Srinakharinwirot University Engineering Journal (2021) 16(3), 62-74 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน–ธันวาคม พ.ศ. 2564

การพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

Development of Animal Feed Pelleting Machine

เอกพันธ์ สุขมูลศิริ[1*] รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
Ekkapan Sukmoonsiri[1]* Roongruang Kalsirisilp[1] Jaturong Langapin[1]
[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT), Pathumthani, 12110
*Corresponding author Email: ekkapan_s@mail.rmutt.ac.th
(Received: July 12, 2021; Accepted: September 4, 2021)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วนได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด ศึกษาความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที สูตรอาหารสัตว์ที่ศึกษาจำนวน 3 สูตร โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบบเม็ด และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ ผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83 % ความสามารถในการอัดเม็ดอาหารสัตว์เฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 300 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

คำสำคัญ: อาหารสัตว์แบบเม็ด การลดขนาด การผสม การอัดขึ้นรูป

ABSTRACT

The research aimed to fabricate and test the prototype of animal feed pelleting machine. The machine consists of four main parts namely, steel frame, grinding unit, mixing unit and pellet extruding unit. The test speed of motor was selected at 1,100, 1,430 and 1,750 rpm. Three formulated animal feed were used for this study. The performance parameters studied were processing capacity, percentage recovery, electrical consumption and economic analysis of the machine. The performance test of the machine showed that the optimum speed was 1,750 rpm. The percentage recovery of the machine was 83%. The average processing capacity was 23 kg/h. An economic analysis further showed that the operation cost of the machine was 37.5 Bath per hour with the break even point of 3,052

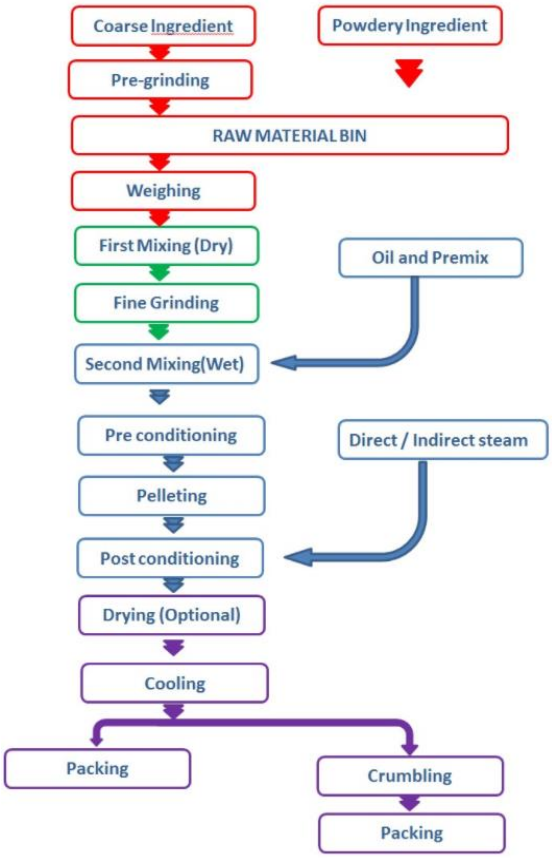
kilograms per year. Considering the working hour of 300 hour per year, the pay back period of the machine was found to be 2.2 years.

Keyword: Animal feed pellet, size reducing, mixing, pelleting.

