

การผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี้แป้งน้ำยางชั้นเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

Production of compost from concentrated latex sludge as a soil amendment

กัตตินาฏ สกกุลสวัสดิพันธ์¹ และ เตือนใจ ปิยัง^{2*}

Kattinat Sagulsawasdipan¹ and Tuanjai Piyang^{2*}

Received: 3 July 2023 ; Revised: 16 October 2023 ; Accepted: 27 November 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมกากชี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว เท่ากับ 3.0:0:0 2.0:0.5:0.5 2.0:1.0:0 และ 2.0: 0:1.0 โดยศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าอินทรีย์วัตถุ ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยหมักกากชี้แป้งโรงงานน้ำยางชั้นใช้ระยะเวลากระบวนการหมักสมบูรณ์เป็น ระยะเวลา 50 วัน มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ย 29.80-38.06 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยความชื้น 78.92 - 81.82 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง 8.34 - 8.48 มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า 3.18 - 6.13 เดซิซีเมนต่อเมตร และมีค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุ 38.51-42.71 สำหรับธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากชี้แป้งและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผลตอบแทนจากการลงทุนพบว่าชุดการทดลองที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด โดยมีค่าธาตุไนโตรเจนร้อยละ 4 มีค่าฟอสฟอรัส (P_2O_5) ร้อยละ 0.95 และมีค่าโพแทสเซียม (K_2O) ร้อยละ 0.39 เมื่อนำปุ๋ยหมักกากชี้แป้งมาประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับ 48.47 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 1,537.60 บาทต่อรอบการผลิต ซึ่งการทำปุ๋ยหมักจากกากชี้แป้งน้ำยางชั้นมีธาตุอาหารที่พืชต้องการต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

คำสำคัญ: กากชี้แป้ง, ปุ๋ยหมัก, วัสดุปรับปรุงดิน

Abstract

This research investigated the production of compost from concentrated latex sludge as a conditioner and studied the properties of the compost in four different experiments using different ratios of composting ingredients: concentrated latex sludge, urea, and cow manure. The different ratios were used were: 3.0:0:0, 2.0:0.5:0.5, 2.0:1.0:0, and 2.0:0:1.0, respectively. All compost formulations were analyzed for their properties, specifically the average of: temperature, moisture content, pH, electrical conductivity, and organic matter. It was shown that a suitable compost fermentation period lasted for 50 days. The properties of the compost derived from concentrated latex sludge included an average temperature range of 29.80-38.06 °C, the percentage of moisture content ranged from 78.92% to 81.82%, pH was between 8.34 - 8.48, electrical conductivity (EC) was 3.18 - 6.13 decisiemens/meter, and quantity of organic matter ranged from 38.51%-42.71%. Among treatments, the compost in the second treatment with the ratio 2.0:0.5:0.5 was found to be the most suitable, showing the greatest economic value and investment return due to its superior N: P: K content which was the highest in the experiment. Specifically, the percentage contents of N, P, K were 4, 0.95%, and 0.39% respectively. In analysis of economical value, the compost yielded a return on investment 48.47% and a net

¹ อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

² หน่วยจัดการงานวิจัยเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

¹ Department of Marine and Environmental Sciences, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang

² Area - Based Collaborative Research, Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang

* Corresponding author: Tuanjai Piyang, E-mail: tuanjai.p@rmutsv.ac.th

profit of 1,537.80 Baht per production cycle. In conclusion, the production of compost from concentrated latex sludge contained primary micronutrients and had potential for promoting plant growth as a soil conditioner.

Keywords: Latex sludge, compost, soil amendment

บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นของไทยอยู่ในอันดับหนึ่งของโลกในแต่ละปีไทยผลิตเพื่อส่งออกสัดส่วน 75.9% ครองส่วนแบ่งตลาดเป็นอันดับ 1 สัดส่วน 70% ของปริมาณการค้าน้ำยางข้นทั่วโลก มีมูลค่าตลาดประมาณ 50,000 ล้านบาท แต่ตลาดส่งออก 50% อยู่ที่มาเลเซีย รองลงมา ตลาดจีน 33.5% และเกาหลีใต้ 1.8% (ประชาชาติธุรกิจ, 2565) โดยน้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กุ้งมือยาง กุ้งยางอนามัยลูกโป่ง หั้วมยาง และเส้นด้ายยาง เป็นต้น (สถาบันพลาสติก, 2559) การผลิตน้ำยางข้นจึงจำเป็นต้องกำจัดแมกนีเซียมออกจากน้ำยางดิบก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยกระบวนการเติมสารเคมีเช่น Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้เกิดการตกตะกอนในอัตราส่วน Mg:DAP เท่ากับ 1:5.5 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2011) จากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมออกจากน้ำยางดิบ ซึ่งมีลักษณะเป็นตะกอนสีขาวปนเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลคล้ำ นอกจากนี้ยังมีสารพวกแป้ง ผุ่นไขมัน โปรตีน สารประกอบไนโตรเจน และมีสิ่งเจือปนอื่น รวมทั้งอนุภาคยางที่จับตัวที่มีอยู่ในน้ำยาง สารเหล่านี้จะตกตะกอนแยกตัวออกมาอยู่ในส่วนของก้นถังพักน้ำยางก่อนการปั่นหรืออยู่ในหม้อเครื่องปั่นระหว่างการปั่นน้ำยางข้น มีรายงานว่าการผลิตน้ำยางข้นแต่ละครั้งจะเกิดของเสียในรูปกากซีเมนต์รวมเฉลี่ยเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่ใช้ในการผลิต หรือประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นที่ผลิตได้ (Wanseng *et al.*, 2017) ส่วนใหญ่จะกำจัดทิ้งไปโดยการนำไปถมที่ถมถนนหรือเผาทิ้งซึ่งเป็นการจัดการของเสียที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังมีส่วนที่เหลือถูกกองทิ้งสะสมอยู่ในพื้นที่โรงงานก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นและเกิดน้ำชะล้างซึ่งมีสารเคมีรวมถึงแอมโมเนียปนเปื้อน

