

การออกแบบและพัฒนาเครื่องบดมูลแพะเพื่อการผลิตปุ๋ยหมัก

Design and Development of a Goat Manure Grinding Machine for Compost Production

สุหดี นิเซ่ง¹ สุชาครี ศรีสุข¹ อดุลย์ บ่าวเข้มซอย¹ และทศพิธ วิสมิตนันท์^{1*}

Suhdee Niseng¹ Suchakree Srisuk¹ Adul Baochaemchoi¹ and Thossapit Wissamitanan^{1*}

Received: August 7, 2025; Revised: October 3, 2025; Accepted: October 8, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดมูลแพะ พร้อมศึกษาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมัก เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ก่อให้เกิดมูลจำนวนมาก การบดย่อยให้มีขนาดเล็ก ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส เร่งการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และทำให้พืชดูดซับธาตุอาหารได้ดีขึ้น การทดลองศึกษาผลของความเร็วยรอบ 3 ระดับ คือ 904 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที พบว่ากำลังการผลิตเพิ่มขึ้นตามรอบที่สูงขึ้น โดยที่ 1,827 รอบต่อนาที (มูเล่ย์ขับ 2 นิ้ว) ให้กำลังการผลิตสูงสุด 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงถือเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด มูลแพะที่บดด้วยสภาวะดังกล่าวถูกนำไปทดลองหมัก พบว่าสามารถลดระยะเวลาการหมักจาก 15 วัน เหลือเพียง 11 วัน ซึ่งเกิดจากพื้นที่ผิวของมูลแพะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ ปุ๋ยที่ได้เมื่อนำไปใช้จริง ช่วยให้ดินร่วนซุย ย่อยสลายเร็ว และพืชดูดซับธาตุอาหารได้ดีขึ้น ด้านเศรษฐศาสตร์ เครื่องบดมูลแพะมีจุดคุ้มทุนเมื่อผลิตครบ 8,304.35 กิโลกรัม หรือประมาณ 51 ชั่วโมงการทำงาน แสดงให้เห็นว่าเครื่องที่พัฒนานี้ช่วยเพิ่มมูลค่า ลดเวลา และยกระดับประสิทธิภาพการทำปุ๋ยหมักได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ : เครื่องบด; มูลแพะ; ปุ๋ยหมัก

¹ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

¹ Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya

* Corresponding Author, Tel. 08 4056 3278, E - mail: thossapit.w@rmutsv.ac.th

Abstract

This study aimed to design and construct a goat manure grinding machine and to investigate its optimal operating conditions for enhancing composting efficiency. Goat farming generates substantial amounts of manure, and reducing particle size prior to composting increases surface area, accelerates microbial activity, and improves nutrient uptake by plants. Experiments were conducted at three operating speeds 904, 1,201, and 1,827 rpm. The results showed that production capacity increased with higher speeds, with the maximum output of 163.19 ± 23.34 kg/h achieved at 1,827 rpm using a 2-inch drive pulley. Ground manure at this condition was subsequently composted, and the composting period was reduced from 15 to 11 days, as the increase of surface area enhanced microbial degradation. The resulting compost improved soil friability, decomposition rate, and nutrient absorption by plants. An economic evaluation indicated a break-even point at 8,304.35 kg of processed manure, equivalent to approximately 51 operating hours. These findings demonstrate that the developed grinder adds value to goat manure, reduces composting time, and significantly improves both production efficiency and economic feasibility.