1. บทนำ

อาหารสัตว์มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งอาหารของสัตว์อาจเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติหรือเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์นำพืช หรือสัตว์มาแปรรูป อาหารสัตว์เป็นสิ่งที่มีสารอาหารและมีประโยชน์ต่อการบำรุงร่างกายของสัตว์ อาหารสัตว์แบ่งได้ 2 ประเภทคือ 1) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีของสารอาหาร 2) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามปริมาณเยื่อใย อาหารสัตว์แต่ละประเภทมีส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันออกไป เช่น อาหารสุกรจะมีส่วนผสมของปลายข้าว ข้าวโพดบด รำละเอียดเป็นต้น การผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการทางสารอาหาร อาหารไก่ไข่จะมีส่วนผสมของข้าวโพด รำ ถั่วเหลือง และปลาป่นเป็นต้น สัดส่วนของวัตถุดิบที่ผสมให้ไก่ไข่กินนั้น ขึ้นอยู่กับพันธ์ไก่แต่ละชนิด อายุแต่ละสัปดาห์ของไก่ไข่ เพื่อเพิ่มปริมาณของไข่ทำให้ไข่ไก่ฟองใหญ่ขึ้น [1] ในปีพ.ศ. 2562 ประเทศไทยส่งออกอาหารสัตว์เป็นอันดับที่ 6 ของโลก ซึ่งมีมูลค่าในการส่งออก 1,111 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 34,032,485,300 บาทไทย สินค้าส่งออกสำคัญและสัดส่วนการส่งออก ได้แก่ อาหารสำหรับสุนัขและแมว มีสัดส่วนร้อยละ 92 และอาหารสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ มีสัดส่วนร้อยละ 18 จากมูลค่าการส่งออก ทำให้ปัจจุบันประเทศไทยขยับขึ้นมาเป็นผู้ส่งออกสินค้าอาหารสัตว์เลี้ยงอันดับที่ 6 ของโลก รองจากเนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ฝรั่งเศส และจีน จากเดิมอยู่อันดับ 7 ของโลกในปีพ.ศ. 2561 [2] กระบวนการผลิตอาหารสัตว์ในประเทศไทย (รูปที่ 1) ประกอบด้วยขั้นตอน 10 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การรับวัตถุดิบ ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบสดที่ไม่ผ่านการแปรรูป 2. การทำให้สุกด้วยความร้อน 3. การร่อนผ่านตะแกรงเพื่อคัดแยกวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดได้ออก 4. การบดให้ละเอียด (Grinding) เพื่อง่ายต่อการผสม 5. การลดอุณหภูมิวัตถุดิบหลังการบด 6. การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ (Weighing) และการผสมวัตถุดิบตามสูตรอาหาร (Mixing) 7. การอัดเม็ดด้วยเครื่อง (Pelleting) 8. การอบแห้งอาหารสัตว์ (Drying) 9. การทำให้เย็น (Cooling) และ 10. การคัดขนาด (Sizing) เพื่อให้ได้ขนาดเม็ดอาหารสัตว์ตามต้องการ และการบรรจุหีบห่อ (Packing) เพื่อการจัดเก็บหรือจำหน่ายต่อไป [3] เนื่องจากต้นทุนอาหารสัตว์มีผลต่อกิจการปศุสัตว์ดังนั้นการใช้และควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นสำหรับเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพให้สามารถอยู่รอดได้ [4] [5] คุณค่าของอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารเฉพาะในอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของกระบวนการต่างๆของสัตว์ [4] จุดมุ่งหมายของการแปรรูปอาหารสัตว์คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากสารอาหาร เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการแปรรูปอาหาร ได้แก่ การบดหรือการลดขนาดอนุภาคและการอัดเม็ด (Pelleting) เป็นต้น [6] ขนาดของเม็ดอาหารสัตว์ ขั้นตอนการบดและการกำหนดสูตรอาหารสัตว์อัดเม็ด เป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตเม็ดอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ [6][7] การอัดเม็ดเป็นการทำให้คุณค่าของอาหารที่สัตว์กินเข้าไปสูงขึ้น เพราะปริมาณที่กินเข้าไปได้มากขึ้น ขนาดของเม็ดอาหารสัตว์ที่อัด จะต้องมีขนาดที่เหมาะสม ที่สัตว์สามารถย่อยและนำไปใช้เป็นพลังงานได้ การอัดเม็ดอาหารสัตว์เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วถูกนำมาอัดเป็นเม็ดเพื่อให้มีคุณภาพคงที่ โดยอาศัยความชื้นจากไอน้ำร้อนทำให้วัตถุดิบจับตัว และอัดผ่านช่องเล็กๆ โดยเม็ดอาหารสัตว์ที่อัดออกมาจะมีลักษณะนิ่มและมีอุณหภูมิสูง ประโยชน์ของการอัดเม็ด

อาหารสัตว์ช่วยในการจัดเก็บ กล่าวคือช่วยประหยัดพื้นที่และยืดอายุการจัดเก็บ สามารถบรรทุกอาหารสัตว์อัดเม็ดในปริมาณมาก ช่วยประหยัดทั้งเวลาและลดต้นทุนในด้านการขนส่ง เป็นที่ต้องการของผู้ผลิตปศุสัตว์ที่ต้องการลดการสูญเสียอาหารสัตว์ สามารถบริหารจัดการคุณภาพอาหารสัตว์ได้ดีขึ้น



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด [3]

ในปัจจุบันอาหารสัตว์ตามท้องตลาดมีราคาสูง ประกอบกับต้นทุนของการผลิตทั้งต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์หรือต้นทุนของวัตถุดิบก็เพิ่มขึ้น เมื่อเกษตรกรมีความต้องการใช้อาหารอัดเม็ดเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกษตรกรได้กำไรน้อยลงหรืออาจขาดทุนกับค่าอาหารสัตว์ เกษตรกรอาจผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดขึ้นมาเองเพื่อเป็นการควบคุมค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์ แต่เครื่องผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดไม่สามารถผสมอาหารสัตว์และอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดออกมาได้ในเครื่องเดียวกัน ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาและแรงงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ลดความเมื่อยล้าในการทำงานที่ต่อเนื่องและยาวนาน ลดอันตรายที่เกิดจากการทำงาน ตลอดจนความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพการผสมอาหารสัตว์ด้วยมือ เป็นการเพิ่มผลผลิตในการเตรียมวัสดุได้มากขึ้นและคุณภาพอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากเครื่อง สอดคล้องกับพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2558 จึงได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดขึ้นมา เพื่อให้สามารถทำงานในขั้นตอนการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดได้ในเครื่องเดียวกัน

