



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น

Development of the horizontal animal feed mixer with 2-stage agitator

อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่า และ กวีพงษ์ หงษ์ทอง

Aphichat Srichat, Weeraphon Kaewka and Kaweepong Hongtong

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

1Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University,

Received: 4/09/62

Revised: 27/11/62

Accepted: 12/12/62

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ขนาด 2 แรงม้า ถึงผสมขนาด 350 ลิตร ชุดเกลียวผสม เกลียววงนอกจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 680 mm. มีระยะพิตช์ 195 mm. ส่วนเกลียวผสมวงในจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 480 mm. มีระยะพิตช์ 195 mm. ทำการทดสอบความสามารถในการผสมของเกลอบปริมาตร 0.2 m^3 กับเม็ดลูกปัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 mm จำนวน 5,000 เม็ด เทผสมลงในเกลอบที่มีค่าความชื้น 22.11% เก็บตัวอย่างวัสดุ ที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 และ 360 วินาที โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของใบกวน 3 ระดับ คือ 6, 12 และ 18 rpm พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ดีคือความเร็วรอบ 18 rpm. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายคือ 28.6% ที่เวลา 210 วินาที สมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุด คือ $0.343 \text{ m}^3/\text{hr}$ (343 ลิตร/ชั่วโมง) ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการซื้อเครื่องผสมอาหารสัตว์มาใช้ทดแทนแรงงานแบบเดิมเท่ากับ 0.99 เดือน

คำสำคัญ: อาหารสัตว์: เครื่องผสมแนวนอน: ใบกวน

Abstract

This research is aimed to develop the horizontal animal feed mixer with 2-stage. The 350 liters mixer was powered by electric motor 2 HP. The outer-screw mixer with left and right spiral blade has the diameter of 680 mm. and a pitch of 195 mm.. The inner-screw mixer with right and left spiral blade has the diameter of 480 mm. and a pitch of 195 mm.. The testing for mixing 0.2 m³ of rice husk 22.11% MC with 5,000 plastic beads in 5 mm. diameter was set at 3 different speed by 6, 12 and 18 rpm. The samples were collected at 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 and 360 seconds, respectively. The results showed that the coefficient of variation is greatest at agitator rotation speed of 18 rpm, 28.6% of moisture at 210 seconds. The best performance was 0.343 m³/hr (343 litres/hr). The payback period of the feed mixer was 0.99 months.

Keywords: Animal feed: Horizontal mixer: Agitator.

*ติดต่อ: saphichat@udru.ac.th, ++66872186214, +6642221978

1. บทนำ

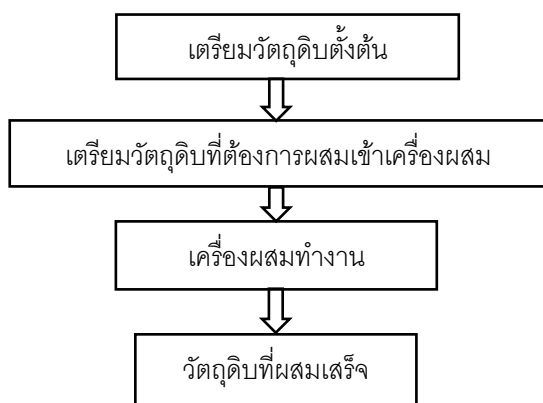
ปัจจุบันประเทศไทยมีเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์มีอยู่มากมาย ในพื้นที่ต่างๆ ของทุกภูมิภาคของประเทศไทย ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 2,810,317 ราย [1] จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงปศุสัตว์ส่วนใหญ่จะใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงสัตว์และปัญหาหลักของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์คือราคาอาหารสัตว์สำเร็จรูปที่มีราคาสูง จึงทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มีต้นทุนสูงในการเลี้ยงสัตว์อีกด้วย [2] ข้อมูลปริมาณการใช้อาหารสำเร็จรูปของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ ปี 2560 พบว่ามีปริมาณ 19,638,480 ตัน [3] วัตถุดิบที่ใช้มากที่สุดคือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการศึกษาพบว่าวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผสมให้เป็นอาหารสัตว์ได้ เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง ฟางข้าว แกลบ รำข้าว กากถั่ว ต้นพืชและอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งอาหารสัตว์มีความสำคัญต่อร่างกายของสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต ซึ่งวัตถุดิบแต่ละอย่างมีสารอาหารมากน้อยต่างกันบางอย่างมีโปรตีนมาก บางอย่างมีโปรตีนน้อย หากใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียวเลี้ยงสัตว์ สัตว์จะได้รับสารอาหารไม่ครบตามหมวดหมู่ เช่น ให้กินเมล็ดข้าวโพดอย่างเดียว สัตว์ได้รับพลังงานเพียงพอ แต่ได้รับสารโปรตีนไม่เพียงพอจึงต้องใช้วัตถุดิบหลายอย่างผสมกันเป็นอาหาร [4] ซึ่งเกษตรกรสามารถใช้วัตถุดิบที่กล่าวมานี้เป็นอาหารสัตว์ได้เลยแต่เกษตรกรก็จะเจอปัญหาที่ว่าสารอาหารในวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อสัตว์เลี้ยงเกษตรกรจึงจำเป็นต้องนำวัตถุดิบเหล่านี้มาผสมกันแต่เกษตรกรจะใช้แรงงานคนในการผสม อาจทำให้การบดหรือผสมมีขั้นตอนยุ่งยากทำให้เกษตรกรต้อง

