

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากวัสดุเศษเหลือทะเลลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปู The Producing of High-Quality Organic Fertilizers from Wasted the Empty Palm Fruit Bunch and Crab Shell

จรรตกร รอดอยู่^{1*}, เดชา ดวงนาม¹, รติวรรณ มีทอง¹, วรangkan Luanglug¹,
สาคร จันทร์มา¹, สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ¹ และอัญชิชา พรมเมืองคุก²
Juntakorn Rodyoo^{1*}, Decha Duangnamon¹, Ratiwan Meethong¹, Warangkana Luanglug¹,
Sakhorn Chanma¹, Suriyan Tunkijjanukij¹ and Aunthicha Phommuangkhu²

Received date: 20 มิ.ย. 67 Revised date: 22 ม.ค. 68 Accepted date: 24 ม.ค. 68

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.06.30.014>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุเศษเหลือทะเลลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปูต่อคุณลักษณะทางเคมีในกระบวนการหมัก วิเคราะห์สมบัติทางเคมี และการย่อยสลายสมบูรณ์ โดยการทดสอบการงอกของเมล็ดพืช โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ตำรับทดลองดังนี้ ตำรับทดลองที่ 1 (T1) ประกอบด้วย ทะลายปาล์มเปล่า : กากสลัดจ์หมัก อัตราส่วน 4 : 6 โดยปริมาตร ตำรับทดลองที่ 2 (T2) ทะลายปาล์มเปล่า : กากสลัดจ์หมัก : กากสลัดจ์สด : เปลือกปูป่น อัตราส่วน 5 : 2 : 2 : 1 โดยปริมาตร และตำรับทดลองที่ 3 (T3) ทะลายปาล์มเปล่า : กากสลัดจ์หมัก : เปลือกปูป่น อัตราส่วน 4 : 4 : 2 โดยปริมาตร ผลการทดลองพบว่า ตำรับการทดลองที่ 2 มีความเหมาะสมสำหรับผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมากที่สุด โดยมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.12 ค่าการนำไฟฟ้า 3.76 dS/m ความชื้น 17.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 23.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 13.82 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 11:1 ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด 3.36 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.18 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 2.32 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมทั้งหมด 0.08 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมทั้งหมด 2.07 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมทั้งหมด 0.62 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่ประกาศไว้โดยกรมวิชาการเกษตร และมีผลทดสอบการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ด้วยการวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช พบว่า มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช การประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่กักการผลิต 1,000 กิโลกรัมต่อวัน มีมูลค่าต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 2.11 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุเศษเหลือ ทะลายปาล์มน้ำมัน กากสลัดจ์ เปลือกปูบด

Abstract

This research aimed to study the effects of palm oil bunch waste and crab shells on chemical characteristics in the fermentation process, analyze chemical properties, and complete decomposition by seed germination test using a completely randomized design (CRD) with 3 replications. consisted of 3 experimental formulas as follows: Experimental formula 1 (T1) consisted of empty fruit bunch: fermented decanter cake in the ratio of 4:6 by volume; Experimental formula 2 (T2) empty fruit bunch: fermented decanter cake: fresh decanter cake: ground crab shells in the ratio of 5:2:2:1 by volume; and Experimental formula 3 (T3) empty fruit bunch: fermented decanter cake: ground crab shells in the ratio of 4:4:2 by volume. The experimental results found that experimental formula 2 was the most suitable for producing high quality organic fertilizer. It has a pH of 7.12, electrical conductivity of 3.76 dS/m, moisture content 17.41 %, organic matter 23.77 %, organic carbon is 13.82 %, carbon to nitrogen ratio of 11:1, a total nitrogen 3.36 %, total phosphorus 1.18 %, total potassium 2.32 %, total sodium 0.08 %, total calcium 2.07 %, total magnesium 0.62 %. And the amount of heavy metals does not exceed the standard criteria for organic fertilizers that are of quality and safe according

¹ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน ศูนย์บริหารงานและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ระนอง 85120

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

¹ Andaman Coastal Research Station for Development, Academic Administration and Support Center Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ranong Province 85120

² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom Province 73140

*Corresponding author: Email: kbcjkd@ku.ac.th

to the Fertilizer Act (No. 2) B.E. 2550 announced by the Department of Agriculture. And the results of the complete decomposition test by measuring the seed germination index found that it was more than 80 percent, which it can be used for agricultural purposes without being toxic to plants. The estimation of the cost of organic fertilizer production at a production capacity of 1,000 kg/day has a production cost value of 2.11 baht/kg.