2. วัตถุประสงค์

ออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด เพื่อช่วยลดระยะเวลาและแรงงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ลดอันตรายที่เกิดจากการทำงาน และเพิ่มผลผลิตในการเตรียมวัสดุ ทำให้สามารถผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดสำหรับเกษตรกรได้มากขึ้น

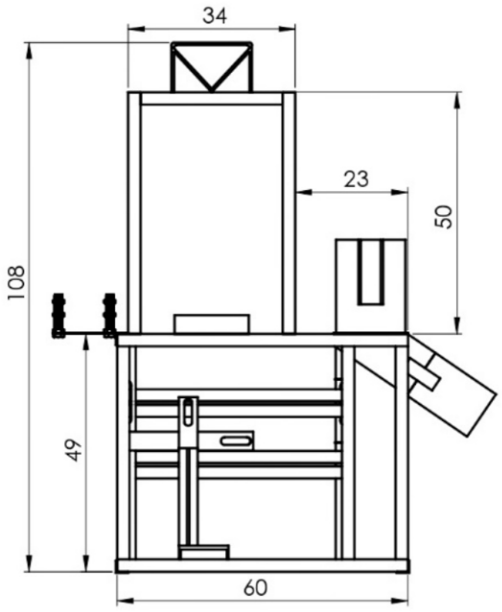
3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบ

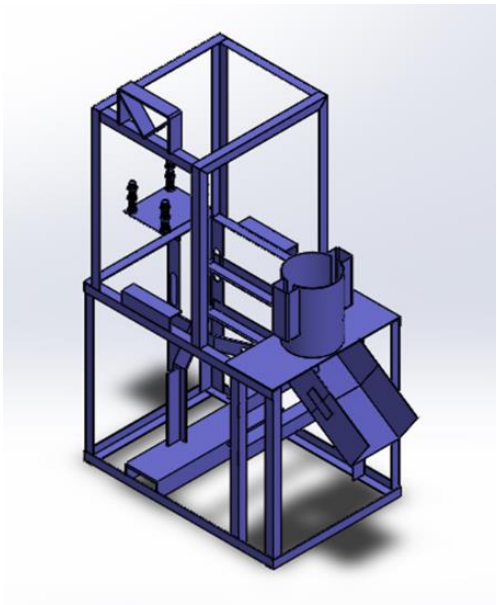
เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ ชุดผสมวัตถุดิบ ชุดอัดเม็ด และระบบต้นกำลัง ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์แบบเม็ด รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ออกแบบโดยใช้ระบบลูกกลิ้งคู่ในการอัดผ่านจานแม่พิมพ์ที่เจาะรูเล็กๆจำนวนมาก ลักษณะรูปทรงอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการอัดมีรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และมีความยาว 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [6] ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 โครงเครื่อง

โครงเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 25.4 มม. x 25.4 มม. หนา 3 มม. นำมาตัด ประกอบเชื่อม ให้มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 406 มิลลิเมตร 600 มิลลิเมตร และ 1,080 มิลลิเมตร มีหน้าที่เป็นโครงตัวยึดให้กับ ชุดต้นกำลัง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ และชุดอัดเม็ด ดังรูปที่ 2



