ผลของอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียและเส้นใยปาล์มที่มีต่อคุณภาพปุ๋ยหมัก

EFFECT OF WASTE ACTIVATED SLUDGE AND PALM FIBER RATIO ON QUALITY OF COMPOST

พลากร บุญใส[1] บุญญา ชาญนอก[2] และสุชีวรรณ ยอยรู้รอบ[3]*

Palakorn Boonsai[1], Boonya Charnnok[2] and Sucheewan Yoyrurob[3]*

บทคัดย่อ

กากตะกอนน้ำเสียจัดเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีปริมาณธาตุอาหารและสารอินทรีย์สูง การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 6 อัตราส่วน ได้แก่ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ระยะเวลาหมัก 60 วัน ผลการวิจัยพบว่า ปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ส่วนสมบัติทางเคมี พบแคดเมียมอยู่ในช่วง 4.6-8.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนด ปริมาณแคดเมียมที่พบในปุ๋ยหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากตะกอนน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น อัตราส่วน 70:30 มีดัชนีการงอกของเมล็ดสูงที่สุด (ร้อยละ 83.1$\pm$8.5) ซึ่งแตกต่างจากอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า อัตราส่วนปุ๋ยหมัก 70:30 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียและเส้นใยปาล์มตามมาตรฐานดัชนีการงอกของเมล็ด อย่างไรก็ตาม ปริมาณแคดเมียมที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงวิธีการหมัก โดยการใช้สัดส่วนกากตะกอนน้ำเสียน้อยกว่าร้อยละ 50 การปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนน้ำเสียเพื่อลดแคดเมียมก่อนการหมักเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง และแนะนำให้เพิ่มชนิดวัสดุที่ใช้ในการหมักร่วม นอกจากนี้ควรศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักดังกล่าวกับพืชในระยะยาว เพื่อศึกษาผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อม ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์จริง

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก กากตะกอนน้ำเสีย เส้นใยปาล์ม

[1]คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

[1]Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Papayom District, Phatthalung Province 93210

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[2]Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla Province 90110

[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[3]Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Muang District, Songkhla Province 90000

*corresponding author e-mail: sucheewan.yo@skru.ac.th

Received: 9 January 2024; Revised: 20 March 2024; Accepted: 24 March 2024

DOI: https://doi.org/10.14456/lsej.2024.8

Abstract

Waste activated sludge (WAS) and palm fibers are classified as industrial waste with a high amount of nutrients and organic matter. This research is investigated the effect of 6 ratios of WAS to palm fiber at 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50 by weight for 60 days. The results showed that all ratios of compost had physical properties in accordance with the standard for organic fertilizer of the Department of Agriculture. While the chemical properties, the cadmium content was found to be in the range of 4.6 to 8.3 mg/kg, which exceeds the standards and tends to increase as the proportion of WAS increases. The 70:30 ratio achieved the highest germination index (83.10%), which differed significantly from the other ratios. In conclusion, a compost ratio 70:30 is deemed most suitable for producing compost from WAS and palm fiber, meeting germination index standards. However, the slightly elevated cadmium content indicates the need for improved fermentation methods, possibly by using the proportion of WAS less than 50 %, sludge pretreatment to reduce cadmium before fermentation is a consideration and it is recommended to increase the type of materials used in co-fermentation. In addition, the long-term use of this compost on plants should be studied regarding its effects on the food chain and the environment.

