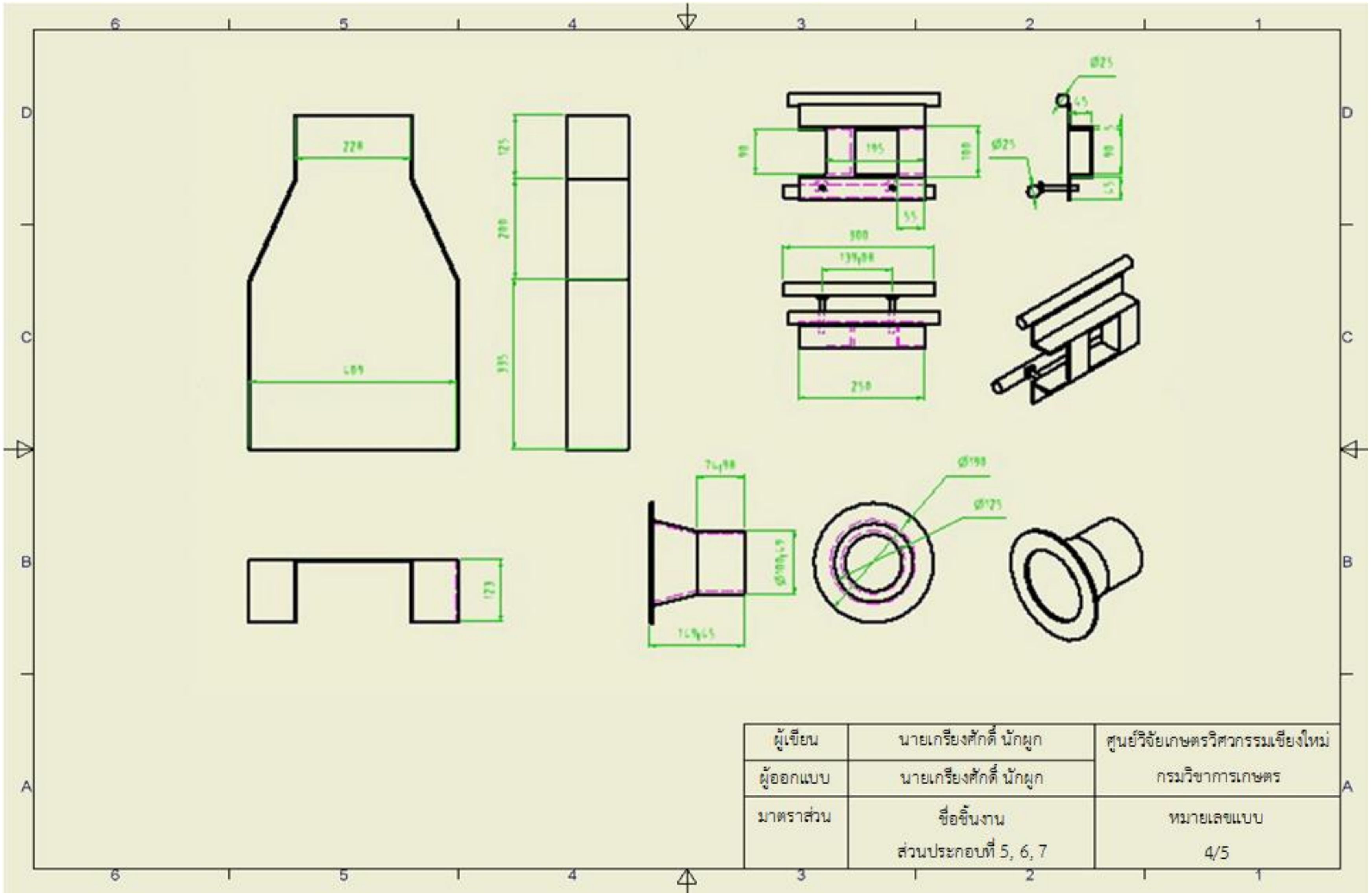
ผู้เขียน	นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ	นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ถาดรอง	หมายเลขแบบ 6/6