ก) ขนาดโครงเครื่อง

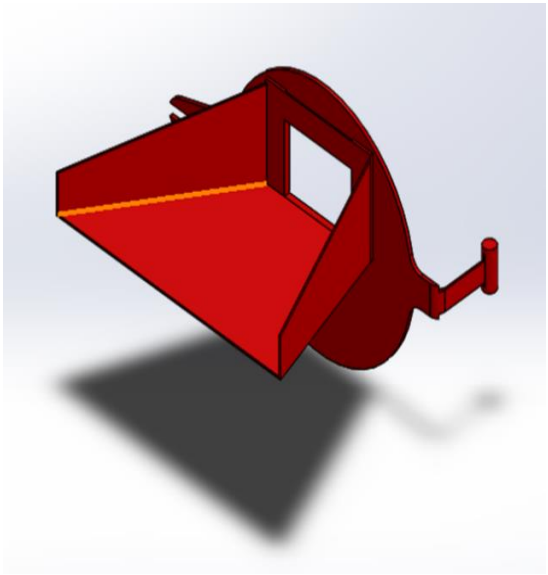


ข) โครงเครื่อง

รูปที่ 2 โครงเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

3.1.2 ช่องใส่วัตถุดิบ

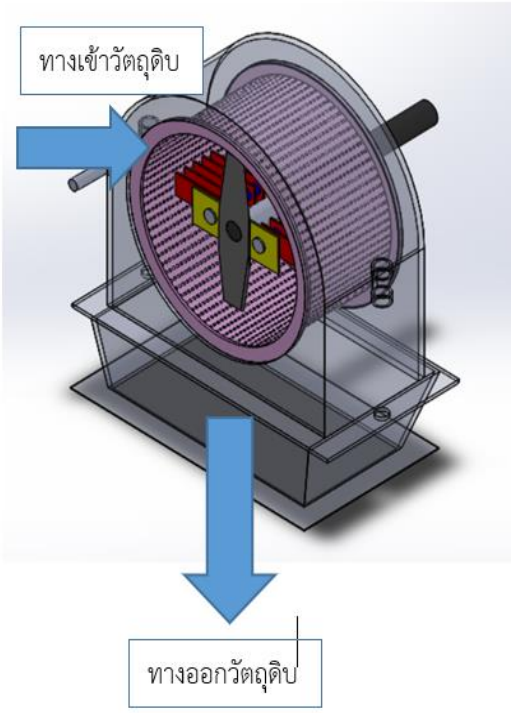
ช่องใส่วัตถุดิบ ทำจากเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 245 มิลลิเมตร ยาว 281 มิลลิเมตร โดยช่องใส่วัตถุดิบจะมีหน้าที่ในการป้อนวัตถุดิบให้ไหลลงในช่องบดวัตถุดิบ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ช่องใส่วัตถุดิบ

3.1.3 ชุดบดวัตถุดิบ

ชุดบดวัตถุดิบรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 1,810 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 2,857 รอบต่อนาที โดยวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าทางช่องใส่วัตถุดิบและออกทางด้านล่างของชุดบดวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง โดยใบมีดทำหน้าที่ในการตัดวัตถุดิบให้ละเอียดเพื่อให้วัตถุดิบตกลงตามรูตะแกรงทำให้สะดวกต่อการอัดเม็ด โดยใบมีดทำจากเหล็กกล้าขนาดความยาว 200 มิลลิเมตร ความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และตะแกรงทำจากเหล็กแผ่นเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4



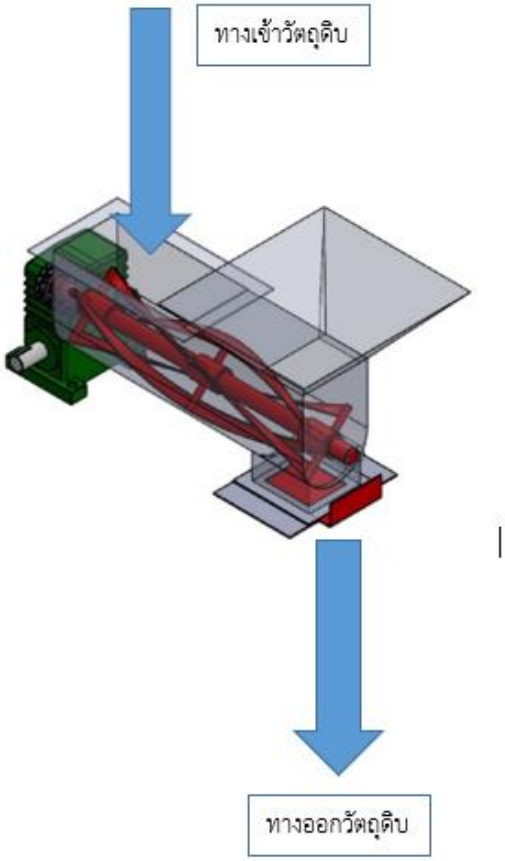
รูปที่ 4 ชุดบดวัตถุดิบ

3.1.4 ชุดผสมวัตถุดิบ

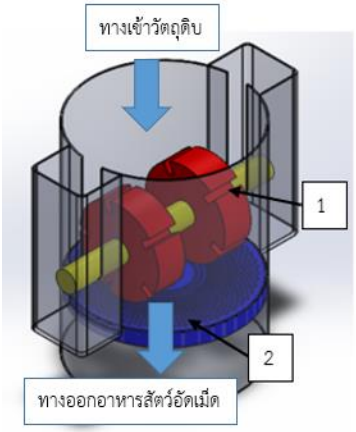
ชุดผสมวัตถุดิบ รับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง และผ่านชุดเกียร์ทด 1:60 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 11 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,750 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 17 รอบต่อนาที โดยรับวัตถุดิบจากชุดบด และออกทางด้านล่างของชุดผสมวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับผสมวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอ พร้อมสำหรับการอัดเป็นแบบเม็ดอาหารสัตว์ ประกอบด้วยชุดใบกวนจำนวน 4 ใบ และมีลิ้นควบคุมการไหลของวัตถุดิบ เพื่อให้สามารถผสมวัตถุดิบได้อย่างสม่ำเสมอ โดยผู้ควบคุมเครื่องสามารถเปิดหรือปิดลิ้นได้ขณะทำการทดสอบ เพื่อให้การผสมของวัตถุดิบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ควรให้มีการผสมของวัตถุดิบอย่างน้อยหนึ่งนาที รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 5