Keywords: compost, waste activated sludge, palm fiber

บทนำ

กากตะกอนน้ำเสีย (Waste activated sludge: WAS) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเป็นของเสียที่จำเป็นต้องกำจัดด้วยงบประมาณร้อยละ 20-50 ของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียทั้งหมด (Rodyoy, 2011) เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยกากตะกอนน้ำเสียเหล่านี้จัดเป็นของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ของเสียอันตราย ปัจจุบันการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การฝังกลบ (Landfill) มีค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเทียบกับวิธีการจัดการอื่น ๆ แต่ต้องการพื้นที่ฝังกลบขนาดใหญ่ การเผา ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ วิธีการกำจัดตะกอนอีกอย่างที่ได้รับความนิยม คือ การผลิตปุ๋ยหมัก (Sirianuntapiboon, 2009) จากการศึกษาของ Namkorn et al. (2015) พบว่า กากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศมีสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อพืชในปริมาณสูง เช่น ไนโตรเจน ร้อยละ 3.14 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.83 และโพแทสเซียม ร้อยละ 0.02 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร แต่ปัจจุบันยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ต้องศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้ และโลหะหนักอีกด้วย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในภาคใต้ พื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 6.4 ล้านไร่ (Office of Agricultural Economics, 2024) อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มมีของเสียที่เกิดขึ้นหลายส่วน ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า ร้อยละ 20-30 เส้นใยปาล์ม ร้อยละ 12-13 และกะลาปาล์ม ร้อยละ 6-7 (Lorestani, 2006) แม้ว่าเส้นใยปาล์มส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำของโรงงาน แต่อาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากเกิดเป็นเถ้าขนาดเล็ก นอกจากนี้ เส้นใยปาล์มมีปริมาณโพแทสเซียมสูงถึง ร้อยละ 0.5 (Jungniyom, 2008) โพแทสเซียมมีจุดเดือดต่ำ ขณะเผาไหม้จะกลายเป็นไอและเกิดการควบแน่นจับตัวเป็นตะกรันตกค้างในระบบเผาไหม้ จำเป็นต้องหยุดเดินระบบเผาไหม้ เพื่อซ่อมบำรุงบ่อย ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกพืช จึงจำเป็นต้องเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินเพื่อให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างยั่งยืน ในขณะที่ปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้แนวทางในการปรับปรุงบำรุงดินของเกษตรกรเปลี่ยนทิศทางไปสู่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้น ปุ๋ยหมักจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ที่เป็นชีวมวลกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากจากภาคอุตสาหกรรม และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้ง เพื่อให้เกิดเศรษฐกิจ BCG ที่เกิดการกระจายรายได้ลงสู่ชุมชน และมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนกากตะกอนน้ำเสียและเส้นใยปาล์มที่มีผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมัก รวมทั้งประเมินปริมาณระดับโลหะหนักที่เป็นพิษในปุ๋ยหมัก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัสดุวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เส้นใยปาล์มที่ผ่านการหีบน้ำมัน จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดสตูล ผึ่งแดด 48 ชั่วโมง และกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งของโรงงานผลิตอาหารสัตว์ในภาคใต้ ที่ผ่านการรีดน้ำออกจากตะกอนด้วย Belt press ผึ่งลม 96 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยปาล์มและกากตะกอนน้ำเสียมาอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้งสนิท และมีน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด (Total solids: TS) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile solids: VS) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจน

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกากตะกอนน้ำเสียและเส้นใยปาล์มในการทำปุ๋ยหมัก

ดำเนินการผลิตปุ๋ยหมักตามสูตรของกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture, 2005) ที่อัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์มโดยน้ำหนักแห้ง จำนวน 6 อัตราส่วน ได้แก่ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 และดำเนินการศึกษา 3 ซ้ำ/สภาวะ

การหมักปุ๋ยหมักในแต่ละอัตราส่วนทำในตะกร้าพลาสติกทรงกระบอก ที่มีช่องระบายอากาศโดยรอบ ขนาดความจุ 10 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 18.5 เซนติเมตร สูง 42.5 เซนติเมตร และมีฝาปิดด้านบน ภายในบุด้วยตาข่ายไนลอนเพื่อป้องกันแมลง ใส่วัสดุหมักที่ผสมตามอัตราส่วนดังกล่าว ปริมาณ

10 กิโลกรัม (แห้ง) พรมน้ำในช่วง 10 วันแรก แบบวันเว้นวัน เพื่อให้ความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 และทำการพลิกกลับปุ๋ยหมักวันเว้นวัน เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมัก ทำการหมักเป็นเวลา 60 วัน

การศึกษาลักษณะปุ๋ยหมักและทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด

การศึกษาลักษณะทางกายภาพ ดำเนินการวัดอุณหภูมิปุ๋ยหมักทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมัก โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างรอบกองไม่น้อยกว่า 10 จุด ปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณกองปุ๋ยหมัก นำมากองคลุกเคล้าผสมให้เข้ากัน แบ่งกองเป็น 4 ส่วน นำส่วนตรงข้ามมารวมกันแล้วแบ่ง 4 ส่วนอีก จนได้ตัวอย่างปุ๋ยหมัก 200 กรัม จากนั้นวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน (Land Development Department, 2010) ได้แก่ ความชื้น วิเคราะห์ด้วยวิธี Oven drying 105°C ค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FiveGo และค่า pH โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FiveGo วิเคราะห์ทั้ง 3 พารามิเตอร์แบบวันเว้นวัน

สำหรับอินทรีย์คาร์บอน และอินทรียวัตถุ วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley-Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยวิธี Kjeldahl และหาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทุกสัปดาห์ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยวิธี Vanado-molybdate ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และโลหะหนัก (สารหนู แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอท) วิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดการหมัก โดยใช้ Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

ทดสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ด้วยการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index: GI) โดยการนำเมล็ดผักกวางตุ้งที่มีอัตราการงอกร้อยละ 100 มาเพาะในน้ำสกัดจากปุ๋ยหมัก (ปุ๋ยหมัก 3 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42) เพาะเมล็ดกวางตุ้งบนจานเพาะเชื้อ 10 เมล็ด ใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมัก 5 มิลลิลิตร เพาะเมล็ดที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม นับเมล็ดที่งอกและวัดความยาวของราก (Land Development Department, 2010) นำมาคำนวณค่าการงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด (Relative seed germination: RSG) ค่าความยาวรากสัมพันธ์ (Relative root growth: RRG) และดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination index: GI) (Walter et al., 2006) ดังนี้

$$\text{RSG (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดน้ำสกัดปุ๋ยหมัก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดควบคุม (น้ำกลั่น)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\text{RRG (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของรากในชุดน้ำสกัดปุ๋ยหมัก} \times 100}{\text{ความยาวเฉลี่ยของรากในชุดควบคุม (น้ำกลั่น)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\text{GI (ร้อยละ)} = \frac{\text{RSG (ร้อยละ)} \times \text{RRG (ร้อยละ)}}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากศึกษาด้วยโปรแกรม SPSS Version 28 (License code: 473342a6dc5274087c98) เทคนิค One-Way ANOVA Post-hoc analysis แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

สมบัติของวัสดุในการหมัก

จากการวิเคราะห์สมบัติของวัสดุในการหมัก พบว่า กากตะกอนน้ำเสียมีความชื้นและปริมาณไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 89.3±0.1 และ 2.6±0.0 ตามลำดับ ในขณะที่เส้นใยปาล์มมีความชื้นและปริมาณไนโตรเจนเพียงร้อยละ 15.1±0.2 และ 0.4±0.0 ตามลำดับ แต่เส้นใยปาล์มมีของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้ สูงถึงร้อยละ 85.0±0.2 และ 93.7±1.5 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 (Table 1) จะเห็นได้ว่ากากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนสูงเพียงพอต่อความต้องการของพืช และเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งจะให้ธาตุไนโตรเจนแก่จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ในขณะที่เส้นใยปาล์มมีอินทรียสารในปริมาณสูงเป็นแหล่งอาหารแก่จุลินทรีย์ ซึ่งมีสมบัติเหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย พบว่า ปริมาณโลหะหนักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 (Ministry of Industry, 2005) บ่งชี้ว่ากากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่จัดเป็นของเสียอันตราย ดังแสดงในตารางที่ 2 (Table 2) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงใช้วัสดุในการหมักทั้งสองชนิดในการทำปุ๋ยหมัก เพื่อให้ปุ๋ยหมักมีสมบัติที่เหมาะสมมากขึ้น

Table 1 Properties of materials in composting

Parameter	waste activated sludge	**Palm fiber**
Moisture content (%)	89.3±0.1	15.1±0.2
Total solids (%)	10.7±0.1	85.0±0.2
Volatile solids (% dw)	77.2±0.2	93.7±1.5
Total nitrogen (% dw)	2.6±0.0	0.4±0.0

Table 2 Heavy metals content in waste activated sludge

Characteristics	**Heavy metals (mg/L)**					
	Hg	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**As**
Waste activated sludge	ND	0.005	0.016	0.124	ND	0.176
STLC	0.2	1.0	5.0	25.0	5.0	5.0

Remark ND: not detect; STLC is Soluble Threshold Limit Concentration

ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

เส้นใยปาล์มเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่มีส่วนของลิกนินเป็นองค์ประกอบ จึงเป็นอุปสรรคในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ เมื่อดำเนินการหมักปุ๋ยเสร็จสิ้นปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของเส้นใยปาล์มยังคงเห็นลักษณะของเส้นใยปาล์มที่ยังย่อยสลายไม่หมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 50:50 และอัตราส่วน 60:40 ที่มีส่วนของเส้นใยปาล์มที่ยังย่อยสลายไม่หมดเป็นจำนวนมาก ในขณะที่อัตราส่วน 90:10 80:20 และ 70:30 มีส่วนที่เป็นเส้นใยปาล์มบ้างเล็กน้อย ดังภาพที่ 1 (Figures 1) อย่างไรก็ตาม เส้นใยปาล์มจะมีส่วนทำให้ปุ๋ยหมักไม่แน่นทึบจนเกินไป ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเส้นใยปาล์ม สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