จากการศึกษาพบว่า กากซีเมนต์มีองค์ประกอบของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในกากซีเมนต์จะพบว่ามีประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม และยังมีสังกะสี (Zinc, Zn) โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.06-2.31, 19.4-19.6 (asP_2O_5), 1.5-1.8 (asK_2O), 5.24-5.31, และ 1.01-1.05% น้ำหนักแห้งตามลำดับ (วัลย์พร ผ่อนผัน, 2547) ซึ่งกากซีเมนต์ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน และแอมโมเนียที่รวมกับแมกนีเซียมในรูปตะกอนโลหะไอออนในน้ำยางส่วนโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของธาตุอาหารในดิน (ณิชาภา มินาบูลย์ และคณะ, 2565) การนำกากซีเมนต์จาก

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์จึงเป็นไปได้ เนื่องจากกากซีเมนต์สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยในรูปแบบปุ๋ยน้ำและปุ๋ยเม็ดได้หรืออาจนำไปปรับปรุงต่อเพื่อผลิตเป็นวัสดุอื่น ทั้งนี้การเลือกใช้กากซีเมนต์มาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมนับว่าเป็นการบริหารจัดการด้านมลพิษและสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ 2553) Jutarut *et al.*, (2018) การใช้ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเพื่อหมักด้วยการเติมจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูง และมูลไก่ลงในวัสดุที่หมักในอัตราส่วน 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเป็นตัวกระตุ้นหมักปุ๋ยได้ดี และพบว่าการเจริญเติบโตของผักคะน้าหลังจากใส่ปุ๋ยหมักให้ผลผลิตน้ำหนักรากสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ นภารัตน์ ไวยเจริญ (2566) ผลการนำกากซีเมนต์มาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกหน่อกล้วย พบว่าให้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี เมื่อปลูกในแปลงใหญ่ขึ้นต้นทุนการเตรียมกากซีเมนต์ที่เป็นแผ่นแห้งมูลค่าเพียง 1.3 บาทต่อกิโลกรัมแห่งสรุปได้ว่ามีศักยภาพสูงในการใช้ประโยชน์ของเสียในรูปกากซีเมนต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นปุ๋ยทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกหน่อกล้วยได้โดยไม่ต้องผ่านการหมักปุ๋ยก่อน

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจหาวิธีการนำกากซีเมนต์จากโรงงานน้ำยางข้นมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณลักษณะทางกายภาพธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากซีเมนต์เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร สามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นในการเพิ่มความร่วนให้กับดินลดต้นทุนการผลิต และยังคงปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีก่อให้เกิดและไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นเกษตรที่ยั่งยืนต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. วิเคราะห์สมบัติกากซีเมนต์ทางกายภาพและเคมี

การเก็บตัวอย่างกากซีเมนต์จำนวนสองโรงงานที่ผลิตน้ำยางข้นพื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จากนั้นนำตัวอย่างกากซีเมนต์ไปตากแดดให้แห้งซึ่งใช้เวลา 3-4 วัน จากนั้นนำไปบดกับเครื่องบดละเอียด โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1.00 มิลลิเมตร โดยกากซีเมนต์ที่ผ่านการบดแล้วเก็บไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อเก็บรักษาความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยนำวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ก่อนการทดลอง ได้แก่ ค่าความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด และธาตุ

โพแทสเซียมทั้งหมด และธาตุโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว และ สารหนู

2. ออกแบบอัตราส่วนผสมผลิตปุ๋ยหมักกากชี้แบ่ง

การผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี้แบ่งน้ำยางข้นเพื่อเป็น วัสดุปรับปรุงดิน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design: CRD โดยแบ่งชุดการทดลอง 4 ชุดการ ทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำที่อัตราส่วนผสมกากชี้แบ่ง :

ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 3 : 0 : 0 : 0.5 : 10 รายละเอียดตั้ง (Table 1) การผลิตปุ๋ยหมักขนาด กองปุ๋ยหมักกวงคอนกรีตขนาด 100x35 เซนติเมตร ปุ๋ยหมัก 200 กิโลกรัม ซึ่งในระหว่างการหมักปุ๋ยรดน้ำปริมาณ 60 ลิตร ต่อหนึ่งชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ หรือ 20 ลิตร รดน้ำ ในช่วงเวลา 07.0-08.00 น. ทุก 7 วัน จนกว่าหมักสมบูรณ์ และการกลับกองปุ๋ยหมัก ทุก 15 วัน

Table 1 Mixing ratio production of compost from concentrated latex sludge

Treatment	Mixing ratio (% by weight)				
	Latex sludge	Urea	Cow dung	Molasses	EM
1	3.0	0	0	0.5	1.0
2	2.0	0.5	0.5	0.5	1.0
3	2.0	1.0	0	0.5	1.0
4	2.0	0	1.0	0.5	1.0

3. ศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งระหว่างการหมัก

ศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (temperature) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความชื้น (moisture) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยทำการ ตรวจวัดทุกวัน สำหรับค่าอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ตรวจวัดทุก 15 วัน ซึ่งทำการวิเคราะห์ช่วง 07.0-08.00 น. รายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 ค่าอุณหภูมิ (temperature) การวัดปริมาณ ความร้อน วิเคราะห์โดยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ มีหน่วยวัด อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างวัตถุดิบ โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างวัตถุดิบต่อน้ำ เท่ากับ 3 : 50 ใช้แท่ง แก้วคนตัวอย่างและน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ให้ตกตะกอนและวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ โดยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (AOAC, 2000)

3.3 ค่าความชื้น (Moisture) นำตัวอย่างวัตถุดิบมา ชั่งน้ำหนัก (กรัม) แล้วบันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อน อบจากนั้นนำตัวอย่างวัตถุดิบเข้าตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตามเวลา นำตัวอย่างวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักหลังอบจะคงที่ (AOAC, 2000) วิเคราะห์ โดยวิธี Oven-drying method คำนวณความชื้น ดังนี้

$$\text{ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

3.4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นำตัวอย่างวัตถุดิบ โดยใช้อัตราส่วนผสมโดยใช้ตัวอย่างวัตถุดิบต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 10 คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที แล้วนำไป วัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (กรมวิชาการ เกษตร, 2551)

3.5 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยวิธี Gravimetric Loss on Ignition นำตัวอย่างวัตถุดิบมาอบในเตาเผา ความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา อย่างน้อย 16 ชั่วโมง จากนั้นเผาตัวอย่างวัตถุดิบทั้ง 4 ประเภทที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (AOAC, 2000)

3.6 ศึกษาคุณสมบัติปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการหมัก สมบูรณ์ กรมวิชาการเกษตร (2551) การวิเคราะห์ ดังนี้

1. ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยใช้วิธีเจลดาล์ (Kjeldahl method) เป็นวิธีที่สะดวกและ ให้ออกต้อง วิธีนี้มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการย่อย การกลั่น และการไทเทรต

2. ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P₂O₃) โดยวิธีวานาโดโมลิบเดตใช้กรดเข้มข้นผสม HClO₄ : HNO₃ ในอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตรในการย่อยตัวอย่างปุ๋ยให้อยู่ใน รูปสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับVanadomolybdate Reagent เกิดเป็นสารเชิงซ้อนวานาโดโมลิบโดฟอสเฟต ซึ่งมีสีเหลืองวัดหาปริมาณฟอสเฟตด้วยเครื่องสเปกโทร โฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

Table 2 Properties chemical of compost from concentrated latex sludge

Parameter	Value	Organic Fertilizer Standard of Department of Agriculture (2014)
pH	7.54	5.5-8.5
Moisture (%)	25.53	30
Electrical conductivity (dS/m)	1.25	Not more than 6.00
Total nitrogen (%)	2.22	≥ 1.0
Total phosphorus (%)	21.60	≥ 0.5
Total potassium (%)	2.10	≥ 0.5
C/N Ratio (%)	18.18	≤ 20/1
Total lead (mg/kg)	310.00	≤ 500
Total arsenic (mg/kg)	35.00	≤ 50

3. ธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K₂O) โดยวิธี Flame Photometer Method โดยโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของสารละลายจะถูกความร้อนจากเปลวไฟทำให้เปลี่ยนเป็นอะตอม อะตอมของโพแทสเซียมจะปลดปล่อยพลังงานแสงออกมาเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับจำนวนอะตอมของโพแทสเซียมที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan 's new multiple range test (DMRT) กำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะทางกายภาพและเคมีกากชี้แบ่ง

กากชี้แบ่งที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้น สำหรับทำปุ๋ยหมัก ซึ่งมีค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P₂O₅) และค่าโพแทสเซียม (K₂O) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) และธาตุโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว และ สารหนู เป็นต้น ผลการศึกษารายละเอียดดัง Table 2







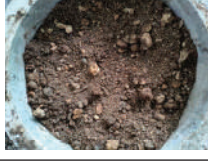








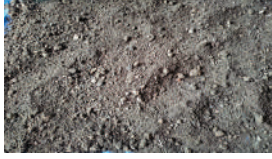
2. สมบัติของปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งระหว่างการหมัก

2.1 ลักษณะทางกายภาพในระหว่างการหมัก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในระหว่างการหมัก 4 ชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสมกากชี้แบ่ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ พบว่าจากการสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยหมักในระหว่างการหมัก ซึ่งสังเกตสี ขนาด และลักษณะของการย่อยสลายในระยะเวลาในการหมักปุ๋ยจนกว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ระยะเวลาการหมักได้ 14 วัน ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ในลักษณะของการย่อยสลาย และขนาดของวัตถุดิบ แต่สีของวัตถุดิบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมสำหรับสัปดาห์ที่ 4 ระยะเวลาการหมักได้ 28 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบเริ่มมีการเปลี่ยนสี และมีการย่อยสลายทำให้ขนาดวัตถุดิบมีขนาดเล็กลง สำหรับในสัปดาห์ที่ 5 ระยะเวลาการหมักได้ 35 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบเริ่มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มการย่อยสลายและเริ่มเปื่อยยุ่ย และสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างวันที่ 42 - 50 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีดำและมีการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์เป็นระยะเวลาหมัก 50 วัน ทุกชุดการทดลอง ผลการศึกษาดัง Table 3