Keywords: Grinding Machine; Goat Manure; Compost

บทนำ

แพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมสูงในปัจจุบัน โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีประชากรมุสลิมจำนวนมาก เนื่องจากการเลี้ยงและการบริโภคแพะมีความเชื่อมโยงกับวัฒนธรรมและพิธีกรรมทางศาสนา ประเทศไทยมีจำนวนแพะทั้งหมด 1,523,148 ตัว โดยกว่าร้อยละ 29.12 หรือ 443,622 ตัวกระจายอยู่ใน 14 จังหวัดภาคใต้ (Department of Livestock Development, 2024) แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีต้นทุนการเลี้ยงต่ำ เนื่องจากสามารถบริโภคหญ้าและเศษวัสดุทางการเกษตรได้ ผลผลิตหลักจากการเลี้ยงแพะ ได้แก่ เนื้อ นม หนัง และขน ขณะเดียวกันยังก่อให้เกิดผลพลอยได้ที่สำคัญคือ มูลแพะ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามแนวคิดการผลิตแบบไร้ของเสีย (Zero Waste Production) แพะโตเต็มวัยหนึ่งตัวสามารถผลิตมูลแห้งได้ประมาณร้อยละ 1.58 ของน้ำหนักตัว หรือราว 0.34 กิโลกรัมต่อวัน หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มูลแพะประกอบด้วยธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 2.8 % ฟอสฟอรัส (P) 0.42 % และโพแทสเซียม (K) 0.93 % (Osuhor et al., 2002; Kaewmorakot et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการทำเกษตรอินทรีย์และการใส่ใจต่อคุณภาพชีวิตที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การนำมูลแพะไปใช้เป็นปุ๋ยคอกโดยตรงยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินต้องดึงไนโตรเจนมาใช้ในการย่อยสลาย ส่งผลให้พืชเกิดภาวะขาดไนโตรเจน (Department of Agricultural Extension, 2014) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ มูลแพะมักถูกนำมาผสมกับเศษวัสดุการเกษตรในการทำปุ๋ยหมัก (Duangsrikaew and Lijuan, 2024) หรือใช้เป็นปุ๋ยเสริมธาตุอาหารโดยตรง (Awodun, 2007) ทั้งนี้ การหมักมูลแพะให้สมบูรณ์จะทำให้ธาตุอาหารในมูลถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วขึ้น การนำมูลแพะแห้งมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ช่วยลดระยะเวลาและเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมัก (Ngamphongsai et al., 2009) เดิมการบดมูลสัตว์เพื่อใช้เป็นปุ๋ยอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ต่อมามีการออกแบบเครื่องบดเพื่อช่วยย่อยมูลสัตว์ให้ละเอียดขึ้นและลดเวลาในการทำงาน (Nuengnoi et al., 2022) การลดขนาดมูลสัตว์ที่มีความแข็งด้วยเครื่องแบบตีบด (Hammer Crusher) ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร พบว่ามูลสัตว์ที่ผ่านการบดย่อยและกลับกองบ่อยครั้งสามารถลดระยะเวลาการหมักลงได้อย่างมีนัยสำคัญ (Cai et al., 2023) ขณะที่การศึกษาการหมักเศษวัสดุผ่านการสับย่อยด้วยเครื่องสับ (Shredder Machine) พบว่า

ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.5 - 3 เซนติเมตร ซึ่งช่วยส่งเสริมการย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mishra and Yadav, 2022) นอกจากนี้ยังมีการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับใบไม้สำหรับการทำปุ๋ยหมัก โดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถสับย่อยวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย ต้นทุนต่ำ และได้อนุภาคที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก (Ashwini et al., 2020) การพัฒนาเครื่องย่อยวัสดุทางการเกษตรสำหรับทำปุ๋ย ยังมีการทดสอบที่ความเร็วรอบ 300 600 900 1,200 และ 1,500 รอบต่อนาที ร่วมกับระยะเวลา 0.5 1 1.5 2 และ 2.5 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และเวลา 1.5 ชั่วโมง เครื่องสามารถให้ประสิทธิภาพการสับย่อยสูงสุด 91 % และมีอัตราการผลิตสูงถึง 585 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Busari et al., 2024) การลดขนาดอนุภาคด้วยการสับหรือบดจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการหมักปุ๋ย เพราะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ทำงานได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ (Texas A&M AgriLife Extension Service, 2009) จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เห็นได้ว่า เครื่องบดย่อยวัสดุและมูลสัตว์สำหรับการทำปุ๋ยหมักมักใช้กลไกการสับย่อยกับเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น ใบไม้ ขณะที่การย่อยมูลสัตว์ซึ่งมีความแข็งกว่านิยมใช้กลไกการตีบด อย่างไรก็ตาม เครื่องย่อยที่มีจำหน่ายทั่วไปไม่ได้ออกแบบมาสำหรับบดย่อยมูลสัตว์โดยเฉพาะ จึงยังใช้งานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดมูลแพะสำหรับการผลิตปุ๋ยหมัก รวมทั้งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบดเพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน และช่วยยกระดับประสิทธิภาพการผลิตของชุมชนต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุ

มูลแพะที่นำมาทดสอบได้รับจากเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในหมู่บ้านเขารักเกียรติ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสงขลา เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในหมู่บ้านเขารักเกียรติเป็นแหล่งเลี้ยงแพะที่สำคัญในพื้นที่ ทำให้สามารถจัดหามูลแพะได้อย่างสะดวกและต่อเนื่อง ซึ่งเอื้อต่อการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ ดังรูปที่ 1