เสียเวลาในการทำอาหารสัตว์ ปัจจุบันพบว่ามีการใช้เครื่องผสมอาหารสัตว์แล้ว โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การผสมอาหารสัตว์แนวตั้งและการผสมอาหารสัตว์แนวนอน [5] โดยฟาร์มขนาดใหญ่มีการใช้งานเนื่องจากสามารถประหยัดระยะเวลาและลดการใช้แรงงานคนในการผสม มีการศึกษาการนำเครื่องผลิตอาหารที่เอ็มอาร์ สำหรับฟาร์มโคนมขนาดเล็ก พบว่าเครื่องสามารถผลิตอาหารผสมรวมได้ในปริมาณ 250 กิโลกรัมในเวลาไม่เกิน 40 นาที [6] อีกทั้งยังมีการสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่สามารถผสมปุ๋ยได้ในเครื่องเดียวกัน [7] โดยรูปแบบถังและใบกวนผสมอาหารสัตว์จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป จากการศึกษาพบว่าตามที่มีขายในท้องตลาดใบกวนผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะมี 1 ชั้น [8] ซึ่งมีระยะเวลาในการกวนผสมให้เนื้อวัตถุดิบเข้ากันใช้เวลานาน และยังมีการศึกษาเครื่องผสมพร้อมกับอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นเครื่องผสมแบบแนวนอนใบกวน 1 ชั้น [9] แต่พบว่ายังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องผสมแนวนอนที่มีใบกวน 2 ชั้น ที่มีแกนสัมผัสวัตถุดิบที่ใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์มากขึ้น การตีกวนมากขึ้น ทำให้วัตถุดิบกระจายได้มากขึ้น จนทำให้การกวนผสมสามารถคลุกเคล้าให้อาหารสัตว์ผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้มากขึ้น

จากแนวคิดเรื่องใบกวน 2 ชั้น ทำให้คณะผู้วิจัยนำไปสู่การออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น ขึ้นมา เพื่อทดสอบใช้ผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ เพื่อลดระยะเวลาในการผสมอาหารสัตว์ลงและสามารถลดต้นทุนในการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูปอีกด้วย

2. เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบนอนใบกวน 2 ชั้น

เครื่องผสมอาหารสัตว์จะทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านลิ้มไปยังเกียร์ทดรอบ ผ่านสายพานส่งกำลัง ไปยังเพลาลม ซึ่งที่เพลาลมจะติดตั้งเกลียวผสมแบบเกลียววีว้นวนอนเพื่อใช้ในการผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังแสดงขั้นตอนการทำงานได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบนอน

หลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบนอนจะเป็นการเคลื่อนไหวแบบหมุนเวียนในแนวนอนมีลักษณะเป็นเส้นแถบเหล็กขดเป็นเกลียวใหญ่ ในกรณีที่เป็นเส้นแถบเหล็กคู่ (Double ribbon mixer) การกวนวัสดุของเส้นแถบเหล็กแต่ละเส้นจะดึงวัสดุเคลื่อนที่ไปในทิศตรงกันข้ามกันโดยที่แถบเหล็กทั้งสองขุดจะยึดติดกับแกนกลางหมุนจึงเกิดแนวของทิศทางการเคลื่อนไหวของวัสดุบางครั้งเครื่องผสมแบบนอนอาจมีเกลียว 2 เกลียว ทำหน้าที่คอยกวนวัสดุให้เคลื่อนที่ไปในทิศใดทิศหนึ่งของเครื่องด้วยอัตราความเร็วที่เท่ากันหรือต่างกัน โดยทิศทางการเคลื่อนไหวของเกลียวจะสวนทางกัน เกลียวผสมวัสดุ