Keywords: organic fertilizers, wasted, empty fruit bunch, decanter cake, crushed crab shell

คำนำ

การประกอบอาชีพทางการเกษตรของเกษตรกรในปัจจุบันมีต้นทุนการผลิตไม่เหมาะสมกับราคาผลผลิตที่ได้ เกษตรกรประสบกับปัญหาภาวะการขาดทุน เนื่องจากต้นทุนการผลิตที่สูง จากสารเคมี เมล็ดพันธุ์ ที่สำคัญต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ซึ่งปุ๋ยเคมีจะมีราคาสูงขึ้นในทุกปีเพื่อลดปัจจัยต้นทุนการผลิตจึงคิดหาวิธีการที่จะผลิตปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก อีกทั้งการประกอบอาชีพทางการเกษตรของเกษตรกรไทยไม่ว่าจะเป็นทางด้านพืช ปศุสัตว์หรือประมง ล้วนแล้วแต่มีเศษเหลือใช้จากการประกอบอาชีพทั้งสิ้น เช่น เศษเหลือจากการทำสวนปาล์มน้ำมันเมื่อเก็บผลผลิตเข้าโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน จะมีเศษเหลือพวก ทะลายเปล่า (empty fruit bunch : EFB) เป็นส่วนของทะลายปาล์มน้ำมันที่สกัดผลออกแล้วประกอบด้วยข้อ ทะลายปาล์มและก้านทะลายปาล์มมีน้ำหนักเฉลี่ย 17.3 กิโลกรัมของทะลายปาล์มสด ซึ่งทะลายเปล่า (สด) โรงงานไม่นิยมนำมา เป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากความชื้นสูง ติดไฟยาก ต้องทำให้แห้งก่อนและเสียค่าใช้จ่ายสูงจึงนิยมขนไปทิ้งเพื่อใช้คลุมดินในสวนปาล์ม หรือคลุมรอบโคนต้นปาล์มเพื่อรักษาระดับความชื้น โดยในขั้นตอนสกัดน้ำมันปาล์มดิบ 1 ตัน มีทะลายปาล์มเปล่าเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ประมาณ 0.28 ตัน ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่น ทะลายปาล์มเปล่าประกอบไปด้วยธาตุอาหารได้แก่ ไนโตรเจน 0.158 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสประมาณ 0.08 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมประมาณ 0.70 เปอร์เซ็นต์ (Baharuddin, 2009) กากสลัดจ์ (decanter cake) เหลือจากการหีบน้ำมันจากเนื้อปาล์ม มีส่วนประกอบของไนโตรเจนสามารถนำมาใช้ผสมกับ ทะลายเปล่าเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ (Juntaraniyom and Pengnool, 2014) ซึ่งกากสลัดจ์ มีไนโตรเจน ประมาณ 2.18 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (Kananam et al., 2011) ขี้เถ้า (Ash) เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากการนำเส้นใยผสมกับกะลาปาล์มน้ำมันไปเป็น เชื้อเพลิงใน อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 2.24, 0.28, 2.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่า pH เท่ากับ 5.09 ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์ธาตุอาหารในขี้เถ้าปาล์มน้ำมัน ของ บริษัท ยูนิวานชีน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) (Jaikleang, 2023) เศษเหลือทางการประมง เช่นเปลือกปู ซึ่งมีส่วนประกอบของธาตุ อาหารรองพวกแคลเซียมและไคติน (20-30%) (Chandrkrachang, 2002) การประยุกต์ใช้ประโยชน์ไคตินและไคโตซานจาก เปลือกปูในด้านการเกษตร โครงสร้างของไคตินและไคโตซานประกอบด้วยไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต ของพืช ช่วยให้พืชดูดแร่ธาตุอาหารอื่นไปใช้และยังช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช นอกจากนี้ ไคตินและไคโตซานมีส่วนช่วย ส่งเสริมให้พืชตระกูลถั่วหรือจุลินทรีย์มีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดินได้ดีขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ทำเป็นปุ๋ยชีวภาพได้ ปัจจุบัน มีการนำไคตินและไคโตซานมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะเกษตรกรอินทรีย์ และพบว่า สารดังกล่าวนี้ สามารถเพิ่มผลผลิตและทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง เนื่องจากลดการใช้ปุ๋ยเคมีและ ยาฆ่าแมลง สำหรับเศษเหลือทะลายเปล่าที่ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอาจนำมาใช้ประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าโดยผลิต เป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงได้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีรายละเอียดดังนี้ ปริมาณ อินทรีย์วัตถุรับรอง (organic matter) ไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20:1 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) ไม่เกิน 15 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-10 ปริมาณโซเดียม (Na) ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ไม่น้อย กว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ฟอสเฟตทั้งหมด (total P₂O₅) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โพแทชทั้งหมด (total K₂O) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขนาดของปุ๋ยไม่ เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร ปริมาณหินและกรวดขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ต้องไม่พบเศษ พลาสติก แก้ว วัสดุคม หรือโลหะอื่นๆ ปริมาณธาตุโลหะหนัก Arsenic (As) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Cadmium (Cd) ไม่ เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Chromium (Cr) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Copper (Cu) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Lead (Pb) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Mercury (Hg) ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Department of Agriculture, 2008) ดังนั้นคณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรหรือส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากวัสดุเศษเหลือทะลาย ปาล์มน้ำมันและเปลือกปู