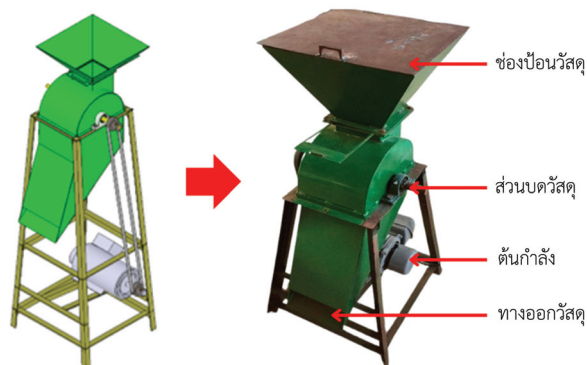


รูปที่ 1 กระบวนการตากแห้งมูลแพะสด

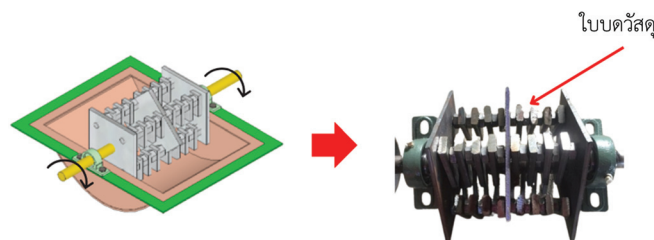
2. การออกแบบเครื่องบดมูลแพะ

เครื่องบดมูลแพะที่พัฒนาขึ้น โดยมีโครงสร้างประกอบด้วย โครงสร้างเหล็กรองรับอุปกรณ์ ช่องป้อนวัสดุ (Hopper) ส่วนบดวัสดุ (Grinding) มอเตอร์ต้นกำลัง ทางออกของวัสดุ ดังรูปที่ 2 การออกแบบการบดมูลแพะโดยอาศัยหลักการตีบดติดตั้งใบมีดแบบอิสระบนเพลาลำดับ 32 ใบ ดังรูปที่ 3 (Nuengnoi et al., 2022) ซึ่งแตกต่างจากเครื่องบดแบบใบมีดอยู่กับที่ (Cai et al., 2023) ต้นกำลังขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์) อัตราทดสายพานที่เพลาลำดับขนาด 2.5 นิ้ว และเพลาลำดับขนาด 2 3 และ 4 นิ้ว ตามลำดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบดมูลแพะ ขนาดเพลาลำดับและเพลาลำดับขนาด 24 มิลลิเมตร ขนาดของตลับลูกปืนตักดาเท่ากับ 25.40 มิลลิเมตร

วัสดุอุปกรณ์เลือกใช้ตามท้องตลาดเพื่อคำนึงถึงการนำไปใช้งานและซ่อมบำรุงโดยทั่วไป การออกแบบกำลังการผลิต ออกแบบช่องสำหรับป้อนวัสดุความจุ 5 กิโลกรัมต่อครั้ง ความละเอียดของมูลแพะจะขึ้นอยู่กับตะแกรงที่ติดตั้งเข้ากับ เครื่องบดมีขนาดรู 3 มิลลิเมตร ติดตั้งส่วนล่างของชุดบดเพื่อคัดกรองมูลแพะที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กออกจากกัน



รูปที่ 2 การออกแบบเครื่องบดมูลแพะ



รูปที่ 3 การออกแบบกลไกบดย่อยเครื่องบดมูลแพะ

3. การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องบดมูลแพะ

การเตรียมมูลแพะเพื่อบดจะต้องผ่านการตากแดดเพื่อลดความชื้น การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับเครื่องบดมูลแพะที่ความเร็วในการบดมูลแพะตามอัตราทดของมู่เล่ย์ของเพลลาขับขนาด 2.5 นิ้ว มีความเร็ว ของเพลลาขับเท่ากับ 1,440 รอบต่อนาที และขนาดมู่เล่ย์ของเพลลาตามขนาด 4 3 และ 2 นิ้ว ความเร็วรอบของเพลลาตาม จากการคำนวณตามสมการที่ (1) เท่ากับ 900 1,200 และ 1,800 รอบต่อนาที ตามลำดับ ในสภาวะการทดสอบจริง ความเร็วถูกวัดโดยเครื่องวัดรอบแบบสัมผัส (Tachometer) ความเร็วของเพลลาตามที่ได้จริงเท่ากับ 904 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1.5 % ดังตารางที่ 1 เพลลาตามจะเชื่อมต่อกับชุดบดมูลปุ๋ยดังรูปที่ 3 การทดสอบบดมูลแพะในแต่ละความเร็วใช้มูลแพะปริมาณ 5 กิโลกรัม การทดสอบจับเวลาในการบด วัดปริมาณของ มูลแพะหลังจากการบดและปริมาณของมูลแพะที่เหลือหลังจากการบดภายในเครื่องในแต่ละความเร็วการทดสอบ การทดสอบทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลในแต่ละความเร็วในการบดมาเปรียบเทียบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับเครื่องบดมูลแพะ ดังรูปที่ 4

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 \quad (1)$$

เมื่อ d_1 = ขนาดมู่เล่ย์ของเพลลาขับ (นิ้ว)
 d_2 = ขนาดมู่เล่ย์ของเพลลาตาม (นิ้ว)
 n_1 = ความเร็วของเพลลาขับ (รอบต่อนาที)
 n_2 = ความเร็วของเพลลาตาม (รอบต่อนาที)