จะทำงาน การทำงานเริ่มจากกระแสไฟฟ้าวิ่งเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ผ่านชุดส่งถ่ายกำลัง ซึ่งชุดส่งถ่ายกำลังจะส่งถ่ายกำลังจากคัปปลิ้งไปยังเกียร์ทดรอบขนาด 30:1 โดยผ่านสายพานแบบร่อง B ไปยังพูเลย์ซึ่งมีอัตราทด 2:1 ถ่ายทอดกำลังสู่เพลาลม ซึ่งเพลาลมมีใบกวนเชื่อมติดอยู่มีการควบคุมการทำงานด้วยตู้คอนโทรล แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบนอนและใบกวนผสมแบบ 2 ชั้น (2 เกลียว)

ความจุของการลำเลียงวัสดุหาได้จากสมการ

$$Q = abV_m \quad (1)$$

พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุที่ลำเลียงประมาณค่าได้โดยสมการ

$$a = \frac{k_L p D^2}{4} \quad (2)$$

ความเร็วเฉลี่ยของวัสดุที่ถูกลำเลียง ประมาณค่าได้โดยสมการ

$$V_m = N_m D_r \quad (3)$$

แรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัสดุสามารถหาได้จากสมการ

$$F_L = \frac{QL\mu}{V_m} \quad (4)$$

กำลังที่ใช้ของเครื่องผสมอาหารสัตว์ คือ

$$W_L = F_L V_m \quad (5)$$

$$W_L = QL\mu \quad (6)$$

สัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation หรือ CV.) เป็นการเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูล 2 กลุ่ม ที่มีหน่วยการวัดต่างกันหรือค่าตัวกลางเลขคณิตต่างกัน โดยหาในรูปของร้อยละ ค่าที่ได้เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่จะหาได้หลายวิธีด้วยกันแต่ละวิธีมีการคำนวณที่แตกต่างกัน แต่วิธีที่สอดคล้องกับเปรียบเทียบทางเวลามากที่สุด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายซึ่งมีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$CV. = \frac{S.D.}{\bar{X}} \times 100 \quad (7)$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหาได้จาก

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (8)$$

โดยที่

Q = ความจุของการลำเลียงวัสดุ (kg/s)

a = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุที่ลำเลียง (m²)

b = ความหนาแน่นรวมของวัสดุที่จะลำเลียง

(kg/m³)

V_m = ความเร็วเฉลี่ยของวัสดุที่ถูกลำเลียง

(m/s)

K_L = ตัวประกอบพื้นที่ของหน้าตัดของวัสดุ

ลำเลียง (m)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว (m)

N_m = ความเร็วรอบเพลากวน (rpm)

F_L = แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่วัสดุ (N)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

(m/s²)

L = ระยะทางในการลำเลียง (m)

μ = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

W_L = กำลังของมอเตอร์ที่ต้องการในการลำเลียง

(Watt)

$C.V.$ = สัมประสิทธิ์ของการกระจาย (%)

$S.D.$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n' = จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

f_n = ความถี่

X = ข้อมูลแต่ละจำนวน

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายนี้ จะใช้วัดค่ากระจายของของผสมทั้งเครื่องผสมในระยะเวลาที่แตกต่างกัน และใช้ศึกษาการผสมคุกเคล้ากันของของผสม ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายใช้บอกถึงประสิทธิภาพของการผสม โดยกำหนดค่าของสัมประสิทธิ์การกระจายของการผสมในการทดสอบต้องมีค่าต่ำกว่า 30 % สำหรับการทดสอบนี้ และตักของผสมเพื่อตรวจนับลูกบัตตามตำแหน่งที่ได้กำหนดเพื่อเก็บค่าข้อมูลการผสมทุกๆ 30 วินาที ซึ่งในการทดสอบจะทำการผสมของผสมกับน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อให้ความชื้นและความหนืดของของผสมแตกต่างกัน