Table 3 Physical changes of compost from concentrated latex sludge

Treatment	Physical changes in compost of compost from concentrated latex sludge			
	1 - 14 day	15 - 28 day	29 - 42 day	Complete decomposition
1				
2				
3				
4				

2.2 ค่าอุณหภูมิ

อุณหภูมิการผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี้แบ่ง น้ำยางชั้นตรวจวัดอุณหภูมิทุกวันตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักจนอุณหภูมิคงที่ แสดงดัง (Figure 1) พบว่าอัตราส่วนผสมกากชี้แบ่ง : ยูเรีย : มูลวัว ทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี้แบ่งระยะเวลาการหมักเป็นระยะเวลา 50 วัน อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำปุ๋ยหมักเนื่องจากช่วยเร่งกระบวนการทำปุ๋ยหมักและสามารถบอกถึงอัตราการย่อยสลาย (Hafeez et al., 2018) จุลินทรีย์ที่ปรากฏในระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักจะเป็นจุลินทรีย์มีโซไฟล์ (mesophile) จุลินทรีย์ที่เติบโตที่อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส (Chennaou et al., 2018) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในกองหมักเป็นผลของความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิในแต่ละชุดการทดลองมีอุณหภูมิก่อนข้างต่ำและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแต่ละชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 4 เท่ากับ 37.01 ± 4.08 และ 38.06 ± 7.75 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$ แต่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่างกันแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เท่ากับ 30.82 ± 1.37 และ 29.80 ± 1.34 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการศึกษา ดัง (Table 4) ค่าอุณหภูมิตั้งแต่ชุดการหมักปุ๋ยหมัก กากชี้แบ่ง ช่วงแรกชุดการทดลองที่ 1-3 อุณหภูมิจะต่ำและจะเพิ่มขึ้น และชุดการทดลองที่ 4 อุณหภูมิในช่วงแรกขึ้น ลง และอุณหภูมิลดลงและคงที่จนผ่านการหมักสมบูรณ์ ซึ่งค่าอุณหภูมิตั้งแต่ชุดการหมักปุ๋ยหมัก กากชี้แบ่ง ช่วงแรกจะต่ำและจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ยิ่งการเผาผลาญอาหารของจุลินทรีย์มากขึ้นเจริญเติบโตมากขึ้น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในกองหมักเป็นผลของความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์สอดคล้องกับการศึกษาของเสาวนีย์ ก่อวุฒิกุล รังสี และคณะ (2553) อุณหภูมิภายในระบบหมักปุ๋ยก็จะสูงขึ้น อุณหภูมิที่พบเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักอยู่ในช่วง 28.83 - 52.33 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิที่พบสูงสุดในการทดลองนี้ไม่เข้าช่วง Thermoplic Phase ซึ่งอุณหภูมิเท่ากับ 45 - 60 องศาเซลเซียส ในกองปุ๋ยความชื้นค่อนข้างสูง เนื่องจากวัสดุหมักมีปริมาณความชื้นสูงเช่นเดียวกับผลการวิจัย

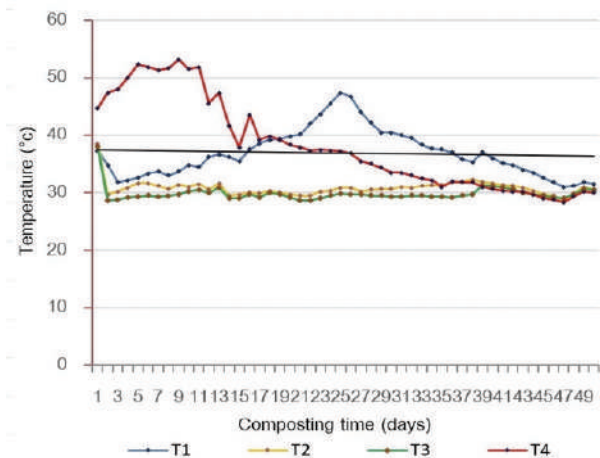


Figure 1 Changes in temperature in all experiments during the composting process.

2.3 ค่าความชื้น

ความชื้นการผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี้แบ่ง นำมาขึ้นตรวจวัดความชื้นทุกวันตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมัก แสดงดัง (Figure 2) ค่าความชื้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งน้ำจะถูกใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสีย ผลการทดลองพบว่า 4 ชุดการทดลองมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31.65 - 38.92 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการหมัก 50 วัน มีค่าความชื้นเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 เท่ากับ 31.63 ± 1.67 31.82 ± 2.05 และ 31.79 ± 1.80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความชื้นไม่เกินผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กำหนดให้ค่าความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2557) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P < 0.05 แตกต่างชุดการทดลองที่ 1 ที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 38.92 ± 2.04 มากที่สุด เนื่องจากวัตถุดิบในการหมักหลักเป็นกากชี้แบ่งเพียงอย่างเดียว มีขนาดใหญ่ และกักเก็บความชื้นได้ดี ผลการศึกษาดัง (Table 5)