ตารางที่ 1 ความเร็วในการทดสอบเครื่องบดมูลแพะ

ขนาดมูเลย์ ของเพลาชับ (นิ้ว)	ขนาดมูเลย์ ของเพลาดาม (นิ้ว)	ความเร็วของ เพลาชับ (รอบต่อนาที)	ความเร็วของ เพลาดาม (รอบต่อนาที)	ความเร็วของ เพลาดามจากการวัด (รอบต่อนาที)
2.50	4	1,440	900	904
2.50	3	1,440	1,200	1,201
2.50	2	1,440	1,800	1,827



รูปที่ 4 การทดลองบดมูลแพะด้วยเครื่องบดมูลแพะ

4. การหมักปุ๋ยมูลแพะ

เพื่อเปรียบเทียบปุ๋ยหมักจากมูลแพะที่ผ่านการบดและไม่ผ่านการบด กระบวนการหมักเริ่มต้นจากการผสมส่วนผสมตามสัดส่วน วัสดุที่ใช้สำหรับกระบวนการหมัก ได้แก่ มูลแพะบดที่ได้จากการทดลองเครื่องบดมูลแพะที่สภาวะที่ดีที่สุด กากน้ำตาลทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ช่วยในกระบวนการย่อยสลาย น้ำหมักชีวภาพทำหน้าที่เพิ่มชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งให้กระบวนการหมักและการย่อยสลาย สารเร่ง (พด1) ช่วยการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่ย่อยได้ยากด้วยจุลินทรีย์เพื่อลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมัก น้ำเปล่าช่วยรักษาระดับความชื้น 40 - 60 % เป็นสภาวะที่เหมาะสมแก่การทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย (Phangnga Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2023; Ang Thong Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2010) อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทำปุ๋ยมูลแพะหมักดังตารางที่ 2 อ้างอิงจากเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ เพื่อทดสอบที่อัตราส่วนเดียวกันกับมูลแพะที่ไม่ผ่านการบดกระบวนการหมักนำมูลแพะที่ผ่านการหมักถูกนำไปวางแผ่เป็นกองเท่ากันจำนวน 3 กอง กองละ 10 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการหมัก 15 วัน และกลับด้านปุ๋ยทุก ๆ 7 วัน ในระหว่างการหมักมีการติดตามและบันทึกค่า เช่น อุณหภูมิ กลิ่น สี ลักษณะทางกายภาพ รวมถึงวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในการทำปุ๋ยมูลแพะหมัก

ส่วนผสม	ปริมาณ
มูลแพะ	10 กิโลกรัม
กากน้ำตาล	200 มิลลิลิตร
น้ำหมักชีวภาพ	120 มิลลิลิตร
สารเร่ง (พด1)	10 กรัม
น้ำเปล่า	5 ลิตร

5. การวิเคราะห์ผลการทดลองการหาสภาวะที่เหมาะสมในการบดมูลแพะและการหมักปุ๋ยหมักมูลแพะ

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบดมูลแพะ ดำเนินการโดยการเปรียบเทียบมวลของมูลแพะก่อนบดและหลังบดจากการชั่งน้ำหนัก เพื่อประเมินประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้ยังคำนวณกำลังการผลิตต่อชั่วโมง โดยใช้มวลของมูลแพะหลังการบดและระยะเวลาในการบดเป็นตัวแปรอ้างอิง การวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักมูลแพะเพิ่มเติมประกอบด้วยการทดสอบดังนี้ การวิเคราะห์อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม การวิเคราะห์สี กลิ่น และลักษณะการเกิดเชื้อสีขาว รวมถึงวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังรูปที่ 5 เพื่อจำแนกความสมบูรณ์ของดินตามมาตรวัดของเครื่องมือดังตารางที่ 3 เพื่อเป็นเกณฑ์การประเมินเบื้องต้น การบันทึกข้อมูลวันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 12 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และการเกิดเชื้อสีขาว รวมถึงวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยแบ่งหลักเกณฑ์คะแนนการประเมินดังตารางที่ 4



รูปที่ 5 เครื่องมือทดสอบความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตารางที่ 3 ความสมบูรณ์ของดินตามมาตรวัดของเครื่องมือ

มาตรวัด	ความเข้มข้น (parts per million, ppm)			เกณฑ์ในการประเมิน
	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P)	โพแทสเซียม (K)	
None	-	-	-	น้อยมาก
Lack (Too Little)	<50	<4	<50	น้อย
Ideal	50 - 200	4 - 14	50 - 200	ดี
Too Much (Excessive)	>200	>14	>200	มากเกินไป

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินสี กลิ่น และการเกิดเชื้อสีขาว รวมถึงวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน

เกณฑ์การประเมิน	ค่าการประเมิน	คะแนน
สีของกองปุ๋ย	ดำ	1
	น้ำตาลเข้ม	2
กลิ่น	มีกลิ่นมูลแพะ	1
	มีกลิ่นกากน้ำตาล	2
	มีกลิ่นเปรี้ยว	3
	ไม่มีกลิ่น	4
เชื้อสีขาวบนกองปุ๋ย	ไม่มี	1
	มีเล็กน้อย	2
	มี	3
ความสมบูรณ์ของดิน	น้อยมาก	1
	น้อย	2
	ดี	3