3. การทดลองและวิธีการทำการทดลอง

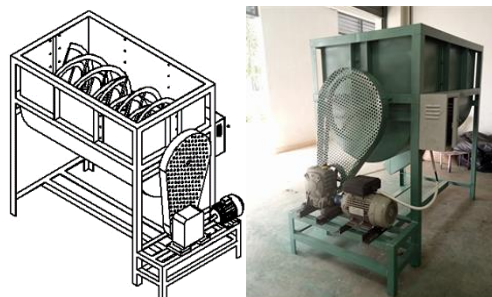
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น ที่ใช้ในการทดสอบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ของเครื่องผสมอาหารสัตว์ ดังนี้ 1) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 V ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที, 2) ชุดส่งกำลัง ชุด

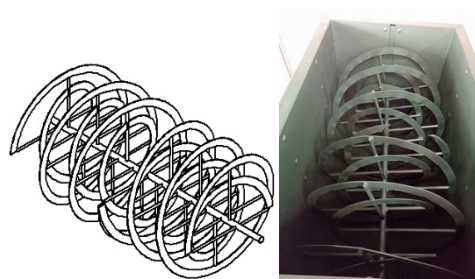
ส่งถ่ายกำลังจะส่งถ่ายกำลังจากคัปปลิ้งไปยังเกียร์ทดรอบขนาด 30:1 โดยผ่านสายพานแบบร่อง B ไปยังพูลเลย์ ถ่ายทอดกำลังไปสู่เพลลา, 3) ถึงผสม ถึงผสมทำจากเหล็กแผ่น St 37 หนา 3 mm. นำเหล็กที่ได้มาขึ้นรูปตามแบบ ME-2 เป็นส่วนโค้งซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกันถึง 700 mm. เมื่อขึ้นรูปส่วนโค้งเสร็จแล้วนำมาเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กปิดหัวท้ายของถังผสมและทำการเจาะรูเพื่อทำทางออกของอาหารซึ่งมีขนาด 180 x 180 mm. บริเวณกึ่งกลางทางออกของกันถัง, 4) ชุดเกลียวผสม ชุดเกลียวผสมทำจากเหล็กเพลลาวัสดุ St 37 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 mm. นำมาถึงลดขนาดตามแบบ ME-3 มีแกนของเพลลาทำจากเหล็กเพลลา วัสดุ St 37 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. เกลียวผสมที่ยึดติดกับเพลลาทำจากเหล็กแบนขนาด 4 x 40 mm. มีวนเป็นเกลียว 4 เกลียว ซึ่งเกลียววงนอกจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 680 mm. มีระยะพิตช์ 195 mm. ส่วนเกลียวผสมวงในจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 480 mm. มีระยะพิตช์ 195 mm. โดยยึดเกลียวในและเกลียวนอกเข้ากับแกนเพลลาด้วยการเชื่อม, 5) ชุดครอบสายพาน ชุดสายพานทำตามแบบที่ ME-13 ทำจากเหล็กแผ่นหนา 1.2 mm. ใช้ครอบชุดส่งกำลัง ซึ่งส่งกำลังจากเกียร์ทดไปยังเพลลาผสมเพื่อความปลอดภัยขณะการใช้งาน, 6) แบร็งค์ ใช้แบร็งค์แบบลูกกลิ้งทรงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรวม 32 mm. รองเพลลาทั้งสองด้าน และ 7) ชุดควบคุมไฟฟ้า ชุดควบคุมไฟฟ้าเป็นแบบสวิทช์ ปิด-เปิดแบบคัทเอ๊าท์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 และ 3

3.2 วิธีการทำการทดลอง

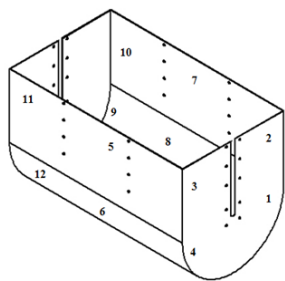
การทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวอนใบกวน 2 ชั้น ทำการทดสอบความสามารถในการผสมของแกลบปริมาตร 0.2 m³ กับเม็ดลูกปัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 mm จำนวน 5,000 เม็ด เทผสมลงในแกลบที่มีค่าความชื้น 22.11% (เติมน้ำผสม 7 ลิตร ใช้เครื่องวัดความชื้นวัดค่าความชื้น) โดยถือว่าเม็ดลูกปัดเป็นส่วนผสมหนึ่งที่ใช้เป็นมาร์คเกอร์ เปิดเครื่องผสมหลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างวัสดุที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 และ 360 วินาที ทำการเก็บวัสดุตัวอย่าง 12 ตำแหน่ง โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของใบกวน 3 ระดับ คือ 6, 12 และ 18 rpm ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยใช้กระป๋องกลวงเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 mm.