วิธีการศึกษา

เตรียมวัสดุสำหรับทำปุ๋ยหมัก ประกอบด้วย เปลือกปู ทะลายปาล์มเปล่า กากสัลดจ์หมัก (มีส่วนผสมของกากสัลดจ์สด เส้นใยเปลือกผลปาล์ม และเล้าปาล์ม ที่ผ่านการหมักจากโรงงานเป็นเวลา 1 เดือน) และกากสัลดจ์สดจากโรงงานอุตสาหกรรม ปาล์มน้ำมัน ขั้นตอนการเตรียมจะนำเปลือกปูไปล้างทำความสะอาด นำไปผึ่งในโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยพลาสติกกันยูวีเพื่อรักษา ธาตุอาหารที่มีในเปลือกปู ตากจนแห้งแล้วบดให้ละเอียด เก็บใส่ถุงปิดสนิท ส่วนทะลายปาล์มเปล่าจะนำมากองไว้ในโรงเรือนที่มี หลังคาเป็นเวลา 1 เดือนก่อนนำไปใช้ สำหรับกากสัลดจ์หมักจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน เป็นของเหลือภายหลังจากที่ได้ สกัดน้ำมันปาล์มแล้ว ซึ่งของเหลือส่วนนี้จะประกอบด้วย กากสัลดจ์ ชี้เล้า และเส้นใยเปลือกผล

หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง ได้รับความอนุเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์จาก คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่ง ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและไซแลนเนสระดับสูง และสามารถย่อยสลายวัสดุหมักได้ ประกอบด้วย เชื้อ *Beltrania rhombica*, *Chaetomium crispatum*, *Robillarda roystonea*, *Emericella varicolor*, *Trichoderma asperellum* โดยทุกตัวรับการทดลองจะเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงไปอัตรา วัสดุหมัก 1,000 กิโลกรัม จะใช้จุลินทรีย์ 100 กรัม (Department of Agriculture, 2008)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างส่วนผสมการหมักปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงแต่ละสูตร ประกอบด้วย 3 ตัวทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ ตัวทดลองที่ 1 (T1) ประกอบด้วย ทะลายปาล์มเปล่า: กากสัลดจ์หมัก อัตราส่วน 4:6 โดยปริมาตร ตัวทดลองที่ 2 (T2) ประกอบด้วย ทะลาย ปาล์มเปล่า: กากสัลดจ์หมัก: กากสัลดจ์สด: เปลือกปูปน อัตราส่วน 5: 2: 2: 1 โดยปริมาตร และตัวทดลองที่ 3 (T3) ประกอบด้วย ทะลายปาล์มเปล่า: กากสัลดจ์หมัก: เปลือกปูปน อัตราส่วน 4 : 4 : 2 โดยปริมาตร ในทุกตัวรับการทดลองจะเติมหัว เชื้อจุลินทรีย์ผสมลงในวัสดุหมัก (อัตรา 100 กรัม : 1,000 กิโลกรัม) โดยกองวัสดุหมักเป็นรูปสามเหลี่ยม วางทะลายปาล์มน้ำมันอยู่ ล่างสุด ทับด้วยกากสัลดจ์หมัก กากสัลดจ์สด เปลือกปูปน หัวเชื้อจุลินทรีย์ผสม เป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีความหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร กองสลับจนหมดวัสดุตามสูตร ตั้งขนาดกองให้มีความกว้าง 2.5 เมตร สูง 1.5 เมตร รักษาความชื้นของกองหมักให้อยู่ ในช่วง 60-70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยการรดน้ำ 1 ครั้งต่อวัน ปิดกองปุ๋ยด้วยผ้าพลาสติกสีดำเพื่อรักษาความชื้นและเพิ่ม อุณหภูมิภายในกอง กลับกองปุ๋ยทุกๆ 15 วัน หมักจนกระทั่งการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งสังเกตวัสดุหมักเปลี่ยนสี เป็นน้ำตาลเข้มหรือดำ อุณหภูมิลด ใกล้เคียงกับภายนอกกองปุ๋ย จากนั้นทำปุ๋ยหมักแห้งโดยเกลี่ยกอง และสุมเก็บตัวอย่างปุ๋ย หมัก มาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture, 2008)