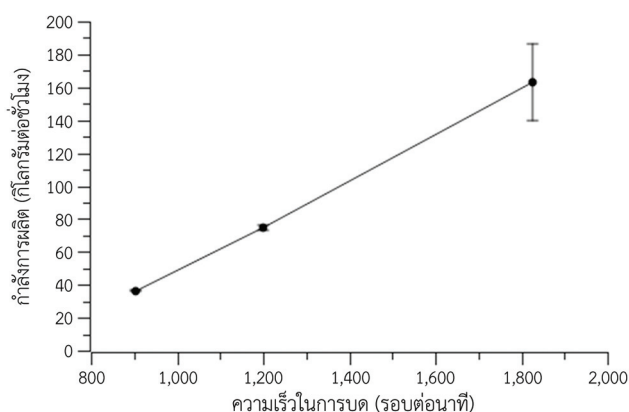
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการทดลองหาความเร็วรอบที่เหมาะสมการทดลอง

จากผลการทดลองเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องบดมูลแพะ พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 904 เป็น 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที มวลเฉลี่ยหลังการบดเพิ่มขึ้นจาก 4.70 ± 0.10 กิโลกรัม เป็น 4.77 ± 0.06 และ 4.90 ± 0.00 กิโลกรัม ขณะเดียวกันอัตราการสูญเสียลดลงจากร้อยละ 6 เป็นร้อยละ 4.67 และร้อยละ 2 ตามลำดับ ระยะเวลาในการบดเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 6 นาที 46 วินาที เป็น 3 นาที 50 วินาที และ 1 นาที 50 วินาที แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายวัสดุ ทำให้ได้ผลผลิตที่มีมวลใกล้เคียงกับน้ำหนักตั้งต้น และลดการสูญเสียลง เมื่อคำนวณกำลังการผลิต พบว่าที่ความเร็วรอบ 904 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที เครื่องบดมูลแพะสามารถผลิตได้ 36.34 ± 0.30 74.74 ± 1.35 และ 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ความเร็วรอบ 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที มีกำลังการผลิตมากกว่า 206 % และ 449 % ของความเร็วรอบต่ำสุด แสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเกือบหนึ่งเท่าตัวต่อการเพิ่มขึ้นทุก 300 รอบต่อนาที ซึ่งให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเร็วรอบและกำลังการผลิตดังรูปที่ 6 จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบสูง วัสดุถูกบดด้วยแรงเฉือนและแรงกระแทกมากขึ้น ส่งผลให้มูลแพะถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วและมีการสูญเสียน้อยลง การเลือกใช้ความเร็วรอบ 1,827 รอบต่อนาที (มูลแพะขนาด 2 นิ้ว) เป็นสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากให้ค่ากำลังการผลิตสูงสุดถึง 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยยังคงคุณภาพของวัสดุหลังการบดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ลักษณะของมูลแพะที่ผ่านการบดในแต่ละความเร็วมีขนาดน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร และมีความแตกต่างกันเล็กน้อยดังรูปที่ 7 ผลการทดลองนี้สะท้อนว่า ความเร็วรอบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อทั้งประสิทธิภาพในการบด และศักยภาพในการผลิตของเครื่องบดมูลแพะ และการดำเนินการที่ความเร็วสูงสุดยังสามารถลดระยะเวลาในการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเชิงเศรษฐศาสตร์และการประยุกต์ใช้จริงในระดับวิสาหกิจชุมชน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความเร็วในการบดมูลแพะต่อกำลังการผลิต

ความเร็วในการบด (รอบต่อนาที)	มวลก่อนบด (กิโลกรัม)	มวลหลังบด (กิโลกรัม)	ระยะเวลาบด (นาที)	ปริมาณเศษวัสดุตกค้าง (กรัม)	กำลังการผลิต (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
904	5.00 ± 0.00	4.70 ± 0.10	6.46 ± 0.13	1.33 ± 0.58	36.34 ± 0.30
1,201	5.00 ± 0.00	4.77 ± 0.06	3.50 ± 0.06	1.17 ± 0.29	74.74 ± 1.35
1,827	5.00 ± 0.00	4.90 ± 0.00	1.50 ± 0.17	0.50 ± 0.00	163.19 ± 23.34



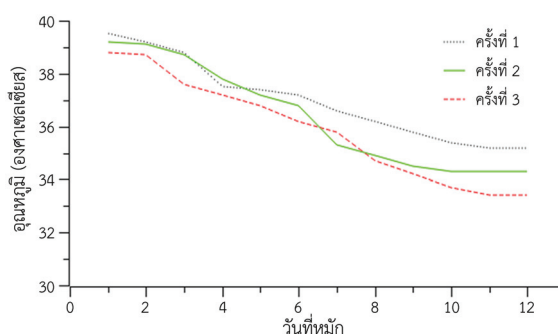
รูปที่ 6 ผลของความเร็วในการบดมูลแพะต่อกำลังการผลิต