3.1.5 ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์

ชุดอัดเม็ดรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลังที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์มีความเร็วรอบในการทำงานที่ 198 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์มีความเร็วในการทำงานที่ 312 รอบต่อนาที โดยชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์รับวัตถุดิบจากชุดผสมวัตถุดิบทางด้านบน และเม็ดอาหารสัตว์ออกทางด้านล่างของชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ มีหน้าที่สำหรับอัดวัตถุดิบที่ส่งมาจากชุดผสมวัตถุดิบ ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้ง และแม่พิมพ์สำหรับอัดเม็ดอาหารสัตว์ โดยลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกจะหมุนตามเพลาผ่านเครื่องส่งกำลัง วัตถุดิบจะสัมผัสกับจานอัดเม็ดที่อยู่กับที่และลูกกลิ้งจะหมุนรอบจานอัดเม็ดทำให้เกิดความร้อนขึ้นจะส่งผลให้เม็ดอาหารสัตว์เกิดการอัดตัวในรูของจานอัดเม็ด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดอาหารเม็ด 76.2 มิลลิเมตร มีความหนา 25.4 มิลลิเมตร โดยมีแบริ่งอยู่ด้านในลูกกลิ้งเพื่อลดแรงเสียดทาน ดังรูป 6

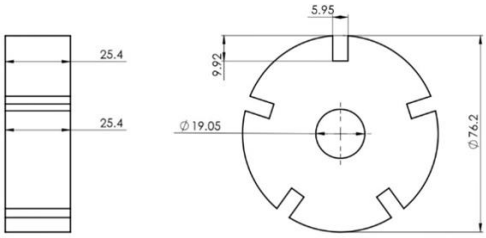


รูปที่ 5 ชุดผสมวัตถุดิบ

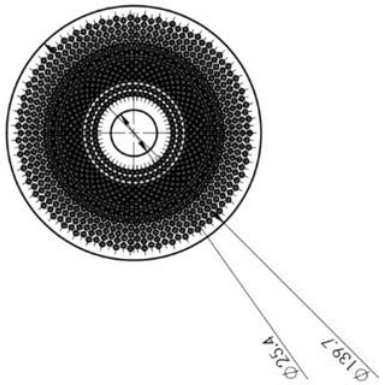


ก) ส่วนประกอบชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์

หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกกลิ้งสำหรับอัดาหารเม็ด
2	จานแม่พิมพ์อัดเม็ดอาหารสัตว์



ข) ขนาดลูกกลิ้งอัดอาหารเม็ด

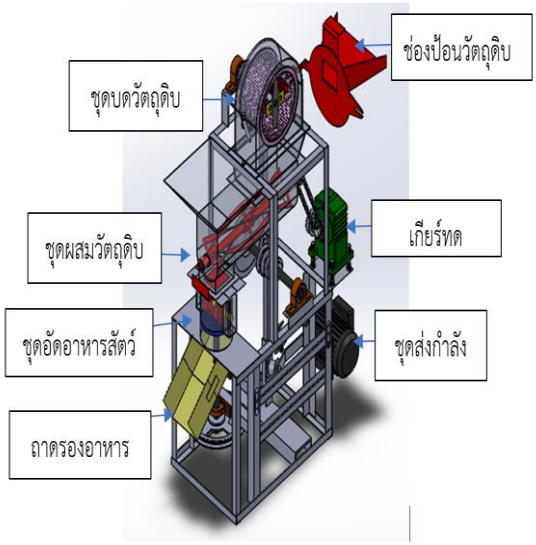


ค) แม่พิมพ์อัดเม็ดอาหารสัตว์

รูปที่ 6 ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์

3.1.6 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบ

รายละเอียดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด รายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องแสดงดังรูปที่ 7 และตารางที่ 1 รูปที่ 8 แสดงต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น



รูปที่ 7 แบบของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

รูปที่ 8 เครื่องต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

ตารางที่ 1 รายละเอียดการออกแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

รายการ	รายละเอียด
1. ขนาดของเครื่อง กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร)	406 x 600 × 1,290
2. ขนาดของช่องป้อนวัตถุดิบ กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร)	300× 281 × 245
3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงชุดบดวัตถุดิบ (มิลลิเมตร)	304.8
4. ขนาดใบมีดชุดบดวัตถุดิบ (มิลลิเมตร)	40x200x4
5. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดเม็ด (มิลลิเมตร)	76.2
6. ขนาดของชุดผสมวัตถุดิบ กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร)	125 × 500 × 190
7. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด (มิลลิเมตร)	139.7
8. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจานแม่พิมพ์ สำหรับอัดอาหารสัตว์ (มิลลิเมตร)	4
9. ความหนาของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด (มิลลิเมตร)	6