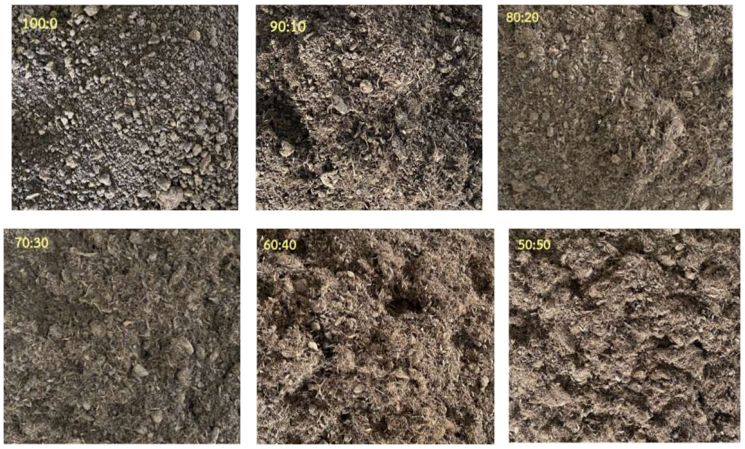

Figure 1 Characteristics of compost at the end of fermentation.

ความชื้นในกองปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในกองปุ๋ยหมัก ในช่วงแรกของการหมัก ปุ๋ยหมักมีความชื้นสูง โดยมีความชื้นสูงสุดในวันที่ 11 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 69.3±1.9 ถึง 72.5±1.6 ดังภาพที่ 2 (Figures 2) ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์มีกิจกรรมการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมัก จะเห็นได้จากอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก โดยในช่วงแรกของการหมักปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิสูงในถังปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศอย่างชัดเจนในช่วง 15 วันแรกของการหมัก ดังภาพที่ 3 (Figures 3) แสดงถึงการเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังหมัก ในช่วงเวลาดังกล่าวมีกลิ่นของแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิสูงของปุ๋ยหมักสูงที่สุดในวันที่ 8 ของการหมัก (67.3 °C) ในอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 90:10 และ 80:20 ในขณะที่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 50:50 มีอุณหภูมิสูงสุด 62.5 °C อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลดีต่อปุ๋ยหมัก คือ เป็นการเร่งกระบวนการหมักให้เกิดได้เร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพที่ดี และยังสามารถทำลายเชื้อโรคบางชนิดได้ด้วย กระบวนการหมักที่อุณหภูมิประมาณ 35 °C

คาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง และน้ำตาล จะถูกย่อยสลาย ส่วนโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายที่อุณหภูมิประมาณ 60-65 °C (Chantip, 2016)

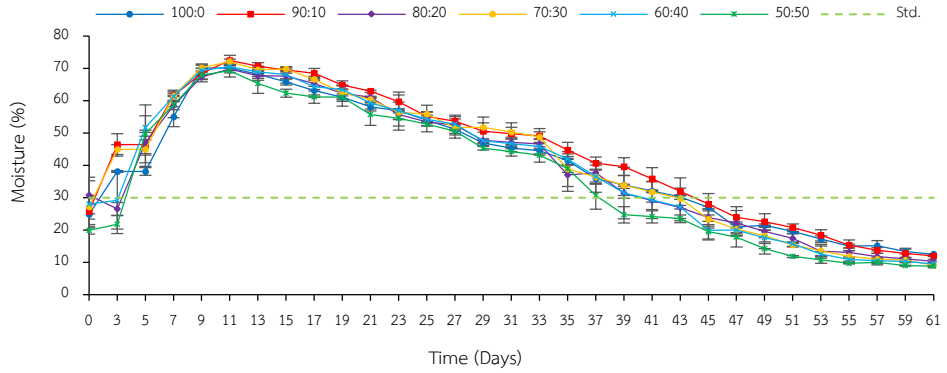

Figure 2 Moisture content during composing.

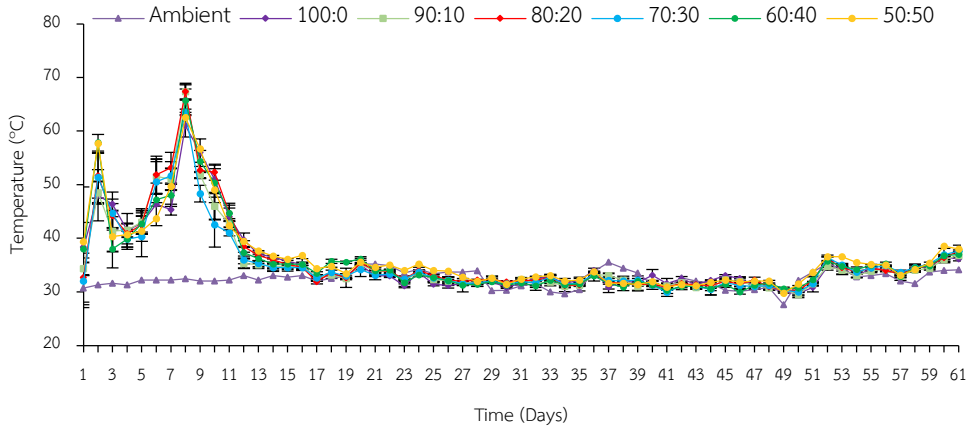

Figure 3 Temperature during composing.