การเก็บข้อมูล ระหว่างการหมักจะสุ่มวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในกองปุ๋ยหมักทุกๆ 3 วัน จำนวน 3 จุดต่อกอง การ วัดอุณหภูมิจะใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดที่ระดับความลึกประมาณ 40 เซนติเมตรจากผิวด้านบนตรงจุดกึ่งกลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมของกอง ปุ๋ยหมัก สุ่มจำนวน 3 จุดต่อกอง ส่วนการวัดความชื้นในกองปุ๋ยหมัก ทำโดยเก็บตัวอย่างวัสดุที่หมักทำปุ๋ยมากองละ 3 จุด ประมาณ 10 - 20 กรัมต่อกอง นำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วจึงชั่งน้ำหนักที่หายไป แล้วคำนวณหา ปริมาณความชื้นในปุ๋ย อินทรีย์ตามสูตร ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) = $\frac{(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง})}{(\text{น้ำหนักสด})} \times 100$ สำหรับการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกองปุ๋ยหมัก จะวัดทุกๆ 15 วัน (Department of Agriculture, 2008) เมื่อสิ้นสุดการหมักหรือครบ 60 วัน เก็บ ตัวอย่างปุ๋ยหมักในแต่ละตัวทดลองมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ พีเอช pH (1:2) ค่าการนำไฟฟ้า EC (1:10) (dS/m) ความชื้น (Moisture) (%) C:N ratio ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) (%) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P₂O₅) (%) โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K₂O) (%) โซเดียมทั้งหมด (Total Na) (%) แคลเซียมทั้งหมด (Total Ca) (%) และแมกนีเซียมทั้งหมด (Total Mg) (%) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) (%) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon; OC) (%) วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (ในรูป Total) ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) โดยการย่อยตัวอย่าง ด้วย Microwave digester (CEM corporation: รุ่น MARS) ตามวิธี EPA-3050B (HNO₃+H₂O₂) วัดปริมาณ As ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Agilent Technologies: รุ่น 200 Series AA) วัดปริมาณ Cd, Cr, Cu, Pb และ Hg ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer; ICP-OES (PerkinElmer: รุ่น AVIO 550 Max) (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2005) วัดการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก จากการทดสอบดัชนีการงอก ของเมล็ด (germination index) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถวัดสารที่เป็นพิษต่อพืช (phytotoxic substance) ที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ ได้โดยตรง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดความสมบูรณ์ของการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ ทดสอบกับเมล็ดผักกวางตุ้ง โดยการนำเมล็ด กวางตุ้ง จำนวน 300 เมล็ด เพาะในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก เพาะเมล็ดในที่มีด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดความยาว รากและนับจำนวนเมล็ดที่งอก จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด (percentage of relative seed germination: %RSG) เปอร์เซ็นต์ความยาวรากสัมพัทธ์ (percentage of relative root growth: %RRG) และเปอร์เซ็นต์

ดัชนีการงอกของเมล็ด (percentage of germination index: %GI) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ตำรับทดลองตาม Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

$$\% \text{ RSG} = \frac{\text{number of seeds germinated in the extract}}{\text{number of seeds germinated in the control}} \times 100$$

$$\% \text{ RRG} = \frac{\text{mean root length in the extract}}{\text{mean root length in the control}} \times 100$$

$$\% \text{ GI} = \frac{\text{RSG} \times \text{RRG}}{100}$$

ประเมินต้นทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเศษเหลือทะเลลายปาล์มและเปลือกปู และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในกองปุ๋ยหมัก ในแต่ละตำรับทดลอง ตลอดระยะเวลาการหมัก 60 วัน พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในกองปุ๋ยหมักทั้ง 3 ตำรับทดลอง เพิ่มขึ้นภายหลังการตั้งกอง 6 วัน และมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือใกล้เคียง 60 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 9-45 วัน จากนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยจะลดลงเมื่อพลิกกลับกองและปรับความชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อตั้งกองใหม่ไปได้ 1-2 วัน เป็นไปในลักษณะนี้ตลอดระยะเวลาการหมัก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากในช่วงแรกมีสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มลดลง เมื่อเหลือแต่สารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในกองปุ๋ยหมักตำรับทดลองที่ 3 ลดลงเร็วกว่าตำรับทดลองที่ 1 และ 2 และค่อนข้างคงที่หรือใกล้เคียงบรรยากาศในช่วง 57-60 วัน แสดงว่ากระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว (Polprasert, 1996) ส่วนปุ๋ยหมักตำรับทดลองที่ 1 และ 2 เมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 60 วัน อุณหภูมิเฉลี่ยยังอยู่ในช่วง 44-47 องศาเซลเซียส (Figure 1) แสดงว่ากระบวนการหมักยังไม่เสร็จสมบูรณ์ สาเหตุที่ปุ๋ยหมักแต่ละชุดใช้ระยะเวลาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แตกต่างกัน เนื่องมาจากส่วนผสมของวัสดุแต่ละชนิดมีปริมาณต่างกัน ทำให้ธาตุอาหารเริ่มต้นไม่เท่ากัน

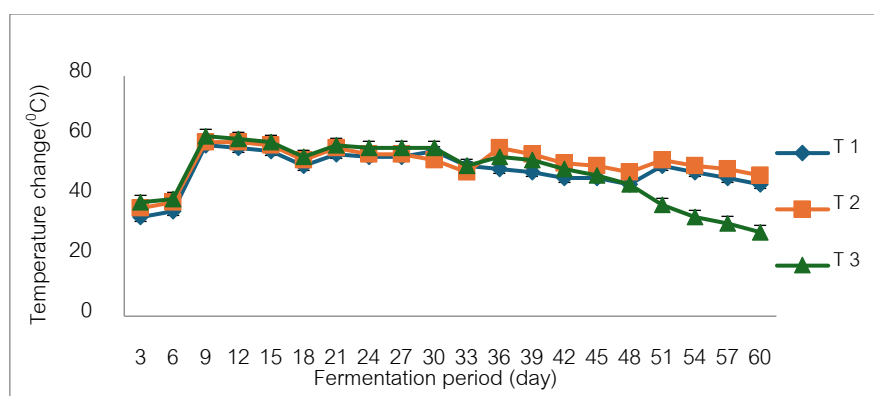


Figure 1 Average temperature change in compost piles in each experimental Formula throughout the 60 day fermentation period.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในกองปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับทดลอง ตลอดระยะเวลาการหมัก 60 วัน พบว่า ความชื้นเฉลี่ยในกองปุ๋ยหมัก ตำรับทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 50-63 เปอร์เซ็นต์โดยมวล เนื่องจากการควบคุมความชื้นให้เหมาะสมกับกระบวนการหมักสอดคล้องกับ (Rabbani et al., 1983) กล่าวไว้ว่าช่วงความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมคือ 50-70 เปอร์เซ็นต์โดยมวล (Figure 2)