หลักการทำงานของเครื่อง เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ ส่งถ่ายกำลังไปยังเกียร์ทดเพื่อปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการทำงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์ เกียร์ทดจะส่งถ่ายกำลังไปยังเพลาหมุนเพื่อส่งกำลังมายังสายพานเพื่อขับเคลื่อนชุดผสมและชุดอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เมื่อป้อนวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด และวัตถุดิบอื่นๆ ไปในช่องป้อน จากนั้นกลไกชุดบดวัตถุดิบจะทำการบดวัตถุดิบให้ละเอียด วัตถุดิบที่ถูกบดละเอียดแล้วจะถูกส่งไปยังกลไกชุดผสมวัตถุดิบ เพื่อผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน วัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วจะไหลไปยังชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์เพื่อทำการอัดเม็ดอาหารสัตว์ผ่านจานแม่พิมพ์อัดเม็ดและไหลลงมาสู่ช่องรับอาหารอัดเม็ด

3.2 วิธีการทดสอบ

เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ดำเนินการทดสอบดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยทำการทดสอบจำนวน 3 สูตรอาหารสัตว์ สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. ข้าวเปลือก กากมะพร้าว ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด น้ำมันพืช และน้ำ โดยใช้ข้าวเปลือก 200 กรัม กากมะพร้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 200 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม รำละเอียด 400 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนผสม 2:1:2:1:4:0.3 สูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. รำละเอียด 500 กรัม ข้าวโพด 200 กรัม ข้าวเปลือก 300 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนการผสม 5:2:3:0.3 และสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ประกอบด้วย 1. รำละเอียด 300 กรัม ข้าวโพด 400 กรัม ข้าวเปลือก 200 กรัม กากมะพร้าว 100 กรัม อัตราส่วนผสม 3:4:2:1:0.3

2. สำหรับการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารเม็ด ประสิทธิภาพการทำงาน และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด ทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,450 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เท่ากับ 1,810, 11 และ 198 รอบต่อนาที ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,450 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ดเพิ่มเป็น 2,365, 14 และ 259 รอบต่อนาที ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เพิ่มเป็น 2,857, 17 และ 312 รอบต่อนาที ตามลำดับ จับเวลาในการทำงานของเครื่องตั้งแต่เริ่มเทส่วนผสมของวัตถุดิบลงในช่องป้อนจนถึงขั้นตอนการ

อัดเม็ดอาหารสัตว์ คำนวณความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพการทำงาน เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ทำการทดสอบทั้ง 3 สูตรอาหาร

3. สำหรับการทดสอบในแต่ละสูตรอาหาร สุ่มเก็บอาหารอัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดรูปร่างของเม็ดอาหารบันทึกผลการวัด

4. คำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ย (Average Density) ของเม็ดอาหารสัตว์ในแต่ละการทดสอบ

5. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความยาวของเม็ดอาหารสัตว์และเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ (Length to Diameter Ratio) ในแต่ละการทดสอบ

6. ทำการทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.2.1 ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (Processing Capacity) ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C_c = \frac{WP}{t} \qquad (1)$$

เมื่อ

C_c = ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

WP = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

t = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

3.2.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Percentage Recovery) ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 2 [8]

$$F_E = \frac{WP}{WT} x100 \qquad (2)$$

เมื่อ

F_E = ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

WP = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

WT = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

3.2.3 เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (Percentage Unpelleted) ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ดต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 3 [8]

$$F_{nE} = \frac{WNP}{WT} x100 \qquad (3)$$

เมื่อ

F_{nE} = เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (เปอร์เซ็นต์)

WNP = น้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ด (กิโลกรัม)

WT = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

3.2.4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารอัดเม็ด (Average Density) ได้แก่ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด คำนวณได้จากสมการที่ 4 [9]

$$D_{av} = \frac{m}{V} \qquad (4)$$

เมื่อ

D_{av} = ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m = มวลเป็นกรัมของอาหารสัตว์ที่เป็นเม็ด (กรัม)

V = ปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.2.5 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า หาได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าและเวลาในการทำงาน คำนวณได้ดังสมการที่ 5 [10]

$$W = \frac{i.V.PF.t}{1{,}000} \qquad (5)$$

เมื่อ

W = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

i = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)
PF = เพาเวอร์แฟคเตอร์ (0.7-0.95)
t = เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)

3.2.6 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการใช้งานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ไปทำงานตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการทำงาน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม เป็นต้น

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ 6 [11]

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \quad (6)$$

เมื่อ
$D =$ ค่าเสื่อมราคา (Baht/yr)
P = ราคาเครื่องจักร (Baht)
s = มูลค่าซาก (Baht)
L = อายุการใช้งาน (year)

2. ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 [11]

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \quad (7)$$

เมื่อ
I = ค่าดอกเบี้ย (Baht/yr)`
i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 8 [12]

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (8)$$

เมื่อ
PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)
p = ราคาเครื่องจักร (Baht)
R = กำไรสุทธิต่อปี (Baht/yr)