เมื่อสิ้นสุดการหมักอุณหภูมิของปุ๋ยในถังหมัก เท่ากับ 36.1±0.6, 36.8±0.4, 37.6±0.4, 37.6±0.2, 37.0±1.1 และ 38.0±0.6 °C เมื่ออัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ โดยอัตราส่วน 100:0 มีอุณหภูมิต่ำที่สุดและมีความแตกต่างจากอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชื้นเริ่มลดลงจนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ทุกอัตราส่วนที่ระยะเวลา 45 วันหลังจากการหมัก ซึ่งเป็นไปตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2555 เมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยหมักมีความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 12.5±0.1, 12.0±0.1, 10.29±0.65, 9.2±0.8, 9.6±0.6 และ 8.9±0.2 เมื่อมีอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ โดยอัตราส่วน 100:0 และ 90:10 มีความชื้นมากที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างจากอัตราส่วนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนของเส้นใย

ปาล์มสูง (มากกว่าร้อยละ 40) ความชื้นของปุ๋ยหมักลดลงอย่างรวดเร็ว จึงอาจส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง

ค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความเข้มข้นของไอออน ซึ่งอาจมาจากความเค็มและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สารเคมี และโลหะหนักที่เจือปน กากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจนที่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย และสามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้ปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนของกากตะกอนน้ำเสียสูงมีค่าการนำไฟฟ้าสูงด้วย เมื่อสิ้นสุดการหมัก ปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีค่าการนำไฟฟ้าเป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2555 (ไม่เกิน 10 dS/m) โดยมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 5.8±0.1, 5.9±0.1, 5.6±0.1, 4.9±0.1, 4.7±0.2 และ 4.4±0.2 dS/m เมื่อปุ๋ยหมักมีอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 (Table 3)

สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

ค่า pH ของปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 6.1-6.4 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (ค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-8.5) และเป็นค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของปุ๋ยหมักในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณสูง โดยมีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในช่วงเริ่มต้นเท่ากับ ร้อยละ 35.6±1.8, 35.2±1.6, 35.6±0.5, 36.6±0.7, 36.2±0.6 และ 37.3±0.6 เมื่ออัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม เท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ เส้นใยปาล์มมีสารอินทรีย์สูง ดังนั้นเมื่อมีสัดส่วนของเส้นใยปาล์มสูงขึ้น ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อินทรีย์คาร์บอนถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต โดยเปลี่ยนคาร์บอนไปเป็นกรดอินทรีย์และบางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกสู่บรรยากาศ ดังนั้น จึงทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาการหมัก (Buaphan, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Chantip (2016) เมื่อสิ้นสุดการหมักปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับร้อยละ 29.0±0.9, 30.3±0.8, 30.8±0.4, 32.4±0.5, 33.1±0.4 และ 33.4±1.1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 (Table 3) โดยอัตราส่วน 50:50, 60:40 และ 70:30 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เมื่อสิ้นสุดการหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ ร้อยละ 50.0±1.7, 52.2±1.4, 53.1±0.7, 55.8±0.9, 57.1±0.7 และ 57.6±1.9 ตามลำดับ ปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2555 (ปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 30)

ปุ๋ยหมักทุกอัตราส่วนมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2555 โดยอัตราส่วน 100:0 มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงที่สุด เท่ากับ 2.6±0.1, 3.2±0.1 และ 1.2±0.1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 (Table 3)

หากพิจารณาสมดุลของธาตุอาหารในกองปุ๋ยหมัก คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานที่จุลินทรีย์ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากเส้นใยปาล์ม ส่วนไนโตรเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์

ในปุ๋ยหมัก ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากกากตะกอนน้ำเสีย จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเริ่มต้นหมักมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 13.0±0.9, 15.6±0.3, 17.8±0.3, 19.1±1.8, 25.5±2.5 และ 38.6±4.6 เมื่ออัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 (Figure 4) เมื่อสัดส่วนของเส้นใยปาล์มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงขึ้นด้วย โดยอัตราส่วน 50:50 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุด และแตกต่างจากอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราส่วน 100:0 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด และไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 90:10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาหมักผ่านไปมีการย่อยสลายเกิดขึ้น ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนลดลง ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงทุกอัตราส่วน ทำให้ปุ๋ยหมักมีลักษณะแห้ง เนื่องจากคาร์บอนเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3^--N) ทำให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะสิ้นสุดการหมัก (Osotsapa et al., 2008)

