Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 47-50 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 47-50 (2560)

เครื่องบดย่อยทางใบปาล์มแบบค้อนเหวี่ยงสำหรับอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Oil Palm Frond Hammer Mill Grinder for Animal Feed

ดิษฐพร ตุงโสธานนท์[1] **ปัญญา แดงวิไลลักษณ์**[1] **และ ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์**[1]
Dithaporn Thungsotanon[1], Panya Daungvilailux[1] and Chompoonud Kulketwong[1]

Abstract

The oil palm frond is the agricultural residual that can be used for the pasture and silage. This article was to investigate the designing, creating and testing the oil palm frond grinder by hammer mill that consisted of the knife set for roughage and hammer mill. Before the experiment, the oil palm frond was determined the physical properties and the impact energy with impact test. For comparison of the original and teeth type, the rotational speed and the hammer mill-fin wall clearance were varied, and the fuel consumption per kilogram of product and the size of chopped frond were analyzed. The experimental results showed that the appropriated hammer mill was the original type with the rotational speed of 550 rpm, the clearance of hammer mill and fin wall was 10 mm, the fuel consumption per kilogram of product was 65.06 ml/kg. The acceptable size of chopped frond for animal feed was 82.82% and the biggest piece was about 10×10×20 mm^3.

Keywords: Oil palm frond, Animal feed, Hammer mill grinder

บทคัดย่อ

ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นเศษวัสดุเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ทั้งในรูปอาหารสดและอาหารหมัก บทความนี้นำเสนอการออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องบดย่อยทางใบปาล์มชนิดค้อนเหวี่ยงที่ประกอบไปด้วยชุดใบมีดตัดหยาบและชุดค้อนบด ก่อนการทดสอบนำทางใบปาล์มสดมาหาคุณสมบัติทางกายภาพและทดสอบหาพลังงานในการตัดเฉือนด้วยวิธีกระแทก โดยเปรียบเทียบหัวค้อนบด 2 ชนิด คือ แบบตรงและแบบซี่ ด้วยการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบการทำงานและระยะห่างของค้อนบดกับผนังครีบ วิเคราะห์อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ และขนาดของทางใบปาล์มบด ผลการทดสอบพบว่าเครื่องบดย่อยทางใบปาล์มแบบหัวค้อนตรงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานที่ความเร็วรอบ 550 rpm ระยะห่างระหว่างหัวค้อนและผนังครีบที่เหมาะสมเท่ากับ 10 mm อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณผลิตภัณฑ์เท่ากับ 65.06 ml/kg และได้ทางใบปาล์มบดที่สามารถนำมาทำอาหารสัตว์ได้ 82.82% โดยมีขนาดใหญ่สุดประมาณ 10×10×20 mm^3

คำสำคัญ: ทางปาล์มน้ำมัน อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เครื่องบดค้อนเหวี่ยง

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจทางภาคใต้ของประเทศไทยเช่นเดียวกับยางพารา หลังจากเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันสดแล้ว ชาวสวนนิยมตัดแต่งทางใบปาล์มและมักปล่อยทิ้งให้เน่าเปื่อยไม่ได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ แต่จากงานวิจัยพบว่าทางปาล์มน้ำมันสามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งแบบสดและหมัก (ประดิษฐ์และคณะ, 2551; Ishida and Abu Hassan, 1997) โดยนำทางใบปาล์มแบบสดไปเลี้ยงสัตว์ได้โดยตรงหรือบดย่อยแล้วผสมกับอาหารสำเร็จรูป ส่วนแบบหมักจำเป็นต้องบดย่อยทางใบปาล์มก่อน สายัณห์ (2547) ได้รายงานว่าขนาดพืช 1-5 cm เหมาะต่อการนำไปหมัก ถ้าความชื้นน้อยกว่า 70% ควรมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 cm ดังนั้นหากต้องการนำทางใบปาล์มสดมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจำเป็นต้องลดขนาดให้เล็กลงและไม่แหลมคมจนเป็นอันตรายต่อสัตว์ ด้วยวิธีการและเครื่องมือเชิงกลอย่างง่ายคือการบดแบบค้อนเหวี่ยง โดยอาศัยการหมุนเหวี่ยงหัวค้อนด้วยความเร็วสูงไปกระแทกเศษวัสดุที่ต้องการบดให้แตกหรือฉีกขาดออกจากกัน ซึ่งต้องออกแบบให้เหมาะกับวัสดุที่ต้องการลดขนาด ซึ่งเพลาของชุดค้อนบดอาจวางแนวนอนหรือแนวดิ่ง (Perry and Don, 1998) หัวค้อนบดมีหลายรูแบบอาทิเช่นตัวที แท่งยาว วงแหวนยึดแน่นหรือเคลื่อนไหวอิสระและแบบจานเหวี่ยง (Nwaigwe *et al.*, 2012) ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการลดขนาดขึ้นอยู่กับการควบคุมและออกแบบระยะห่างระหว่างหัวค้อนกับผิวล่างของห้องบดอัดและขนาดของรูตะแกรง ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงเป็นลำดับแรกในการออกแบบ แต่ในการใช้งาน