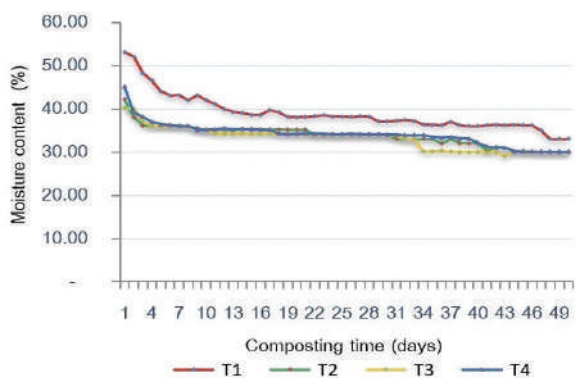


Figure 2 Changes in moisture content in all the experiments during the composting process

Table 4 Average temperature of compost from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea : cow manure	Average temperature
	(°C)
1 (3.0 : 0 : 0)	37.01 ± 4.08 ^b
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	30.82 ± 1.37 ^a
3 (2.0 : 1 : 0)	29.80 ± 1.34 ^a
4 (2.0 : 0 : 1)	38.06 ± 7.75 ^b

Note. a, b The difference is statistically significant at the level of P < 0.05

ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักในช่วง 7 วันแรก พบว่ามีค่าความชื้นมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มค่าความชื้นเริ่มลดลงทุกชุดการทดลอง เนื่องมาจากในช่วงแรกตัววัตถุดิบยังมีความชื้นอยู่ และขนาดของวัตถุดิบที่มีความหยาบ และขนาดใหญ่มีความสามารถเก็บความชื้นได้ดีส่งผลให้มีค่าความชื้นสูงในช่วงแรก ซึ่งการควบคุมความชื้นให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้เกิดการย่อยสลายที่สูงที่สุด (นภารัตน์ ไวยเจริญ, 2554) ซึ่งถ้าหากความชื้นมากเกินไปปุ๋ยหมักจะถูกอัดแน่นและลดปริมาณช่องว่างของอากาศภายในกองปุ๋ยทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนได้ (ศิรินทรา วันดี, 2552) แต่หากความชื้นน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายตายและการหมักปุ๋ยล้มเหลว (ประไพพรรณ จันทร์ทิพย์, 2559) จากการศึกษาของรเชศ ศรีสถิต (2553) การลดความชื้นในถึงหมักปุ๋ยสามารถทำได้โดยการพลิกกลับกองปุ๋ยให้เกิดการกระจายความชื้นออกไป ซึ่งเป็นวิธีแก้ไขปัญหาคความชื้นสูงในกองปุ๋ย

Table 5 Average moisture of compost latex sludge from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea : cow manure	Average moisture (%)	Organic Fertilizer Standard
1 (3.0 : 0 : 0)	38.92 ± 2.04 ^b	Not more than 35 %
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	31.65 ± 1.67 ^a	
3 (2.0 : 1 : 0)	31.82 ± 2.05 ^a	
4 (2.0 : 0 : 1)	31.79 ± 1.80 ^a	

Note. a, b The difference is statistically significant at the level of P < 0.05

2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าการนำไฟฟ้าการผลิตปุ๋ยหมักจากกากซีแบ็ง น้ำยางข้นตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าทุกวันแสดงดัง (Figure 3) พบว่าการผลิตปุ๋ยหมักกากซีแบ็งทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดระยะเวลาการทดลอง อยู่ในช่วงที่ 8.34-8.48 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2557) โดยกำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.50 - 8.50 ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ชุดการทดลองที่ 1 และ 4 มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 8.34 ± 0.54 และ 8.38 ± 0.61 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 8.48 ± 0.41 และ 8.48 ± 0.54 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$ ผลการศึกษาดัง (Table 6) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักกากซีแบ็ง

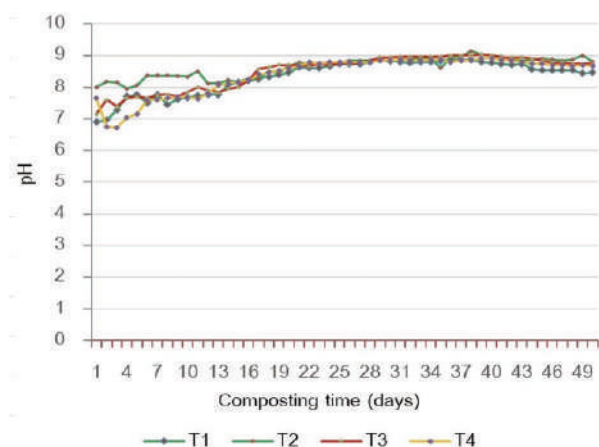


Figure 3 Changes in electrical conductivities (EC) in all experiments during the composting process

2.5 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าการผลิตปุ๋ยหมักจากกากซีแบ็งตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าทุกวันแสดงดัง (Figure 4) พบว่าค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าทั้ง 4 ชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการหมักมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วงที่ 3.18-5.85 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์โดยกำหนดให้มีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2557) ซึ่งในการผลิตปุ๋ยจากกากซีแบ็งใช้ระยะเวลาการหมัก 50 วัน ผลการศึกษาดัง (Table 7) พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 4 มีค่าเฉลี่ย

จากการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยช่วงเริ่มต้นของกระบวนการหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักจะเพิ่มสูงเรื่อย ๆ และเมื่อผ่านกระบวนการหมักใกล้หมักสมบูรณ์จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงและคงที่ Huang *et al.* (2004) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกองปุ๋ยเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ได้ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งจากการทดลองค่าความเป็นกรด-ด่างในกองปุ๋ยหมักภายหลังกักหมักสมบูรณ์แล้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่ pH อยู่ 8.00-8.48 เป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างในปุ๋ยหมัก ซึ่งค่ากรด-ด่าง (pH) ของวัสดุที่ทำปุ๋ยหมักจะส่งผลต่ออัตราการทำปุ๋ยหมักมีรายงานว่าการกรด-ด่าง (pH) มีสภาพเป็นกรดในการทำปุ๋ยหมักที่ดี (Ameen *et.al.*, 2016)

Table 6 Average (pH) of compost latex sludge from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea :	Average (pH)	Organic Fertilizer Standard
1 (3.0 : 0 : 0)	8.34 ± 0.54^a	5.5 - 8.5
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	8.48 ± 0.41^b	
3 (2.0 : 1 : 0)	8.48 ± 0.54^b	
4 (2.0 : 0 : 1)	8.38 ± 0.61^a	

Note. a, b The difference is statistically significant at the level of $P < 0.05$

การนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 3.18 ± 0.66 และ 3.41 ± 0.34 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$ แต่สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 5.85 ± 1.06 และ 5.24 ± 1.19 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$ จากชุดการทดลองดังกล่าวค่าการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราส่วนผสมปุ๋ยยูเรียและมูลวัวเช่นเดียวกับการศึกษาของวิจิตรานามจิต (2563) ค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุดิบมูลวัวเท่ากับ 5.98 เดซิซีเมนต่อเมตร

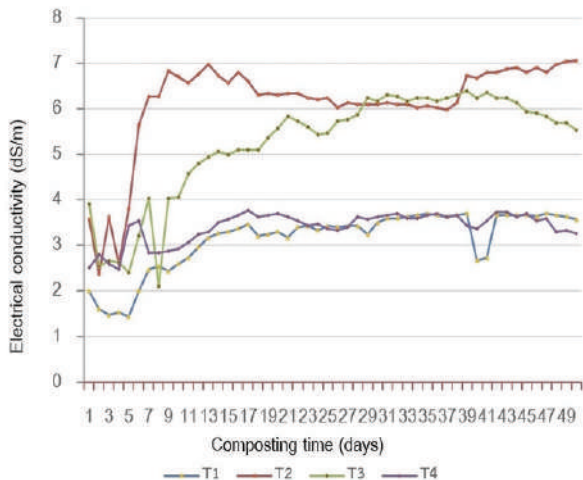


Figure 4 Changes in electrical conductivities (EC) in all experiments during the composting process

2.6 ค่าอินทรีย์วัตถุ (organic matter)

อินทรีย์วัตถุการผลิตปุ๋ยหมักจากกากชี่แป็งตรวจวัดค่าอินทรีย์วัตถุทุก 15 วัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักพบว่าค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุทั้ง 4 ชุดการทดลองอยู่ในช่วงที่ 38.51 - 42.71 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2557) พบว่าค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุ ชุดการทดลองที่ 1 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 38.86±4.18 39.78±8.02 และ 38.51±8.03 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P < 0.05 ซึ่งแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 ที่มีค่าอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 42.71±6.62 ซึ่งมีปริมาณความชื้นมากที่สุดเนื่องจากอัตราส่วนผสมประกอบด้วยกากชี่แป็ง ปุ๋ยยูเรีย และมูลวัว ซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้ดีจึงส่งผลให้มีความชื้นมากที่สุดผลการศึกษาดัง (Table 8) เนื่องจากชุดการทดลองที่ 2 มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโตของพืชผลิตจากวัสดุอินทรีย์ของเสียจากกากชี่แป็ง มูลวัว จากการทดลองปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีแนวโน้มลดลงซึ่งในช่วงเริ่มต้น

Table 7 Average electrical conductivity of compost latex sludge from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea : cow manure	Average electrical conductivity (dS/m)	Organic Fertilizer Standard
1 (3.0 : 0 : 0)	3.18±0.66 ^a	Not more than 6 dS/m
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	5.85±1.06 ^b	
3 (2.0 : 1 : 0)	5.24±1.19 ^b	
4 (2.0 : 0 : 1)	3.41±0.34 ^a	

Note. a, b The difference is statistically significant at the level of P < 0.05

ของการหมัก พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ใน 10 วันแรก 38.50 - 53.16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 40.55±1.20 52.45±2.22 52.35±3.10 และ 52.05±4.23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และจะมีแนวโน้มปริมาณอินทรีย์ลดลงตามระยะเวลาการหมักโดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าคงที่หรือมีเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักที่ 50 วัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงอยู่ในช่วง 35.20-40.55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักที่ 50 วัน โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุที่หายไปจะอยู่ในแหล่งอาหาร และพลังงานให้กับจุลินทรีย์ การลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นผลมาจากการที่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในวัสดุถูกย่อยสลายและนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยจุลินทรีย์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นเมื่ออินทรีย์คาร์บอนลดลงปริมาณของอินทรีย์วัตถุจะลดลงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Garcia et al., (2003) ที่ทำให้การทดลองเกี่ยวกับการใช้ตะกอนที่ได้จากการบำบัดผลมะกอกผสมไบโอมะกอก พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง

Table 8 Average organic matter of compost from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea : cow manure	Average organic matter	Organic Fertilizer Standard
1 (3.0 : 0 : 0)	38.86±4.18 ^a	Not lower than 30 (% by weight)
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	42.71±6.62 ^b	
3 (2.0 : 1 : 0)	39.78±8.02 ^a	
4 (2.0 : 0 : 1)	38.51±8.03 ^a	

Note. a, b The difference is statistically significant at the level of P < 0.05

2.7 ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์

ปริมาณธาตุอาหารหลักการผลิตปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์เป็นระยะเวลา 50 วัน ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าธาตุอาหารหลักชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด ซึ่งมีค่าธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 4.00 ธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 0.39 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเท่ากับ 5.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 1 ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเท่ากับ 5.30, 4.51 และ 4.17ตามลำดับ ผลการศึกษาตั้ง (Table 9) จากการทดลองชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุไนโตรเจนมากที่สุดเนื่องจากอัตราส่วนผสมในการหมักปุ๋ยประกอบด้วยมูลวัวซึ่งมีส่วนผสมของธาตุไนโตรเจนเช่นเดียวกับการรายงานของ Astarı et al., มูลวัวมีปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และผสมรวมด้วยกับปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ซึ่งมีปริมาณธาตุไนโตรเจน จึงส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในการหมักปุ๋ยสูงที่สุด สำหรับชุดการทดลองที่ 4 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุด และ ชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียม

ต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากมาจากอัตราส่วนผสมในการหมักจะส่งผลต่อธาตุอาหารหลัง ซึ่งปริมาณธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหรือเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยปรับสภาพดินมีค่ากรด - เบสเป็นกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวิทยาลัยพร ผ่อนผัน (2547) ได้ทำการศึกษานำกากชี้แบ่งและกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินในการปลูกพืช พิจารณาจากการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพืชซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในการเติบโต และผลผลิตที่ได้จากพืชมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งโรงงานน้ำยางชั้นร่วมกับมูลวัวมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษกับพืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินในการปลูกพืชได้ เช่นเดียวกับผลการวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปัญญา รัตน์ฑู (2565) ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเป็นปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าทำให้ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและอยู่ในระดับเดียวกันและสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

Table 9 Properties of primary macronutrients of compost from concentrated latex sludge

Treatment Latex sludge : urea : cow manure	Primary macronutrients (%)		
	Nitrogen (N)	Phosphorus (P ₂ O ₅)	Potassium (K ₂ O)
1 (3.0 : 0 : 0)	3.00	0.93	0.24
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	4.00	0.95	0.39
3 (2.0 : 1 : 0)	3.80	0.96	0.54
4 (2.0 : 0 : 1)	3.20	0.91	0.40

2.8 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตปุ๋ยหมักกากชี้แบ่ง พบว่าปุ๋ยหมักกากชี้แบ่งชุดการทดลองที่ 2 ที่อัตราส่วนผสมกากชี้แบ่ง : ยูเรีย : มูลวัว : เท่ากับ 2.00 : 0.50 : 0.5 : มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด มีกำไรสุทธิเฉลี่ยเท่ากับ 1,537.60 บาทต่อรอบการผลิต และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 1,742.60 บาทต่อรอบการผลิต โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 48.47 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนรวมในการผลิตปุ๋ยหมักเท่ากับ 3,172.40 บาทต่อรอบ

การผลิต แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ไม่เป็นเงินสด เท่ากับ 205.00 บาทต่อรอบการผลิต โดยพบว่าเป็นค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.00 ด้านต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับ 2,967.40 บาทต่อรอบการผลิต ซึ่งพบว่าต้นทุนผันแปรที่สำคัญ ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 50.55 ค่าวัสดุทางการเกษตร (จอบ พลั่ว กากน้ำตาล) ร้อยละ 23.59 และค่าแรงงาน (เตรียม ดูแลจัดการระหว่างการหมัก) คิดเป็นร้อยละ 23.59 ตามลำดับ ซึ่งวิเคราะห์จากการผลิตปุ๋ยหมักกากชี้แบ่ง 1,000 กิโลกรัม ผลการศึกษาตั้ง (Table 10)

Table 10 Cost and benefit analysis of produce of compost latex sludge from concentrated latex sludge

Item	Value in cash (Baht)	Non-cash value (Baht)	Percentage
1. Fixed cost			
1.1 Depreciation of tools and equipment		80.00	39.00
1.2 Opportunity cost for land use		50.00	24.40
1.3 Opportunity cost		75.00	36.60
Total fixed costs		205.00	100.00
2. Variable Costs			
2.1 Cement fermentation pond	200		6.74
2.2 Cost of materials (Spade, Shovels, Molasses, Urea)	700.00		23.59
2.3 Electricity charge	2.40		0.08
2.4 Cow manure	50.00		1.68
2.5 Cost effective microorganisms	150.00		5.05
2.6 Water charges	50.00		1.68
2.7 Fuel gas cost (Baht/production cycle)	1,500		50.55
Total variable cost	2,967.40	205.00	100.0
Total cost	3,172.40		
Total cash cost	2,967.40		
Total revenue (Baht/production cycle)	4,710.00		
Net profit	1,537.60		
Profit is above cash costs	1,742.60		
Return on investment (ROI) (%)	48.47		