4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ 9 *[11]*

$$BEP = \frac{F_C}{B-VC} \quad (9)$$

เมื่อ
BEP = จุดคุ้มทุน (hr/yr)
F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)
B = อัตราการรับจ้าง (Baht/hr)
VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร คำนวณได้จากสมการที่ 10 [11]

$$TC = \frac{Fc}{X} + VC \qquad (10)$$

เมื่อ`

TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Baht/hr)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

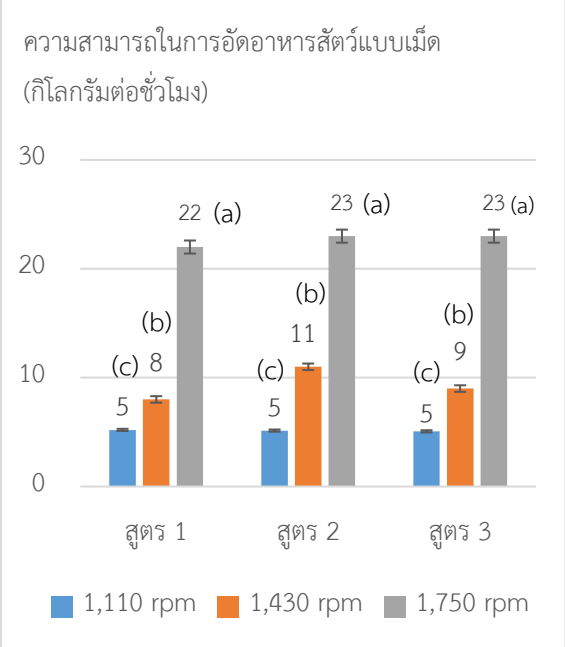
X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

4. ผลการศึกษา

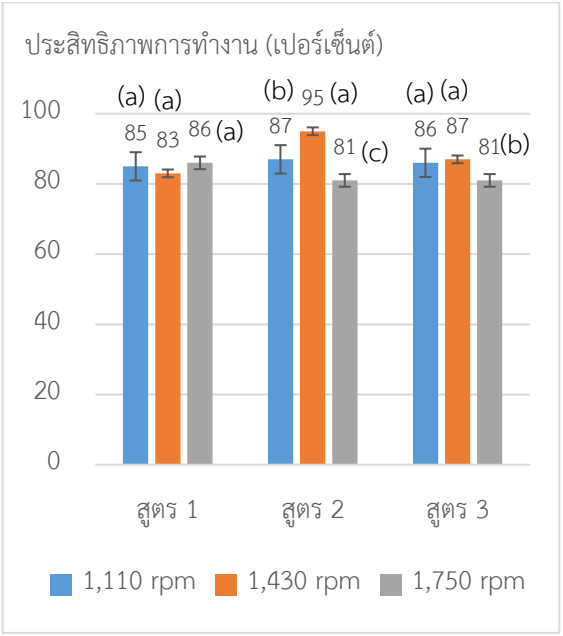
4.1 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

ทำการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 9-11



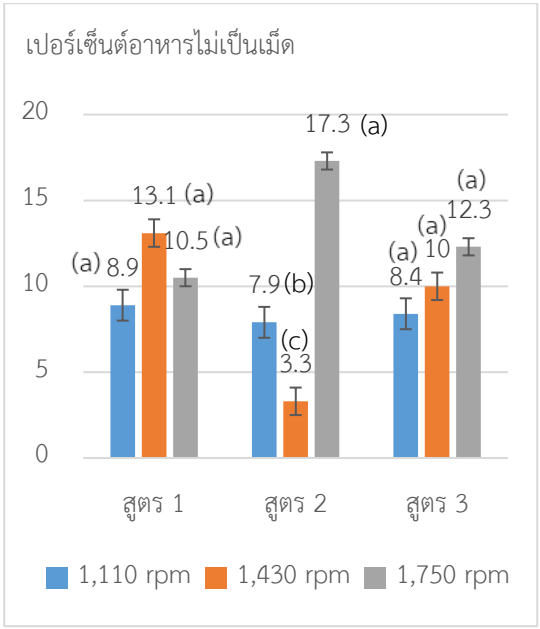
รูปที่ 9 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 9 -11 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการ

ทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 85 ถึง 87 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 8 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานอยู่ระหว่าง 8 ถึง 11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 83 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 3 ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 22 ถึง 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 81 ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 11 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 9.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 88 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะการทำงานในการอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดเฉลี่ย 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสมรรถนะการทำงานมากกว่าการทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 และ 1,430 รอบต่อนาที ประมาณ 4.6 และ 2.5 เท่าตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และผลการทดสอบที่ความเร็วรอบเดียวกันแต่สูตรอาหารสัตว์แตกต่างกัน มีความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดไม่แตกต่างกันของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1 และ 3 แต่มีความแตกต่างทางสถิติของสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ซึ่งการทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานที่สูงมากเกินไป จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนต่อเครื่องสูงและไม่สะดวกในการทำงานของผู้ควบคุมเครื่อง รูปที่ 12 ถึง 14 แสดงลักษณะอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการทดสอบ ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด และตารางที่ 3 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