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160
[1]Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus Chumphon, Chumphon 86160

เครื่องบดยังมีตัวแปรอื่นๆ เกี่ยวข้องเช่น El Shal *et al.* (2010) ได้ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องโม่แป้งพบว่าความเร็วรอบ 2250 rpm ความชื้น 10% ค้อนหนา 5 mm และระยะห่างระหว่างหัวค้อนและถังบด 5 mm เหมาะสมต่อการทำงาน Ghorbani *et al.* (2011) ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดรูตะแกรงของถังบดที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและปริมาณการใช้ไฟฟ้าพบว่าสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลมีความสัมพันธ์กัน ส่วนปริมาณการใช้พลังงานจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของการบดหญ้าอัลฟัลฟ่า และ Hadi *et al.* (2017) ได้ออกแบบย้อนรอย ปรับปรุงค้อนบด ห้องบดและรวมถึงเพลาที่ต่อกำลังโดยตรงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กทดแทนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง เพื่อนำไปใช้งานกับวัสดุหลากหลายชนิดอาทิเช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่างและมันสำปะหลังแห้ง

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดย่อยเพื่อการใช้ลดขนาดทางใบปาล์มสดเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยตรงมีอยู่น้อยมาก ดังนั้น การออกแบบและพัฒนาในประเด็นนี้จึงยังคงมีความจำเป็นอยู่ บทความวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอออกแบบเครื่องบดทางใบปาล์มแบบสับหยาบและบด โดยใช้ชุดค้อนบดแบบแท่งยาวที่มีหัวค้อนเหวี่ยงเป็นแบบซี่ชนิดมีความสูงของซี่เท่ากัน (แบบตรง) และไม่เท่ากัน (แบบซี่)

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนดำเนินการทดสอบแสดงใน Figure 1 โดยนำทางปาล์มสดจากต้นปาล์มอายุ 7 ปี มาทำการนับจำนวนใบเพื่อแบ่งส่วนของทางปาล์มออกเป็น 3 ส่วน ดัง Figure 2 แยกใบและก้านออกจากกันและชั่งน้ำหนักได้ดัง Table 1 ในการทดสอบครั้งนี้เลือกใช้เฉพาะส่วนทางปาล์มที่มีใบอยู่ร่วมด้วยเท่านั้น เครื่องบดย่อยทางปาล์มสดดังแสดงใน Figure 3 ประกอบด้วยชุดใบมีดตัดหยาบ (roughage knife set) จำนวน 3 ใบ มุมเอียงคมมีดและมุมเอียงการติดตั้งเลือกจากผลการทดสอบการตัดเฉือนด้วยวิธีกระแทกมีค่าเท่ากับ 182.17 J ซึ่งมีค่า 30 degree และ 60 degree ตามลำดับ ค้อนบดแบบยาวมีการตัดเอียงซี่ฟันอ้างอิงค่าจากการทดสอบการกระแทกมีค่ามุม 60 degree เช่นเดียวกับการวางตัวของใบมีดตัดหยาบ ติดตั้งไว้ภายในถังทำหน้าที่ในการบดย่อยทางปาล์ม ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบของหัวค้อนบด 2 แบบ ที่สามารถปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างปลายหัวค้อนกับครีบภายในถังบดได้ ทางปาล์มหลังถูกบดจะ ไหลออกทางด้านใต้ถังผ่านตะแกรงขนาด 20 mm เข้าสู่ภาชนะเก็บผลผลิตที่ได้จะถูกนำมาคัดแยกผ่านตะแกรงร่อนและนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