รูปที่ 2 เครื่องผสมอาหารสัตว์แนวอน



รูปที่ 3 ใบกวนผสมแบบ 2 ชั้น (2 เกลียว)



รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง

สำหรับการวิจัยนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเร็วรอบที่กำหนดเนื่องจากผู้วิจัย ไม่ได้มีการนำเอาเครื่องปรับความเร็วรอบแบบ VSD มาใช้กับเครื่องผสม เป็นการเปลี่ยนพูลเลย์ของเครื่องผสม ทำให้ความเร็วรอบที่สามารถกำหนดได้มีค่าจำกัด ค่าสูงสุดที่สามารถวัดค่าได้คือ 18 rpm ซึ่งเป็นค่าสูงสุดสำหรับการทดสอบนี้

4. ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์

จากการทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์เป็น การศึกษาเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation หรือ CV.) ของ แกลบกับลูกปัด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ซึ่ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมกับค่า สัมประสิทธิ์ของการกระจายของการผสม ที่ปริมาตร 0.2 m³ ต่อลูกปัด 5,000 ลูก โดยที่มีค่าความชื้น 22.11% (ใช้น้ำผสม 7 ลิตร) ซึ่งการผสมนี้ใช้ความเร็ว รอบในการผสม 3 ความเร็วรอบ คือ 6 rpm. 12 rpm. และ 18 rpm. จากการผสมลูกปัดกับแกลบแต่ละ ความเร็วรอบของเครื่อง สามารถเขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมกับค่า

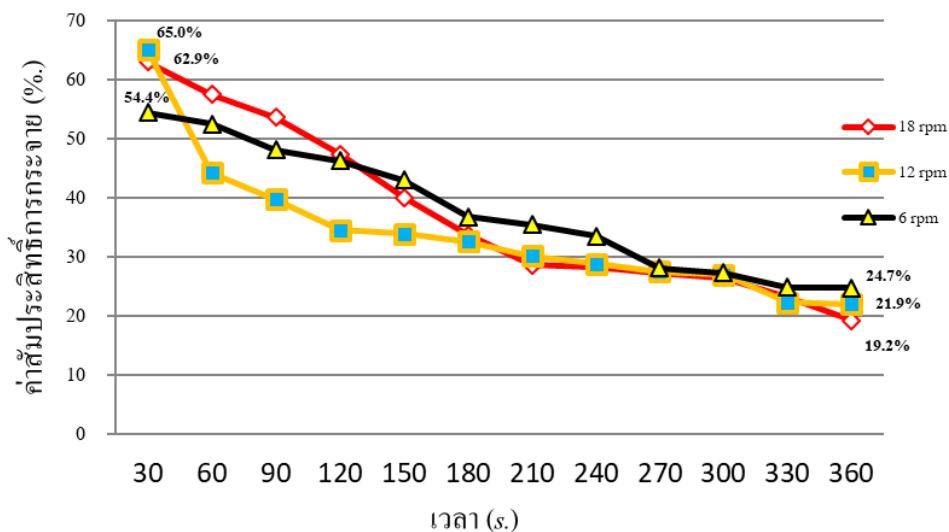
สัมประสิทธิ์ของการกระจายของแต่ละความเร็วรอบ ในการผสมที่มีค่าความชื้น 22.11% ได้ดังรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 สามารถสรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบแต่ละความเร็วรอบจากกราฟพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ดีคือความเร็วรอบ 18 rpm. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายคือ 28.6% ที่เวลา 210 s. โดยกำหนดค่าของสัมประสิทธิ์การกระจายของการผสมในการทดสอบต้องมีค่าต่ำกว่า 30 % สำหรับการทดสอบนี้