รูปที่ 12 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 1

รูปที่ 13 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 2

รูปที่ 14 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 3

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด

ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	สูตรอาหารสัตว์	ความยาวของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.)	น้ำหนักของอาหารสัตว์อัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด (กรัม)
1,110	สูตร 1	10±0.67	4±0.04	6±0.82
	สูตร 2	10±0.46	4±0.05	7±0.52
	สูตร 3	9±0.86	4±0.04	6±0.92
1,430	สูตร 1	9±0.87	4±0.04	5±0.70
	สูตร 2	9±0.73	4±0.03	5±0.48
	สูตร 3	10±0.71	4±0.05	7±0.85
1,750	สูตร 1	10±0.71	4±0.04	6±0.70
	สูตร 2	10±0.73	4±0.03	5±0.70
	สูตร 3	9±0.60	4±0.05	5±0.52

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	สูตรอาหารสัตว์	ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด	อัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด
1,110	สูตร 1	4.77±0.80	2.5±0.11
	สูตร 2	5.57±0.39	2.5±0.08
	สูตร 3	5.31±0.73	2.3±0.13
1,430	สูตร 1	4.43±0.57	2.3±0.02
	สูตร 2	4.42±0.50	2.3±0.13
	สูตร 3	5.57±0.51	2.5±0.11
1,750	สูตร 1	4.77±0.76	2.5±0.01
	สูตร 2	4.77±0.75	2.5±0.12
	สูตร 3	4.42±0.87	2.3±0.03

จากตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเม็ดอาหารสัตว์มีค่าแปรผันอยู่ระหว่าง 4.43-4.77 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 และมีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 ถึง 0.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Hasting and Higgs [6] และมีค่าสูงกว่า 0.55 ถึง 0.65 และ 0.82-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Galen et al. [7] และมากกว่าผลการทดสอบของ Guillermo et al. [13] ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.3-2.5 สำหรับทุกสูตรอาหารสัตว์ ซึ่งองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [6] ได้ให้ค่าแนะนำเม็ดอาหารสัตว์ที่ดีควรมีค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5

4.2 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง

จากผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 25,000 บาท การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.3 กิโลวัตต์-ชั่วโมง พิจารณาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท (อ้างอิงราคาจากการไฟฟ้านครหลวง) รวมค่าไฟฟ้า 5.2 บาทต่อชั่วโมง ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่อง 50 บาทต่อชั่วโมง ค่าบำรุงรักษา 20 บาทต่อชั่วโมง ชั่วโมงการทำงานของเครื่อง 300 ชั่วโมงต่อปี ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี มีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

5. สรุป

เครื่องต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ขนาดความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 406 x 600 × 1,290 มิลลิเมตร โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ โครงสร้างเครื่อง ชุดบดวัตถุดิบ ชุดผสม และชุดอัดเม็ด ผลการทดสอบ

เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83 % ความสามารถในการอัดเม็ดเฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 300 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้างสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมาณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Feed Ingredients. (2021, August 25). Bureau of Animal Nutrition Development [online]. Available: http://nutrition.dld.go.th

[2] Product Feed Export. (2021, August 25). Thailand Trading Report [online]. Available: http://www.tcijthai.com

[3] Acqua Feed. (2021, May 15). Shrimp Feed [online]. Available: http://www.idah.com

[4] R.J. Halley and R.J. Scoffe, *The Agricultural Notebook*. London: Butterworths Publishing Co., 1988

[5] J. C. Elmer, *Agroscience*. USA: Delmar Publishing Co., 1990

[6] Food and Agricultural Organization, FAO. (2019, January 24) Aquaculture Development and Coordination Programme, Fish feed t echnology [online]. Available: http://www.fao.org/Chapter 18_feed milling processes 2_files/fao.html

[7] R. Galen, S. Rob and P. Brian. (2021, January 24). Pelleted livestock feed production – process description [online]. Available: https://www.engormix.com

[8] M. O. Sunmunu, M.M. Odewole and K.J. Falua, “Design of a varying die-plate fish feed pelletizer and performance evaluation using a non-conventional feed sources,” *KMUTNB Int J Appl Sci Technol*, vol 11, no 4, pp. 263-271, 2018.

[9] J. I. Orisaleye, S.J. Ojolo, and A.B. Fashina, “Design and development of a livestock feed pelleting machine,” *Journal of Engineering Research*, vol 14, no 1, pp. 1-9, 2009.

[10] H. W. Beaty, *Hand Book of Electric Power Calculation*. New York: McGraw Hill, 1984.

[11] A. W. Stonier, *A Text Book of Economic Theory*. New York: Longman, 1980.

[12] D. Humt, *Farm Power and Machinery Management*. Waveland Press, 2016.

[13] M.H. Guillermo, G.V. Miguel and Y.C. Pedro. (2021, January 24). Extruder design to elaborate animal feed from crop residues [online]. Available: http://www.asabe.org