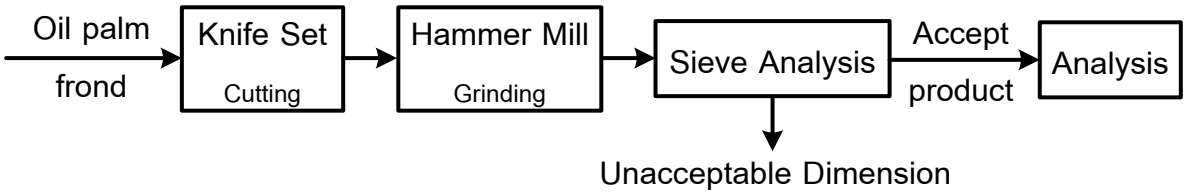

Figure 1 Diagram of animal feed grinding process

Table 1 Weight of the parts of oil palm frond

Parts of oil palm frond	Weight (% by weight)		
	Part A	Part B	Part C
Leaves	16.13	83.86	44.87
Rachis	-	69.11	30.88
Petiole	55.12	-	-

ผลและวิจารณ์ผล

การบดย่อยทางใบปาล์มมุ่งเน้นทดสอบหัวค้อนบด 2 แบบ คือ ชนิดมีความสูงของซี่เท่ากัน (แบบตรง) และไม่เท่ากัน (แบบซี่) ภายใต้สมมุติฐานการควบคุมวัสดุทางปาล์มภายในถังบดให้เคลื่อนที่ตลอดเวลาขณะบดย่อย หัวค้อนเหวี่ยงที่ออกแบบให้มีมุมตัดเอียงและความสูงของฟันไม่เท่ากันอาจส่งผลดีต่อการบดย่อย การวิเคราะห์ผลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) หารูปแบบและเงื่อนไขทำงานที่เหมาะสมของเครื่องบดย่อย จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาเป็นเงื่อนไขการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ต้นกำลังดีเซลสูบเดียว ขนาด 11 hp โดยทดสอบภายใต้ช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์

ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุด ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อไปในแง่ของการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์และ (2) ประเมินการบดย่อยทางใบปาล์มในแต่ละช่วงความยาวที่ศึกษา

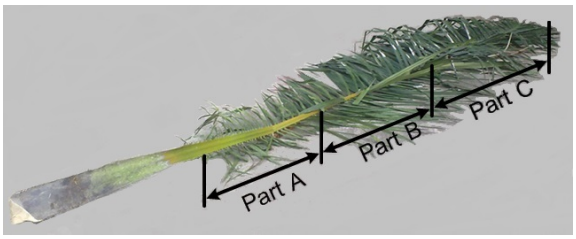

Figure 2 Oil Palm Frond

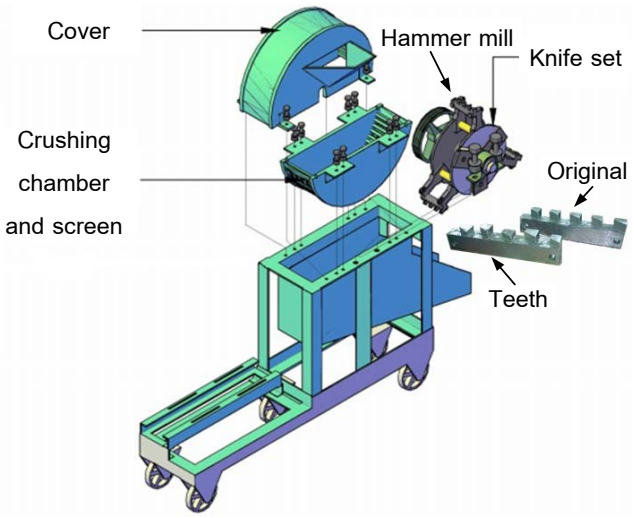

Figure 3 Oil Palm Frond Hammer Mill Grinder

1. รูปแบบและเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องบดย่อยทางใบปาล์ม