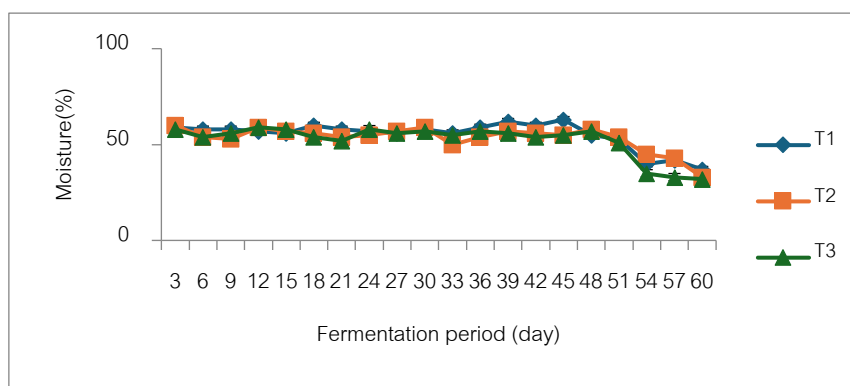


Figure 2 Changes in moisture content in compost piles in each experimental formula throughout the 60 day fermentation period.

การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยพีเอช ในกองหมัก ในแต่ละตำรับทดลองตลอดระยะเวลาการหมัก 60 วัน พบว่า ค่าพีเอชเฉลี่ยของปุ๋ยหมัก ตำรับทดลองที่ 1, 2 และตำรับที่ 3 มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยในช่วงแรกๆ ของการหมักค่า pH เป็นกรดอ่อนๆ และต่ำเล็กน้อย อยู่ในช่วง 6.40-7.20 (Figure 3) จากนั้นลดลงและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในช่วงเป็นกรดอ่อนๆ ถึงต่ำเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรีย์สารมักจะผลิตกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ออกมาหรือมีการระเหยของแอมโมเนีย ไนโตรเจน หรือมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกระบวนการ nitrification เมื่อพิจารณาค่าพีเอช ของปุ๋ยหมักแต่ละชนิด พบว่าปุ๋ยหมักตำรับทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามค่า pH ของปุ๋ยหมักทั้งสามตำรับทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ที่กำหนดอยู่ในช่วง 5.5-8.5 (Department of Agriculture, 2008)

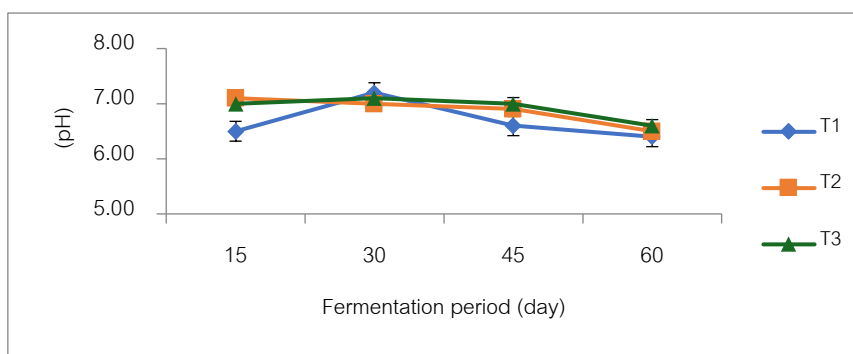


Figure 3 The average pH change in the compost pile in each experimental formula throughout the fermentation period of 60 day.

ปริมาณธาตุอาหาร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆในปุ๋ยหมักทั้ง 3 ตำรับทดลองแสดงไว้ใน Table 1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดพบว่า ตำรับทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด สูงที่สุดคือ 3.36 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากชุดการทดลองมีส่วนประกอบของกากสัลดัจสด ใกล้เคียงกับงานทดลองของ (Sanguansuk et al., 2009) เรื่ององค์ประกอบทางเคมีและธาตุอาหารพืชในกากตะกอนน้ำมันปาล์มและจากบ่อบำบัดน้ำเสียใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน 1.930 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือชุดทดลองที่ 3 และ 1 ใกล้เคียงกัน มีค่า 1.33 และ 1.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่กำหนดว่าจะต้องมีธาตุไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 ของน้ำหนัก

ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าตำรับทดลองที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมา ชุดการทดลองที่ 2 และ 1 มีค่า 1.43, 1.18 และ 1.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสตรงตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่กำหนดจะต้องมีธาตุฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

โพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ตำรับทดลองที่ 2 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 2.32 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีส่วนประกอบของทะเลลายปาล์มเปล่านั้นมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 3 และ 1 มีค่า 1.42 และ 1.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่กำหนดไว้ว่าจะต้องมีธาตุโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