ค่าการกระจายนี้สามารถเริ่มปล่อยอาหารออกจากเครื่องผสมได้ หากผสมลูกปัดกับแกลบต่อไปค่าการกระจายก็จะดีขึ้นเรื่อยๆซึ่งอาจทำให้สิ้นเปลืองเวลา และค่าใช้จ่ายหากผสมต่อไป ในทางปฏิบัติการผสมอาหารไม่จำเป็นต้องละเอียดที่สุด แต่ควรให้อาหาร คลุกเคล้าเข้ากันโดยทั่วถึง ซึ่งที่เวลา 210 s. ความเร็ว รอบ 18 rpm. จะมีค่าการกระจายที่เหมาะสมแก่การ ปล่อยอาหารจึงสามารถปล่อยอาหารได้ทันที เมื่อ เทียบแต่ละความเร็วรอบพบว่าค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากการ หาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายอยู่ที่ความเร็วรอบ 18 rpm. โดยทดลองที่มีค่าความชื้น 22.11% ค่า สัมประสิทธิ์การกระจายคือ 19.2% ที่เวลา 360 วินาที สามารถแสดงรูปถ่ายการกระจายของลูกปัดที่ ความเร็วรอบทดสอบต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 6 - 8

ตารางที่ 1 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ความชื้น 22.11% (ใช้น้ำผสม 7 ลิตร)

ความเร็ว รอบ (นาทีก)	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation หรือ CV.)											
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
6 rpm.	54.4	52.4	48.0	46.2	42.9	36.7	35.4	33.5	28.1	27.3	24.8	24.7
12 rpm.	65.0	44.2	39.7	34.5	33.9	32.5	30.1	28.8	27.5	26.9	22.3	21.9
18 rpm.	62.9	57.4	53.5	47.3	40.0	33.7	28.6	28.3	27.2	26.4	23.1	19.2



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมกับค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย
ของแต่ละความเร็วรอบในการผสมที่มีค่าความชื้น 22.11%



รูปที่ 6 แกลบผสมกับลูกบดความเร็วที่ 6 rpm.



รูปที่ 7 แกลบผสมกับลูกบดความเร็วที่ 12 rpm.



รูปที่ 8 แกลบผสมกับลูกบิดความเร็วที่ 18 rpm.

4.2 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์ การกระจายที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบ 18 rpm. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายคือ 28.6% ที่เวลา 210 วินาที ที่ปริมาณวัสดุ 0.2 m^3 นั่นคือสมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุด คือ 0.2 m^3 ในเวลา 210 วินาที (0.05833 ชั่วโมง) หรือ $0.343 \text{ m}^3/\text{hr}$ (343 ลิตร/ชั่วโมง) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนในการผสมอาหารสัตว์จากเครื่องที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาที่ความสามารถในการทำงานและระยะเวลาต้นทุนในการใช้เครื่องผสมอาหารสัตว์และใช้แรงงานคน สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2 พบว่าระยะเวลาต้นทุนสำหรับการซื้อเครื่องผสมอาหารสัตว์มาใช้ทดแทนแรงงานแบบเดิมเท่ากับ 0.97 เดือน

ตารางที่ 2 ระยะเวลาต้นทุนในการใช้เครื่องผสมอาหารสัตว์

รายการ	ใช้ เครื่องจักร (ไฟฟ้า)	ใช้ แรงงานคน
ปริมาณอาหารสัตว์ที่ทำได้ ($\text{m}^3/\text{วัน}$)*	1.715	1.0
ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/วัน)**	2,572.50	1,500

ค่าไฟฟ้า*** (บาท/รอบ)	33.39	0
ค่าใช้จ่ายจากแรงงานคน (บาท/วัน)****	0	700
รวมต้นทุนการผสมอาหาร สัตว์ (บาท/วัน)	2,605.89	2,200
มูลค่าอาหารผสม (บาท/ m^3)*****	4,287.50	2,500
กำไร (บาท/วัน)	1,681.61	300
ค่าเครื่องผสมอาหารสัตว์ (บาท)	50,000	
ระยะเวลาคืนทุน	29.73 0.99	วัน เดือน