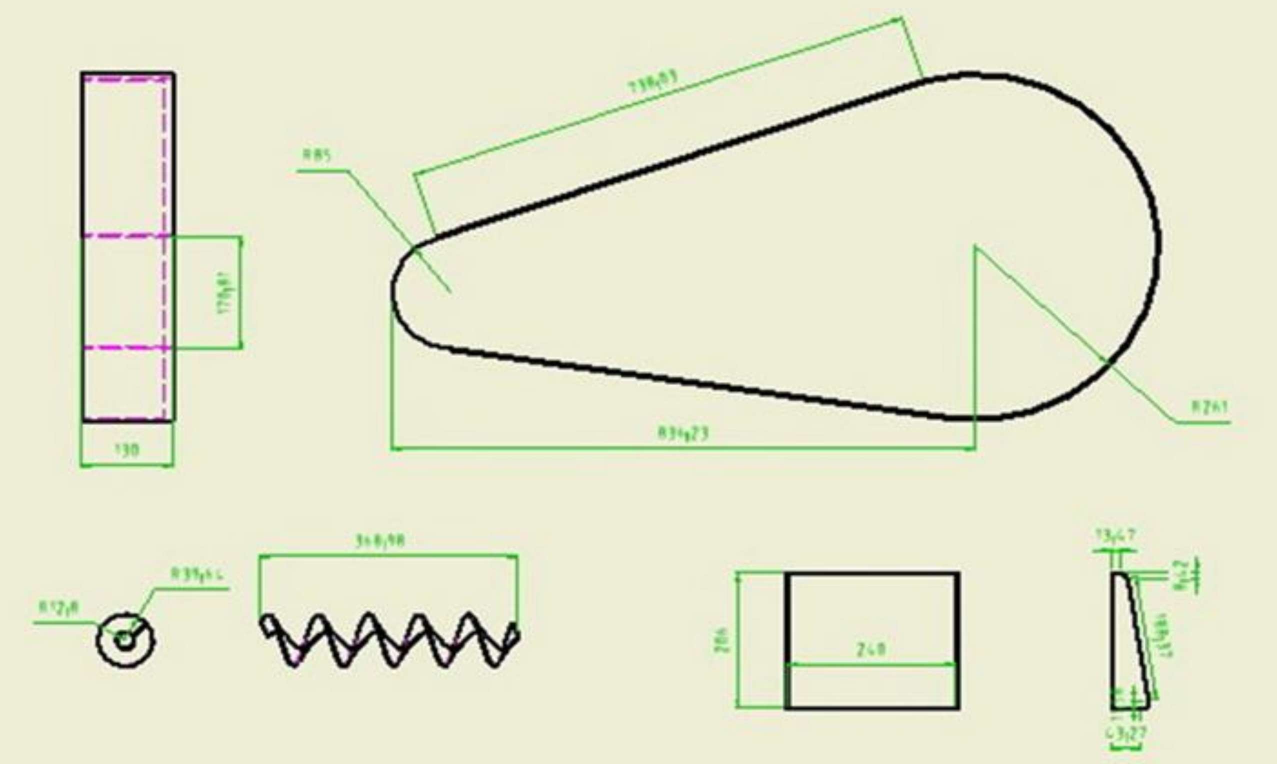
ผนวก ง


ส่วนประกอบของเครื่อง
1. โครงสร้างฐาน
2. ท่อเกลียวป้อนอัด
3. โครงช่องป้อน
4. เพลาเกลียว
5. ถาดป้อน
6. ฐานมอเตอร์
7. ปลายเรียว
8. ฝาครอบสายพาน
9. ใบเกลียว
10. ฝาปิดบน
ผู้เขียน
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ผู้ออกแบบ
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
เครื่องอัดวัดสุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว
หมายเลขแบบ
1/5


ผู้เขียน
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ส่วนประกอบที่ 1
หมายเลขแบบ
2/5


ผู้เขียน
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ผู้ออกแบบ
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ส่วนประกอบที่ 2, 3, 4
หมายเลขแบบ
3/5


ผู้เขียน
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก
กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
ส่วนประกอบที่ 5, 6, 7
หมายเลขแบบ
4/5



ผู้เขียน	นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ออกแบบ	นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	กรมวิชาการเกษตร
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ส่วนประกอบที่ 8, 9, 10	หมายเลขแบบ 5/5