รูปที่ 7 มูลแพะที่ผ่านการบด

2. ผลการทดลองการหมักปุ๋ยมูลแพะ

มูลแพะที่ผ่านการบดด้วยความเร็วรอบ 1,827 รอบต่อนาที ถูกนำมาทดสอบการหมักจำนวน 3 ครั้ง (ครั้งละ 10 กิโลกรัม) ผลการบันทึกอุณหภูมิในกองปุ๋ยแต่ละวันพบว่าอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 8) โดยมีค่าเฉลี่ยการลดลงประมาณ 0.48 องศาเซลเซียสต่อวัน การลดลงของอุณหภูมิในช่วงท้ายสะท้อนถึงการสิ้นสุดของกระบวนการย่อยสลายหลักและการเข้าสู่ระยะ Maturation Stage ซึ่งบ่งชี้ว่ากระบวนการหมักใกล้เสร็จสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกองปุ๋ยหมักยังเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญ ได้แก่ สีที่เปลี่ยนจากดำเป็นน้ำตาลปนดำ กลิ่นเฉพาะของมูลสัตว์และกากน้ำตาลที่หายไป รวมทั้งการปรากฏของเส้นใยสีขาวของจุลินทรีย์ในช่วงปลายการหมัก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์และช่วยให้ปุ๋ยเก็บรักษาได้นาน (Phangnga Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2023) นอกจากนี้ค่าความสมบูรณ์ของดินที่ทดสอบจากปุ๋ยหมักยังพบว่าเพิ่มขึ้นจากระดับน้อยมาก ไปสู่น้อย และดี ตามลำดับจากตัวชี้วัดทั้งหมด ได้แก่ อุณหภูมิที่คงที่ สีที่เปลี่ยนเป็นน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่น และการปรากฏของเชื้อสีขาว ร่วมกับค่าความสมบูรณ์ของดินที่อยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 4 จึงสามารถระบุได้ว่ากระบวนการหมักที่เหมาะสมอยู่ที่วันที่ 11 ของการหมัก จากผลคะแนนเต็มในแต่ละเกณฑ์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันทั้ง 3 ครั้ง ดังตารางที่ 6 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความละเอียดของมูลแพะที่ผ่านการบดมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุดิบ ทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับมูลที่ไม่ผ่านการบด ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาการหมักลงเหลือเพียง 11 วัน จากปกติประมาณ 15 วัน ดังตารางที่ 7 อันสะท้อนถึงข้อได้เปรียบเชิงเทคนิคของการใช้เครื่องบดมูลแพะในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อการเกษตรกรรม



รูปที่ 8 ผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในการหมัก

ตารางที่ 6 ผลการทดลองการหมักปุ๋ยหมักจากมูลแพะบดด้วยความเร็วในการบดเท่ากับ 1,827 รอบต่อนาที

วันที่	อุณหภูมิ (°C)	สี	กลิ่น	เชื้อสีขาวบนกองปุ๋ย	ความสมบูรณ์ของดิน
1	39.17±0.35	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
2	39.00±0.26	1.00±0.00	1.67±0.58	1.00±0.00	1.00±0.00

ตารางที่ 6 ผลการทดลองการหมักปุ๋ยหมักจากมูลแพะบดที่ความเร็วในการบดเท่ากับ 1,827 รอบต่อนาที (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิ (°C)	สี	กลิ่น	เชื้อสีขาวบนกองปุ๋ย	ความสมบูรณ์ของดิน
3	38.37±0.67	1.00±0.00	2.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
4	37.50±0.30	1.00±0.00	2.00±0.00	1.00±0.00	1.33±0.58
5	37.13±0.31	1.33±0.58	2.33±0.58	1.00±0.00	1.33±0.58
6	36.73±0.50	1.67±0.58	3.00±0.00	1.00±0.00	1.67±0.58
7	35.90±0.66	1.67±0.58	3.00±0.00	1.00±0.00	2.00±0.00
8	35.27±0.81	1.00±0.00	3.33±0.58	1.00±0.00	2.00±0.00
9	34.83±0.85	2.00±0.00	4.00±0.00	1.33±0.58	2.67±0.58
10	34.47±0.86	2.00±0.00	4.00±0.00	2.67±0.58	3.00±0.00
11	34.30±0.90	2.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00

ตารางที่ 7 ลักษณะของปุ๋ยหมักมูลแพะที่ไม่ผ่านและผ่านการบด

สูตร	ก่อนหมักปุ๋ย	หลังหมักปุ๋ย
ปุ๋ยหมักมูลแพะที่ไม่ผ่านการบด		
ปุ๋ยหมักมูลแพะที่ผ่านการบด		