หมายเหตุ

* คิดเวลาทำงาน 5 ชั่วโมง

** ค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ 1,500 บาท/ m^3

*** ค่าไฟฟ้า 4.50 บาท/หน่วย

**** ค่าแรง 350 บาท/คน/วัน (เวลาทำงาน)

***** มูลค่าอาหารสัตว์ผสม 2,500 บาท/ m^3

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนา ออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น ให้สามารถทำงานได้ปริมาณมากๆ โดยลดการใช้แรงงานคนทำให้มีประสิทธิภาพต่อกระบวนการผสมอาหารสัตว์เพื่อจำหน่าย ประหยัดเวลา ลดการใช้แรงงานและลดต้นทุน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ขนาด 2 แรงม้า ถึงผสมขนาด 350 ลิตร ชุดเกลียวผสม เกลียววงนอกจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 680 mm. มีระยะพิทช์ 195 mm. ส่วนเกลียวผสมวงในจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 480 mm. มีระยะพิทช์ 195 mm. โดยยึดเกลียวในและเกลียวนอกเข้ากับแกนเพลลา การทดสอบเครื่องการทดสอบเครื่อง

ผสมอาหารสัตว์แวนอนไบกวน 2 ชั้น ทำการทดสอบความสามารถในการผสมของแกลบปริมาตร 0.2 m³ กับเม็ดลูกปัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 mm จำนวน 5,000 เม็ด เทผสมลงในแกลบที่มีค่าความชื้น 22.11% เปิดเครื่องผสมหลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างวัสดุ ที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 และ 360 วินาที ทำการเก็บวัสดุตัวอย่าง 12 ตำแหน่ง โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของไบกวน 3 ระดับ คือ 6, 12 และ 18 rpm พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ดีคือความเร็วรอบ 18 rpm. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายคือ 28.6% ที่เวลา 210 วินาที สมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุดคือ 0.343 m³/hr (343 ลิตร/ชั่วโมง) ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการซื้อเครื่องผสมอาหารสัตว์มาใช้ทดแทนแรงงานแบบเดิมเท่ากับ 0.99 เดือน ซึ่งสามารถลดแรงงานและลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ลงได้ในอนาคต และยังสามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีในการสนับสนุนสถานที่ และงบประมาณในการทำวิจัยทั้งหมด และนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ช่วยในการทดลองจนแล้วเสร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2560. (สื่ อ อ น ไ ล น์) . เข้า ถึง ได้ จ า ก : <http://niah.dld.go.th/th/index.php?option=c>

om_content&view=article&id=10171:thailandlivestock2017&catid=24:book&Itemid=300.

- [2] เรื่องอาหารสำเร็จรูปและ ผสมเอง อย่างไหนตอบใจthyชาวปศุสัตว์. (สื่ อ อ น ไ ล น์) . [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 3 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pasusart.com>.
- [3] ปริมาณอาหารสัตว์และการใช้วัตถุดิบ ปี 2560. (สื่ อ อ น ไ ล น์) . [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 3 พฤศจิกายน 2 5 6 1]. เข้า ถึง ได้ จ า ก : <http://www.thaifeedmill.com>.
- [4] เศรษฐกิจพอเพียง (2556), อาหารและการให้อาหารสัตว์. (สื่ อ อ น ไ ล น์) . [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 4 พฤศจิกายน 2 5 6 1]. เข้า ถึง ได้ จ า ก : <https://leesaemoa.wordpress.com>.
- [5] กฤติยา จันทรศิริ. การออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา; 2554.
- [6] สุวรรณ หอมหวล และวัชมา โพธิ์ทอง. การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารที่เอ็มอาร์สำหรับฟาร์มโคนมขนาดเล็ก. วิทยาศาสตร์ กำแพงแสน. 2554 ;9(1): 13 - 26.
- [7] กฤษณชัย สูงแข็ง, ชีรพงศ์ คำภีระ และถิรพันธ์ ปิ่นวิเศษ. การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์และปุ๋ย. [โครงการงานนักศึกษาระดับอาชีวศึกษา]. สระบุรี: วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี; 2557.
- [8] เครื่องผสมอาหารแนวนอน (Horizontal Mixer or Ribbon Mixer). (สื่ อ อ น ไ ล น์) . [เข้าถึงเมื่อ

วันที่ 4 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.uniquetools.co.th>.

- [9] ปิยวัฒน์ ศรีธรรม, วิทยา อิมสำราญ, พิทักษ์
บุญไทย และสุภา สีสนมาก. เครื่องผสมพร้อม
กับอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์. วารสารวิศวกรรมฟาร์ม
และเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ. 2559;
2(2): 87 – 96.