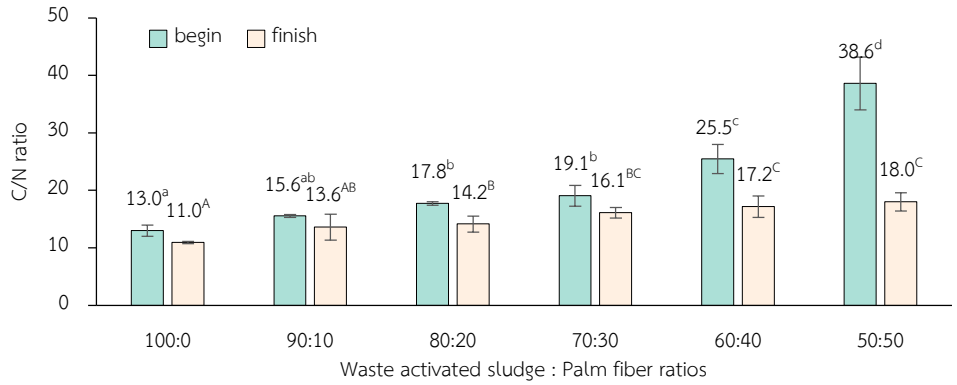

Figure 4 Comparison of organic carbon to nitrogen ratios between the begin and finish of composting

เมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 50:50 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงจากตอนเริ่มต้นหมักอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากมีอินทรีย์คาร์บอนลดลง และมีปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้น โดยมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 18.0±1.6 โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 70:30 (17.2±1.9) และอัตราส่วน 60:40 (16.1±0.9) ในขณะที่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 100:0 ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด แต่มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด จึงทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 11.0±0.2 โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 90:10 (13.6±2.3) อย่างไรก็ตามอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทุกอัตราส่วนมีค่าไม่เกิน 20 ซึ่งเป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2555

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในปุ๋ยหมัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสารหนู พบว่า เมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยหมักมีเพียงแคดเมียมที่มีปริมาณเกินมาตรฐานที่กำหนด (ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เกือบทุกอัตราส่วน โดยมีปริมาณแคดเมียม เท่ากับ 8.3±0.1, 7.6±0.3, 6.8±0.2, 5.8±0.1, 5.8±0.2 และ 4.6±0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อมีอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 (Table 3) โดยมีอัตราส่วน 50:50 เพียงอัตราส่วนเดียวที่มีค่าไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบในปุ๋ยหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากตะกอนน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น

แม้ว่ากากตะกอนน้ำเสียที่นำมาทำปุ๋ยหมักมีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด แต่ในการทำปุ๋ยหมักมีการกำจัดความชื้นออกจากกากตะกอนน้ำเสียอาจทำให้ความเข้มข้นของแคดเมียมในปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น แคดเมียมเป็นธาตุโลหะหนักที่มีพิษสูงชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถดูดซึมและสะสมในพืชได้ง่าย โดยเฉพาะในข้าว (Fu et al., 2018) และมีความแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งการย่อยสลายทางธรรมชาติของแคดเมียมมีครึ่งชีวิตที่ยาวนานประมาณ 15-30 ปี (Sitisara & Pongpattanasiri, 2022) ทำให้มีการตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน และส่งผลต่อการสะสมแคดเมียมในห่วงโซ่อาหาร เกิดความเสี่ยงต่อการได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย และเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอิไตอิไตรวมถึงเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้อีกด้วย

การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก

การทดสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักเป็นสิ่งที่สำคัญที่บ่งชี้คุณภาพปุ๋ยในแง่ความเป็นพิษของสารสำคัญต่อพืช สภาวะกระบวนการผลิตปุ๋ย และการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมัก สามารถทดสอบได้โดยวิธีการวัดดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index: GI) โดยใช้เมล็ดกวางตุ้งที่มีอัตราการงอกร้อยละ 100 ทำการทดสอบโดยใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น จากการศึกษา พบว่า ปุ๋ยหมักที่มีอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 70:30 มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ด ร้อยละ 83.1±8.5 ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80) ซึ่งมีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดแตกต่างจากปุ๋ยหมักอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ ทั้งจำนวนเมล็ดที่งอกและเมล็ดที่งอกมีความยาวของรากพร้อมเจริญเติบโตต่อไปได้ ในขณะที่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 100:0 มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดเพียงร้อยละ 25.5±3.6 ดังตารางที่ 3 (Table 3) แสดงถึงปุ๋ยหมักมีความเป็นพิษต่อพืชสูง (High phytotoxicity) สอดคล้องกับปริมาณแคดเมียมที่พบสูงที่สุด ซึ่งอาจส่งผลต่อการงอกของเมล็ด