3. กำลังประมาณการผลิตที่ต้นทุน

การวิเคราะห์กำลังการผลิตที่จุดคุ้มทุน ทำโดยพิจารณาอัตราส่วนระหว่างต้นทุนเครื่องจักร และกำไรส่วนเกินต่อหน่วย กำไรส่วนเกินต่อหน่วยคำนวณจากส่วนต่างระหว่างราคาขายต่อหน่วยและต้นทุนผันแปรต่อหน่วย ซึ่งต้นทุนผันแปรในที่นี้ประกอบด้วยค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า และค่าแรงต่อหน่วย จากผลการทดลองพบว่า มูลแพะบดมีราคาขายเฉลี่ย 8.33 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ต้นทุนผันแปรเท่ากับ 2.31 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้กำไรส่วนเกินต่อหน่วยเท่ากับ 6.02 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการลงทุนเครื่องจักร 50,000 บาท คำนวณว่าปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 8,304.35 กิโลกรัม ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในการใช้งาน (รอบการบด 1,827 รอบต่อนาที) เครื่องบดสามารถทำงานด้วยกำลังการผลิตเฉลี่ย 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้น ระยะเวลาในการเดินเครื่องจักรจนถึงจุดคุ้มทุนจะเท่ากับประมาณ 51 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์นี้สะท้อนว่าเครื่องบดมูลแพะมีศักยภาพในการคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้น หากมีการเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ทั้งนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน โดยจุดคุ้มทุนที่ต่ำกว่า 10,000 กิโลกรัมถือว่าอยู่ในระดับที่เอื้อต่อการนำไปใช้จริงในระดับชุมชน นอกจากนี้การที่สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาการใช้งานไม่เกิน 51 ชั่วโมง บ่งชี้ว่ามีศักยภาพสูงในการสร้างผลตอบแทนเกินจุดคุ้มทุน ได้อย่างรวดเร็วเมื่อขยายการผลิตต่อเนื่อง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 กำลังการผลิตที่ต้นทุน

รายการ	หน่วย
ต้นทุนคงที่	
ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)	50,000.00
ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย	
ค่าวัตถุดิบต่อหน่วย (บาท/กก.)	2.00
ค่าไฟต่อหน่วย (บาท/กก.)	0.04
ค่าแรงต่อหน่วย (บาท/กก.)	0.27
รวม	2.31
ราคาขายต่อหน่วย (บาท/กก.)	8.33
กำไรส่วนเกินต่อหน่วย (บาท/กก.)	6.02
กำลังการผลิตที่ต้นทุน (กก.)	8,304.35

- * ค่าแรง 44 บาทต่อชั่วโมง คิดจาก 8 ชั่วโมงทำงานต่อวัน จากค่าแรงขั้นต่ำจังหวัดสงขลา 352 บาทต่อวัน ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2568
- * ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.29 บาทต่อหน่วย คิดจากหน่วยการใช้เครื่องจักร 300 หน่วยต่อเดือนจากระบบประมาณการค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2568

สรุปผลและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วในการบดมีผลโดยตรงต่อกำลังการผลิตของเครื่องบดมูลแพะ โดยที่ความเร็วการหมุน 904 1,201 และ 1,827 รอบต่อนาที ให้กำลังการผลิตเฉลี่ย 36.34 ± 0.30 74.74 ± 1.35 และ 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังการผลิต ทั้งนี้ที่ความเร็ว 1,827 รอบต่อนาที กำลังการผลิตสูงสุดเท่ากับ 163.19 ± 23.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงสามารถระบุได้ว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องบดมูลแพะในเชิงประสิทธิภาพการผลิต เมื่อนำมูลแพะที่ผ่านการบดที่ความเร็วสูงสุดเข้าสู่กระบวนการหมักพบว่าคุณภาพของปุ๋ยหมักอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยตัวชี้วัด ได้แก่ อุณหภูมิ กลิ่น สี การเกิดเชื้อสีขาว และค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของกระบวนการหมัก อีกทั้งระยะเวลาในการหมักลดลงเหลือเพียง 11 วัน จากปกติที่ต้องใช้เวลาประมาณ 15 วัน แสดงให้เห็นว่า การบดมูลแพะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ามูลแพะที่ไม่ผ่านการบด ผลการทดสอบในเชิงการใช้ประโยชน์จริงกับพืชยังแสดงว่า ปุ๋ยหมักจากมูลแพะบดสามารถย่อยสลายได้รวดเร็วกว่า ทำให้ดินมีความร่วนซุยและพร้อมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเพิ่มการดูดซับของสารอาหารในดินผ่านการปรับปรุงโครงสร้างวัตถุดิบตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการหมักในด้านการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าจุดคุ้มทุนของการลงทุนเครื่องจักรเกิดขึ้นที่ปริมาณการผลิต 8,304.35 กิโลกรัม หรือคิดเป็นเวลาเดินเครื่องประมาณ 51 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมดังสะท้อนถึงศักยภาพของเครื่องบดในการคืนทุนในระยะสั้น และยังสนับสนุนความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน ทั้งนี้ ข้อจำกัดของเครื่องบดมูลแพะ คือ จำเป็นต้องเดินเครื่องต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าด้านพลังงาน การออกแบบเครื่องบดมูลแพะใช้วัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด ทำให้สะดวกต่อการซ่อมบำรุง และสามารถต่อยอดสู่การประยุกต์ใช้จริงในระดับอุตสาหกรรมได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ สนับสนุนงานวิจัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