แคลเซียมทั้งหมด พบว่า ตำรับทดลองที่ 3 มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 และ 1 มีค่า 4.64, 2.07 และ 1.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากชุดการทดลองที่ 3 มีส่วนประกอบของเปลือกปูมากที่สุด ซึ่งโครงสร้างของเปลือกปูทะเล (*scylla serrata*) ในชั้นชั้นเอนโดคิวติเคิล (endocuticle layer) เป็นชั้นที่มีความหนาที่สุด ประมาณ 450 -455 ไมโครเมตร ซึ่งคิดเป็น 70-85 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาของเปลือก และมีปริมาณเกลือแคลเซียมสะสมอยู่มากที่สุด บางครั้งจึงเรียกว่าเป็นชั้นแคลเซียม (calcified layer) ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบ (bands) ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเส้นใย chitin-protein และแคลเซียมคาร์บอเนต ประกอบกันทำให้เป็นชั้นที่หนาที่สุด (Pratoomchat and Suwanarak, 2007)

แมกนีเซียมทั้งหมด พบว่า ตำรับทดลองที่ 3 มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดเพราะมีส่วนประกอบของเปลือกปูปนมากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 และ 1 มีค่า 0.76, 0.62 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Chemical properties of high quality organic fertilizers obtained from experiments in all 3 formulas

Tr.	pH (1:2)	EC (1:10) (dS/m)	Moisture (%)	C:N Ratio	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)	Total Na (%)	Total Ca (%)	Total Mg (%)	Organic matter (%)	Organic carbon; OC (%)
1	6.82± 0.86 ^b	3.25± 0.40 ^b	23± 0.30 ^a	11:1± 0.00 ^a	1.28± 0.11 ^c	1.14± 0.18 ^b	1.37± 0.10 ^c	0.04± 0.01 ^c	1.64± 0.14 ^c	0.57± 0.10 ^b	24.25± 0.30 ^a	14.1± 0.30 ^a
2	7.12± 1.36 ^a	3.76± 0.87 ^b	17.41± 0.69 ^c	4:11± 0.00 ^c	3.36± 0.49 ^a	1.18± 0.21 ^b	2.32± 0.34 ^a	0.08± 0.01 ^b	2.07± 0.26 ^b	0.62± 0.06 ^a b	23.77± 0.98 ^b	13.82± 0.91 ^b
3	7.31± 0.45 ^a	4.61± 0.48 ^a	18.7± 0.84 ^b	9:1± 0.00 ^b	1.33± 0.07 ^b	1.43± 0.01 ^a	1.42± 0.18 ^b	0.16± 0.02 ^a	4.64± 0.28 ^a	0.76± 0.10 ^a	21.26± 0.54 ^c	12.36± 0.023 ^c
F-test	0.19	3.70	7.58	0.00	49.38**	2.90**	14.60**	38.00**	1.43**	3.59**	1.57	8.13
CV (%)	33.95	38.87	18.50	-	25.22	34.19	26.97	55.86	22.96	32.35	20.16	9.31
Organic fertilizer standards	5.5- 8.5	≤10	≤30	≤20:1	≥1.0	≥0.5	≥0.5	≤1	-	-	≥20	-

(DOA, 2007)

Mean ± standard deviation.

Value with different letters within a column were significantly different by DMRT ($P<0.05$). (F-test) at $P<0.05$

T1 is the formula 1 Empty fruit bunch : Fermented decanter cake : Ratio (V/V) = 4 : 6

T2 is the formula 2 Empty fruit bunch : Fermented decanter cake : Fresh decanter cake : Crushed crab shell Ratio (V/V) = 5:2:2:1

T3 is the formula 3 Empty fruit bunch : Fermented decanter cake : Crushed crab shell Ratio (V/V) = 4 : 4 : 2

ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) สารหนู (As) และปรอท (Hg) ในปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลอง ในรูปโลหะหนักทั้งหมดแสดงไว้ใน Table 2 ผลการศึกษา ไม่พบปริมาณ ธาตุตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ส่วนปริมาณทองแดงทั้งหมด พบว่า ในปุ๋ยตำรับทดลองที่ 1 มีมากที่สุด คือ 1.081 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากตำรับที่ 1 มีส่วนประกอบของกากสาคูหมักมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งมีปริมาณทองแดงทั้งหมดเท่ากับ 0.473 ± 0.08 และ 0.490 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทั้ง 3 ตำรับการทดลองมีปริมาณทองแดงที่วิเคราะห์ได้ไม่เกินมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม

ต่อกิโลกรัม) ปริมาณโครเมียมทั้งหมด พบในปุ๋ยอินทรีย์ชุดที่ 1 มากที่สุด รองลงมาชุดที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.643 ± 0.50 , 0.589 ± 0.12 และ 0.576 ± 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโครเมียม ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามข้อกำหนดของกรมวิชาการเกษตร คือ ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณธาตุสารหนู ที่พบในปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 0.031 ± 0.01 และ 0.030 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการทดลองที่ 1 คือมีค่าเฉลี่ย 0.009 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) อย่างไรก็ตามค่าปริมาณธาตุสารหนูที่พบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดของกรมวิชาการเกษตร คือ ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นเกษตรกรสามารถใช้วัสดุเศษเหลือทะลายปาล์มน้ำมันจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและเปลือกปาล์มผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้โดยไม่ต้องกังวลกับปัญหาที่จะมีโลหะหนักตกค้างในผลผลิตพืช