Table 3 Characteristics of the compost at the end of fermentation

Characteristics	Waste activated sludge-: Palm fiber ratios						Standard
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	
pH	6.3±0.0	6.1±0.0	6.2±0.2	6.2±0.1	6.4±0.0	6.4±0.1	5.5-8.5[1]
EC (dS/m)	5.8±0.0	5.9±0.1	5.6±0.1	4.9±0.0	4.7±0.2	4.3±0.2	≤ 10[2]
Moisture content (%)	12.5±0.1	12.0±0.1	10.3±0.6	9.2±0.8	9.6±0.6	8.9±0.2	≤ 20[2]
C/N ratio	11.0±0.2^{a}	13.6±2.2^{ab}	14.2±1.4^{b}	16.1±0.9^{bc}	17.2±1.9^{c}	18.0±1.6^{c}	≤ 20:1[2]
Total nitrogen (%)	2.6±0.1^{a}	2.3±0.4^{b}	2.2±0.2^{b}	2.0±0.1^{b}	1.9±0.2^{b}	1.9±0.1^{b}	≥ 1.0[1]
Total phosphorus (%)	3.2±0.1^{a}	3.1±0.1^{a}	2.6±0.1^{b}	2.8±0.2^{b}	2.3±0.1^{c}	2.1±0.1^{d}	≥ 0.5[1]
Total potassium (%)	1.2±0.1^{a}	0.9+0.0^{d}	0.9±0.0^{d}	1.0±0.0^{b}	0.9±0.0^{bc}	0.9±0.0^{cd}	≥ 0.5[1]
Organic matter (%)	50.0±1.7	52.2±1.4	53.1±0.7	55.8±0.9	57.1±0.7	57.6±1.9	≥ 30[2]
Hg (mg/kg)	0.5±0.0^{d}	0.7±0.0^{ab}	0.7±0.0^{b}	0.6±0.0^{c}	0.7±0.0^{a}	0.6±0.0^{c}	≤ 2[1]
Cd (mg/kg)	8.3±0.1^{a}	7.6±0.3^{b}	6.8±0.2^{c}	5.8±0.1^{d}	5.8±0.2^{d}	4.6±0.1^{e}	≤ 5[1]
Cr (mg/kg)	198.3±4.78^{a}	191.0±7.8^{ab}	181.7±8.9^{b}	145.4±2.5^{c}	152.0±5.3^{c}	146.8±3.3^{c}	≤ 300[1]
Cu (mg/kg)	144.5±3.3^{a}	144.4±4.8^{a}	128.9±6.4^{b}	114.3±1.8^{c}	116.4±3.9^{c}	95.0±1.8^{d}	≤ 500[1]
Pb (mg/kg)	34.1±1.6^{a}	32.2±1.6^{a}	29.1±1.3^{b}	23.6±0.6^{c}	24.3±0.9^{c}	19.0±0.9^{d}	≤ 500[1]
As (mg/kg)	13.7±0.5^{a}	12.9±0.7^{a}	11.3±0.6^{b}	9.6±0.5^{c}	9.0±0.3^{c}	7.2±0.5^{d}	≤ 50[1]
GI (%)	25.5±3.6^{e}	45.2±8.5^{d}	51.2±2.5^{cd}	83.1±8.5^{b}	53.0±11.7^{cd}	65.1±1.0^{c}	≥ 80[1]

Remark [1]Standard of Organic Fertilizer 2005

[2]Standard of Organic Fertilizer 2012

อภิปรายผล

ปุ๋ยหมักที่ใช้กากตะกอนน้ำเสียเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 100:0) จะมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงที่สุด ในขณะเดียวกันจะพบแคดเมียมในปริมาณสูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้า และในระหว่างการหมักมีกลิ่นของแอมโมเนียรุนแรงที่สุด และเมื่อทดสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดต่ำที่สุด (ร้อยละ 25.5±3.6) บ่งชี้ถึงการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ มีความเป็นพิษต่อพืชสูง ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย จึงควรหมักร่วมกับวัสดุอื่น โดยใช้ปริมาณของกากตะกอนน้ำเสียน้อยกว่าร้อยละ 50 อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าปุ๋ยหมักในอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 70:30 จะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด แต่พบปริมาณแคดเมียม 5.8±0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เกินค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) หากพิจารณาในแง่การนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืช อาจมีการสะสมแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีเทคโนโลยีลดการปนเปื้อนของแคดเมียม เช่น วิธีทางชีวภาพ (bioremediation) การใช้จุลินทรีย์และพืชในการบำบัดแคดเมียมในดิน ซึ่งช่วยฟื้นฟูพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมได้ เป็นต้น แต่แคดเมียมต้องการระยะเวลาย่อยสลายยาวนาน และ