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แบ่งโรงงานน้ำยางชั้นพบว่าชุดการทดลองที่ 2 ที่อัตราส่วนผสมกากขี้แบ่ง : ยูเรีย : มูลวัว เท่ากับ 2.0 : 0.5 : 0.5 เป็นชุดการทดลองที่มีความเหมาะสมที่สุดใช้ระยะเวลาการหมักที่ 50 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.80-38.06 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยความชื้นอยู่ระหว่าง 78.92 - 81.82 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 8.34 - 8.48 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วงที่ 3.18 - 6.13 เดซิซีเมนต่อเมตร มีค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) 38.51 - 42.71 และมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุดมีค่าธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับ 950.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 395.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเท่ากับ 5,345.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แบ่งมีกำไรสุทธิเฉลี่ยเท่ากับ 1,537.60 บาท/ต่อรอบการผลิต และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 1,742.60 บาทต่อรอบการผลิตมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 48.47

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2548). *วิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. <http://lib.doa.go.th/multim/e-book/EB00061.pdf>. (10 กันยายน 2566)
- กรมวิชาการเกษตร. (2557). *ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์*. <https://doi.nrct.go.th>.
- ณัฐพล ศรีเมือง. (2553). *การเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาในการหมักปุ๋ยผักตบชวา* [วิทยาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- ณิชาภา มินาบูลย์ ประพัฒน์ สีใส และ อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด. (2565). การพัฒนาชั้นรองพื้นทางบดอัดจากกากขี้เียงยางผสมซีเมนต์และกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์*, 4(2), 53-64.
- ชเรศ ศรีสถิต. (2553). *วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภารัตน์ ไวยเจริญ. (2554). *การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นภารัตน์ ไวยเจริญ สมทิพย์ ด่านธีรวิชัย. (2566). การใช้ประโยชน์จากกากขี้เียงจากโรงงานน้ำยางข้นเพื่อผลิตปุ๋ยสำหรับในการปลูกหญ้าฉนวนน้อย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 4(2), 53-64.
- บัญชา รัตน์หนู. (2565). ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์ ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า. *วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)*, 463-467.
- ประชาชาติธุรกิจ. (2564). *ไทยแชมป์โลกผลิตน้ำยางจ่อตั้งตลาดล่วงหน้า กำหนดราคา*. <https://www.prachachat.net/>. (10 กันยายน 2566)
- ประไพพรรณ จันทร์ทิพย์. (2559). *การทำปุ๋ยหมักผักตบชวา ร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นและกากตะกอนจากโรงงานยางแท่ง STR 20*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ภิรมย์ขวัญ ชิดวงศ์ เกริกชัย ธนรักษ์ และ อรวรรณศิริรัตน์พิริยะ. (2557). ผลของการใช้กากขี้เียงเป็นแหล่งแมกนีเซียมเพื่อการเติบโตของปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลหลัก. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 14* (น. 776-782). วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วลัยพร ผ่องผั่น. (2547). การใช้ประโยชน์กากขี้เียงจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปแบบบำรุงดิน. *วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 31(2), 53-70.
- วิจิตรา นามจิตร. (2563). *การปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบประสิทธิภาพของ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลิโอเนาร์ไตต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน* [วิทยาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา]. มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ศรินทรา วันดี. (2552). *การศึกษาการนำของเสียโรงงานผลิตยางแท่ง (STR20) มาหมักปุ๋ย*. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี ยุพดี ชัยสุขสันต์ สมพร ประเสริฐส่งสกุล และสระเราะ นิยมเดชา. (2553). *การแปรสภาพกากขี้เียงจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและการใช้ประโยชน์*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สถาบันพลาสติก. (2559). *รายงานการศึกษาเชิงลึกเรื่องความเป็นผู้นำในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้นของไทย*. <https://rubber.oie.go.th/ArticleCategory.aspx?acid=3016>.
- Ameen, A., Ahmad, J., & Raza, S. (2016). Effect of pH and moisture content on composting of Municipal solid waste. *Int. J. Sci. Res. Publ.* 2016, 6, 35-37.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis*. 17th. AOAC International.
- Astari D. H., & Ratnaningsih, D. I. (2020). Bioconversion of cow dung and aassava peels with the vermicomposting method. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(1), 2277-8616.
- Chennaou, M., Salama, Y., Aouinty, B., Mountadar, M. & Assobhei, O. (2018). Evolution of bacterial and fungal flora during In-Vessel composting of organic household waste under air pressure. *Journal of Mater Environmental Science*, 9, 680-68
- Garciaa, M., Raesb, D., & Jacobsen, S. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the bolivian highlands. *Agricultural Water Management*, 60(2003), 119-134.
- Hafeez, M., Gupta, P., Gupta, Y.P. (2018). Rapid composting of different wastes with yash activator plus. *International Journal of Life Science Research*. 2018, 4, 1670-1674.
- Huang, G.F., Wong, J.W.C., Wu, Q.T. & Nagar, B.B. (2004). Effect of CN on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24, 805-813.
- lewittayakorn, J., Chungsiriporn, J., & Rakmak, N. (2018). Utilization of waste from concentrated rubber latex industry for composting with addition of natural activators. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40(1), 114-120.
- Wanseng, W., Danteravanich, S., & Chevakiagarn, P. 2017, Investigation of excess sludge generated from activated sludge treatment plant of concentrated latex factories: An investigative case study in Southern Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 15(2), 51-61.