Table 2 Analysis of heavy metal content of high quality organic fertilizers obtained from all 3 experimental formulas

Treatment	Pb	Cu	Cr	Cd	As	Hg
	mg/kg					
1	0.00	1.081 ± 0.18^a	1.643 ± 0.50^a	0.00	0.009 ± 0.002^b	0.00
2	0.00	0.473 ± 0.08^b	0.589 ± 0.12^b	0.00	0.031 ± 0.01^a	0.00
3	0.00	0.490 ± 0.01^b	0.576 ± 0.19^b	0.00	0.030 ± 0.002^a	0.00
F-test	nd	26.67**	10.91*	nd	10.68*	nd
CV (%)	nd	35.53	63.64	nd	60.47	nd
Organic fertilizer standards	≤ 500	≤ 500	≤ 300	≤ 5	≤ 50	≤ 2

Mean $\pm$ standard deviation. Value with different letters within a column were significantly different by DMRT ($P < 0.05$)

(F-test) at $P < 0.05$

การประเมินต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

การประเมินต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ ในส่วนของต้นทุนการผลิตจะพิจารณาจากมูลค่าของวัตถุดิบในแต่ละชนิด โดยยังไม่รวมมูลค่าต้นทุนจากการขนส่งเนื่องจากต้นทุนการขนส่งขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้ผลิตในการจัดหาวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนผสมและการจัดหาแหล่งจำหน่ายสินค้า รายละเอียดต้นทุนวัตถุดิบแต่ละชนิดแสดงไว้ใน (Table 3) และการประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากวัสดุเหลือใช้ ที่กำลังการผลิต 1,000 กก./วัน มีมูลค่าต้นทุนการผลิตที่ 2,110 บาทหรือ 2.11 บาท/กิโลกรัม (Table 4)

Table 3 Cost of various raw materials used to producing organic fertilizer

Raw material	Weight (kg)	Price (Baht)	Price per unit (baht/kg.)
Palm oil empty fruit bunches	1,000	600	0.6
Fermented Decanter	1,000	600	0.6
Fresh Decanter	1,000	400	0.4
Crab shell	1,000	3,000	3*
Microbial inoculum (bag)	1	10	10

* The value of crab shells is determined by agreeing on the trading value with villagers in the Ban Tha Klang community area, Suksamran District, Ranong Province. The value of raw materials may change in each area.

อย่างไรก็ตามในการพิจารณาต้นทุนการผลิตจะต้องคำนึงถึงในส่วนของค่าใช้จ่ายสำหรับบรรจุภัณฑ์ด้วย ซึ่งมูลค่าของบรรจุภัณฑ์บางประเภทที่มีมูลค่าสูงอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์มีมูลค่าจำหน่ายสูงตามไปด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จากการดำเนิน

งานวิจัยในครั้งนี้ พบว่ามูลค่าของบรรจุภัณฑ์อาจส่งผลให้มูลค่าจำหน่ายเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 3 เท่าของมูลค่าต้นทุนวัตถุดิบ ดังนั้น การวางแผนทาง หรือ การพิจารณาเลือกบรรจุภัณฑ์จึงควรมีการคำนึงถึงเป็นสำคัญส่วนหนึ่ง

Table 4 Estimating the cost of producing high quality organic fertilizer from fisheries and agricultural waste materials to reduce the cost of agricultural production factors

Estimating the cost of producing organic fertilizers at a production capacity of 1000 kg./day			
List	Volume (kg)	Value (baht/kg.)	Value of raw materials (Baht)
Palm oil empty fruit bunches	500	0.6	300
Fermented Decanter	200	0.6	120
Fresh Decanter	200	0.4	80
Crab shell	100	3	300
Microbial inoculum (bag)		10	10
Material transportation cost			500
Wage 50 baht/person/hour, 2 people/8 hours (baht)			800
Total production cost value (Baht/1,000kg)			2,110
Production cost value (baht/kg)			2.11

Fresh weight 1000 kg., weight remaining after fermentation 700 kg

ผลการทดสอบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช

ผลการทดสอบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชกับตัวอย่างปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลองเพื่อตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก รายละเอียดผลการทดสอบของแต่ละชุดทดลองแสดงไว้ใน Table 5

Table 5 Relative germination percentage of seeds Relative root length and percentage germination index of Chinese mustard seeds in fertilizer liquid extracts in all 3 experimental sets at 48 hours