สามารถสะสมผ่านห่วงโซ่อาหารได้ ดังนั้น ในการนำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ จึงควรมีการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักดังกล่าวในการปลูกพืชในระยะยาว เพื่อศึกษาการสะสมของแคดเมียมในดิน การดูดดึงแคดเมียมของพืช ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์จริง

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ของโรงงานผลิตอาหารสัตว์ในภาคใต้ และเส้นใยปาล์มที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม มาใช้ประโยชน์โดยการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุร่วมทั้งสองชนิด ปุ๋ยหมักที่ได้มีสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรทุกอัตราส่วน สำหรับสมบัติทางเคมี พบปริมาณแคดเมียมสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเกือบทุกอัตราส่วน โดยมีปริมาณแคดเมียม อยู่ในช่วง 4.6-8.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการงอกของเมล็ด พบว่า ปุ๋ยหมักที่มีอัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อเส้นใยปาล์ม 70:30 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด แต่ยังพบปริมาณแคดเมียมในปุ๋ยหมักเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด การปรับปรุงวิธีการหมักโดยการใช้ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียน้อยกว่าร้อยละ 50 และปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนน้ำเสีย (Sludge pretreatment) เพื่อลดแคดเมียมก่อนการหมัก จะทำให้ลดการสะสมแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น และอาจเพิ่มชนิดวัสดุที่ใช้ในการหมักร่วม เป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียและเส้นใยปาล์มในอนาคต อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบการใช้ปุ๋ยหมักดังกล่าวในการปลูกพืชในระยะยาว เพื่อศึกษาผลกระทบของแคดเมียมในห่วงโซ่อาหาร ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี 2566 ขอขอบคุณ บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด ตำบลอุไดเจริญ อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล ที่ให้ความอนุเคราะห์เส้นใยปาล์ม ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Buaphan S. The study of formulas and appropriate nutrient proportion for producing organic fertilizer from sewage sludge from wastewater. Master of Science, Faculty of Science and Technology, Naresuan University; 2005.

Chantip P. Compositing of water hyacinth with excess sludge from wastewater treatment plants of the concentrated latex factory and sludge from Standard Thai Rubber (STR 20) factory. Master of Science in Environmental Management, Prince of Songkla University; 2016.

Department of Agriculture. Organic fertilizer: production, use, standards and quality (Academic document number 17/2005). Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2005). Available at: http://lib.doa.go.th/multim/e-book/EB00280.pdf. Accessed December 11, 2023.

Department of Agriculture. Standard of organic fertilizer. 2005. Available at: https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2548/00172707.PDF. Accessed December 11, 2023.

Department of Agriculture. Standard of organic fertilizer. 2012. Available at: https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA5.pdf. Accessed December 11, 2023.

Fu H, Yu H, Li T, Zhang X. Influence of cadmium stress on root exudates of high cadmium accumulating rice line (Oryza sativa L.). Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018; 150, 168–175. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.014. Accessed March 19, 2024.

Jungniyom T. Zero – waste process in oil palm extraction industries. Hatyai Academic Journal 2008; 6(2):159-164.

Land Development Department. Operation manual process for analyzing plants, fertilizers, and soil amendments. Document No. OSD-07; 2010.

Lorestani AAZ. Biological treatment of palm oil effluent (POME) using an up-flow anaerobic sludge fixed film (UASFF) bioreactor. Doctor of Philosophy (Chemical Engineering), University Sains Malaysia; 2006.

Ministry of Industry. The disposal of waste or unused materials, Announcement Issue 1; 2005. Available at: https://dl.parliament.go.th/backoffice/viewer2300/web/previewer.php. Accessed December 11, 2023.

Namkorn R, Silapanuntakul S, Vatanasomboon P, Prechthai T. Co-compost production from sewage sludge mixed with vegetable wastes and scum. Journal of Community Development and Life Quality 2015;3(1):95-103.

Office of Agricultural Economics. Agricultural Statistics of Thailand 2022. 2023. Available at: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2566/yearbook2565.pdf. Accessed January 2, 2024.

Osotsapa Y, Wongmaneeroj A, Hongprayoon C. Fertilizer for sustainable agriculture. Kasetsart University Press; 2008.

Rodyoy S. Investigation of aerobic-anaerobic digestion system for excess sludge reduction. Master of Engineering (Environmental Engineering), Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology; 2011.

Sirianuntapiboon S. Wastewater treatment system: selection, design, operation and problem solving. Bangkok: Top; 2009.

Sitisara W, Pongpattanasiri S. Reduction of cadmium contamination in soil for transplaning paddy fields. Naresuan Phayao Journal 2022;15(1):122-136.

Walter I, Martínez F and Cala V. Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses. Environ Pollut 2006;139(3):507-514.