จากการนำทางปาล์มทั้งหมด (Part A–C) ใน Figure 2 มาย่อยขนาดด้วยชุดค้อนบดแบบตรงและแบบซี่และปรับระยะห่างต่ำสุดจากปลายฟันถึงผนังครีบ 10 และ 15 mm ใช้ความเร็วรอบชุดบด 500-600 rpm ผลผลิตที่ได้จะถูกนำมาแยกส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้และไม่ได้ออกจากกัน ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบถูกวิเคราะห์และเปรียบเทียบดังแสดงใน Figure 4 พบว่าทางใบปาล์มที่ถูกบดย่อยโดยใช้หัวค้อนเหวี่ยงแบบตรงด้วยระยะห่างระหว่างหัวค้อนและครีบภายในถัง 10 mm และทำงานที่ความเร็วรอบ 500 และ 550 rpm สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อยู่ที่ 81.26 และ 82.82% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงพบว่าความเร็วทั้งสองได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน หากต้องการใช้งานเครื่องบดย่อยให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดควรเลือกใช้งานที่ความเร็วรอบ 550 rpm ส่วนการทดสอบหัวค้อนเหวี่ยงพบว่าแบบซี่ไม่สามารถบดย่อยทางใบปาล์มได้ตามขนาดที่ต้องการ เนื่องมาจากวัสดุไหลออกจากปลายหัวค้อนมากเกินไปจนทำให้ผลผลิตที่ใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณน้อยและในบางเงื่อนไขการทดสอบไม่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งการทดลองหัวค้อนเหวี่ยงแบบซี่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของความสูง ความกว้างและการวางแบบสลับตำแหน่งและทิศทางของฟันบด

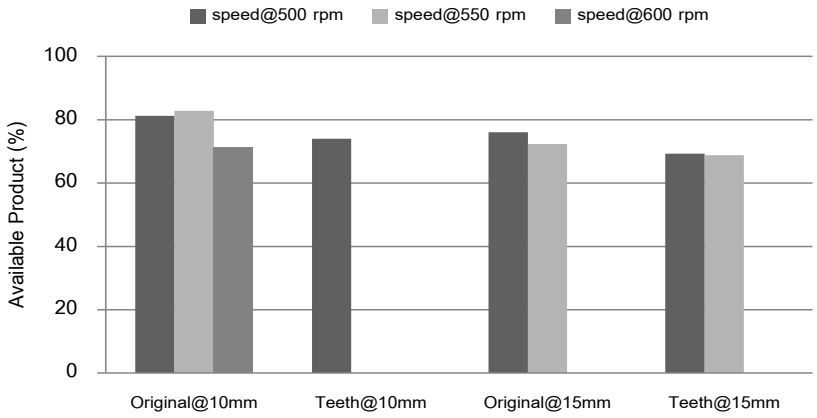

Figure 4 Percentage of the total available product

2. การย่อยทางปาล์มในแต่ละช่วงความยาวใบทางปาล์ม

ทางใบปาล์มแต่ละช่วงความยาวมีปริมาณใบและก้านต่างกัน เพื่อให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นจึงควรแยกพิจารณาความสามารถในการบดย่อยแต่ละส่วน ใน Figure 5 แสดงถึงทางใบปาล์มที่ย่อยแล้วใช้ประโยชน์ได้น้อยสุด