References

- Ang Thong Provincial Agriculture and Cooperatives Office. (2020, 10 March). *Making your own composted manure*. https://www.opsmoac.go.th/angthong-local_wisdom-preview-421091791839 (in Thai)
- Ashwini, M.V., Robinson, P., Nithin, P.S. and Seella Charan. (2020). Design of Automatic Organic Waste Shredder for Composting. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(6), 899-902. <https://doi.org/10.35940/ijrte.F7406.038620>
- Awodun, M.A. (2007). Effect of Goat Manure and Urea Fertilizer on Soil, Growth and Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *International Journal of Agricultural Research*, 2(7), 632-636. <https://doi.org/10.3923/ijar.2007.632.636>
- Busari, R., Alabi, K., Adebayo, R. and Dada, J. (2024). Rapid Composting using a Novel Agricultural Waste Shredder. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 9(1), 1-6. <https://doi.org/10.4314/fuoyejt.v9i1.1>
- Cai, R., Cui, X., Cao, X., Jiang, X., Wang, R. and Xu, C. (2023). Crushing Combined with High-Frequency Turning Can Promote Material Degradation of Sheep Manure Compost on the Qinghai-Tibet Plateau by Improving the Microbial Metabolic Function. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(2). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109535>
- Department of Agricultural Extension. (2014, 28 November). *Livestock Career Paths: Small Animal Farming Career Paths*. https://esc.doe.go.th/wp-content/uploads/2018/08/small_animals.pdf
- Department of Livestock Development. (2024, 2 September). *Livestock Population Data in Thailand for the Year 2024*. https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2565/province/T8-1-Goat.pdf (in Thai)
- Duangrikaew, K. and Lijuan, W. (2024). Development of Composted Goat Manure Products for Ban Khok Thale Community Enterprise Khao Samo Khon Subdistrict, Tha Wung District, Lopburi Province. *Journal of Roi Kaensam Academi*, 9(8), 1099-1109. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/272032/181701>
- Kaewmorakot, T., Onthong, J. and Pengnoo, A. (2013). Nutrient Compositions and Release of Shallot Waste, Goat Dung and Bone Meal. *Journal of Yala Rajabhat University*, 8(2), 130-145. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yrh_human/article/view/152006/111023
- Mishra, S.K. and Yadav, K. (2022). Assessment of the Effect of Particle Size and Selected Physico-chemical and Biological Parameters on the Efficiency and Quality of Composting of Garden Waste. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107925>
- Ngamphongsai, A., Khuprasert, S., Ngamphongsai, W., Lorpet, A., Srisai, U. and Khachathong, S. (2009). *Use of Goat Feces as Organic Fertilizer in Chili Production* [Research Report, Prince of Songkla University]. KB PSU Knowledge Bank. <https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/8219> (in Thai)

- Nuengnoi, A., Chuemark, C., Sensupa, P., Lekkamphut, W., Wongkaew, D. and Praneetpolkrang, P. (2022). The Development of Animal Manure Grinder for Ban Sai Nong Fertilizer Product Community Enterprise Group, Tha Mai District, Chanthaburi Province. *The Journal of Industrial Technology Thepsatri Rajabhat University*, 17(1), 59-68. <https://itechjournal.tru.ac.th/ojs/index.php/tru-i-tech/article/view/156/122>
- Osuhor, C.U., Alawa, J.P. and Akpa, G.N. (2002). Research note: Manure Production by Goats Grazing Native Pasture in Nigeria. *Tropical Grasslands*, 36, 123-125. https://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_36_2002/Vol_36_02_02_pp123_125.pdf
- Phangnga Provincial Agriculture and Cooperatives Office. (2023, 23 November). *PD. Microorganisms (Department of Land Development), each type, which type should be used to be beneficial.* https://www.opsmoac.go.th/phangnga-local_wisdom-preview-452891791842 (in Thai)
- Texas A&M AgriLife Extension Service. (2009, February). *Chapter 2, Composting Fundamentals drawing of man with a compost pileRaw material quantity and composition.* Earth-Kind Landscaping. <https://aggie-horticulture.tamu.edu/earthkind/landscape/dont-bag-it/chapter-2-composting-fundamentals/>