คือ Part B เนื่องจากมีปริมาณใบมาก ทำให้ในขณะบดไม่มีส่วนก้านแข็งช่วยนำเข้าสู่ชุดค้อนเหวี่ยง และพบว่าหัวค้อนเหวี่ยงแบบตรงสามารถลดขนาดทางใบปาล์มได้ทุกช่วงความยาว และได้ผลดีขึ้นเมื่อปรับระยะห่างขอบถังให้น้อยลง ส่วนความเร็วรอบที่ 600 rpm ไม่เหมาะต่อใช้งานกับหัวค้อนเหวี่ยงทั้งสองแบบ เพราะความเร็วการเหวี่ยงหนีศูนย์มีค่ามากเกินไปจนไม่สามารถควบคุมปริมาณการไหลของวัสดุในขณะย่อยบดได้

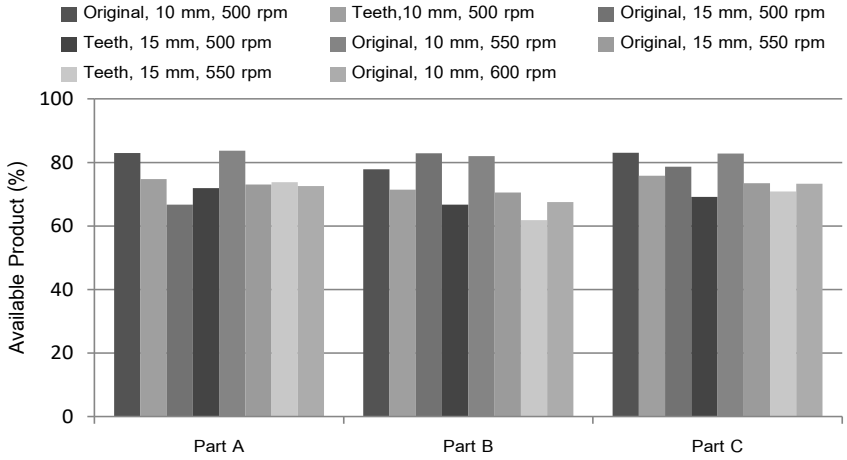

Figure 5 Percentage of the total available product in each part

สรุป

เครื่องบดย่อยทางใบปาล์มแบบหัวค้อนเหวี่ยงชนิดแท่งยาวแบบตรง มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่ความความเร็วรอบ 550 rpm ระยะห่าง 10 mm อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณผลิตภัณฑ์เท่ากับ 65.06 ml/kg และได้ทางใบปาล์มบดที่สามารถนำมาทำอาหารสัตว์ 82.82% ส่วนหัวค้อนเหวี่ยงแบบชี่ทำงานที่ความเร็วรอบ 500 rpm ระยะห่างระหว่างหัวค้อนและผนังครีบ 10 mm ได้ผลิตภัณฑ์สูงสุด 74.01% ดังนั้น การออกแบบหัวค้อนเหวี่ยงแบบตรงมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบชี่คิดเป็น 10.06 %

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร สำหรับงบประมาณและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ประดิษฐ์ อาจชมภู, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพร จันทระ. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์, นครศรีธรรมราช, 23 เมษายน 2551. น. 57-66.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

El Shal, M.S., M.A. Tawfik, A.M. El Shal and K.A. Metwally. 2010. Study the Effect of Some Operational Factors on Hammer Mill. Farm Machinery and Power. Misr J. Ag. Eng. 27(1): 54-74.

Ghorbani, Z., A.A. Masoumi, A. Hemmat, R. Amiri Chayjan and M.M. Majidi. 2011. Principal component modeling of energy consumption and some physical-mechanical properties of alfalfa grind. Australian Journal of Crop Science 5(8): 932-938.

Hadi, M.I., M.A. Bawa, H.A.M. Dandakouta and P.M. Kamtu. 2017. Improvement on the Design, Construction and Testing of Hammer Mill. American Journal of Engineering Research 6(3): 139-146.

Ishida, M. and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. JARQ 13: 41-47.

Nwaigwe, K.N., C. Nzediegwu and P.E. Ugwuoke. 2012. Design, Construction and Performance Evaluation of a Modified Cassava Milling Machine. Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(18): 3354-3362.

Perry, H.R. and D.W. Green. 1998. Size Reduction and Enlargement: Perry's Chemical Engineering Handbook 7th Edition. McGraw-Hill International Publishers, New York. p. 20-22.