Treatment	Number of seeds germination (%)	Average root length(mm.)	RSG (%)	RRG (%)	GI (%)
1	97±1.00 ^b	3.03± 0.18 ^c	98.98±0.41 ^b	149.26±0.77 ^c	147.74±0.75 ^c
2	98±0.96 ^a	3.54± 0.27 ^a	100.00±0.10 ^a	174.38±0.50 ^a	174.38±0.90 ^a
3	98±0.57 ^a	3.35± 0.10 ^b	100.00±1.00 ^a	165.02±1.00 ^b	165.02±0.28 ^b
control	98±0.57 ^a	2.03± 0.10 ^d	100.00±1.00 ^a	100.00±0.44 ^d	100.00±0.39 ^d
F-test	1.846	3.974**	1.689	318.34**	447.37**
CV (%)	2.75	17.93	1.76	1.53	1.35

Mean ± standard deviation. Value with different letters within a column were significantly different by DMRT (P<0.05)

(F-test) at P<0.05

จากการทดสอบการย่อยสลายสมบูรณ์หรือความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยอินทรีย์ด้วยการตรวจวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช โดยการทดสอบกับเมล็ดผักกวางตุ้ง เมื่อนำผลการทดลองไปคำนวณหาค่าการงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 98.98 - 100 และมีค่าความยาวรากสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 100 - 174.38 และมีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช อยู่ในช่วงร้อยละ 100 - 174.38 (Table 5) ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่กำหนดไว้ว่าค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช ไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 80 (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2005) โดยค่านี้ใช้แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักได้ กล่าวคือ ในกระบวนการหมักหรือการย่อยสลายที่ยังไม่สมบูรณ์ นั้นจะเกิดสารประกอบที่ไม่เสถียร (Intermediate compounds) เช่น แอมโมเนียอิสระ กรดอินทรีย์หรือสารประกอบที่ละลายน้ำอื่นๆ ระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งจะมีความเป็นพิษต่อพืช คือ ไปจำกัดการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของราก ส่วนเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของ (California

Composting Quality Council (2001) กำหนดว่า ปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายสมบูรณ์ควรมีค่า GI มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อนำค่า GI ในการศึกษานี้ไปเปรียบเทียบกับค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพร้อมกับปัจจัยอื่นๆ ใน การศึกษานี้จึงเสนอแนะในการหมักเมื่อครบเวลาที่ทำการทดลองควรบ่มต่อในถุงพลาสติก อีกประมาณ 15-30 วัน รวมระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการหมักไม่น้อยกว่า 90 วัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าปุ๋ยหมักที่ได้มีความเสถียรและเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์โดยแท้จริง

สรุปผลการศึกษา

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากวัสดุเศษเหลือทะเลลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปู พบว่า สูตรที่ดีและมีแนวโน้มในการนำมาทำปุ๋ยหมักคุณภาพสูง คือสูตรในตำรับการทดลองที่ 2 (ทะเลลายปาล์มเปล่า: ปากสดจืดหมัก: ปากสดจืด: เปลือกปูปนอัตราส่วน 5 : 2 : 2 : 1 โดยปริมาตร) ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารสูงและเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการกำหนดไว้ คือ มีค่าไนโตรเจนทั้งหมด 3.36 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.18 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมด 2.32 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมทั้งหมด 0.08 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมทั้งหมด 2.07 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมทั้งหมด 0.62 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.12 มีค่าไม่เกินที่กำหนด ค่าการนำไฟฟ้า 3.76 เดซิเมนส์ต่อเมตร มีค่าไม่เกินที่กำหนด ปริมาณความชื้น เท่ากับ 17.41 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 4:11 ปริมาณโลหะหนักมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตามกรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 23.77 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์บอนในดิน 13.82 เปอร์เซ็นต์ และมีผลการทดสอบการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ด้วยการวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชพบว่า มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช

การประเมินต้นทุนการผลิต จากการทดลองสามารถประเมินต้นทุนการผลิตโดยพิจารณาจากมูลค่าของวัตถุดิบในแต่ละชนิด และพิจารณาถึงมูลค่าต้นทุนจากการขนส่งรวมค่าแรง การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่กำลังการผลิต 1,000 กิโลกรัมต่อวัน มีมูลค่าต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 2.11 บาทต่อกิโลกรัม

ก่อนการทดลองควรวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ในวัสดุที่นำมาใช้ในการหมักอย่างละเอียดเพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบหลังการหมักได้ ในกระบวนการหมักเมื่อครบเวลาที่ทำการทดลอง ควรบ่มปุ๋ยที่ได้ต่ออีกประมาณ 15-30 วัน รวมระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการหมักไม่น้อยกว่า 90 วัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าปุ๋ยหมักที่ได้ มีความเสถียรและเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์โดยแท้จริง และควรมีการเก็บจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์วิเคราะห์หลังเสร็จสิ้นกระบวนการหมักอีกครั้งเพื่อให้สามารถระบุเชื้อจุลินทรีย์ได้เพื่อการกล่าวอ้างเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากคณะประมง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามันที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และอำนวยความสะดวกในการทำ การวิจัยและขอขอบคุณบริษัท ยูนิวานิชน้ำมันปาล์ม จำกัด(มหาชน) สาขากระบะบุรีที่สนับสนุนของเหลือใช้จากโรงงานน้ำมันปาล์ม และให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับของเหลือใช้จากโรงงานในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: จรรตกร รอดอยู่, เดชา ดวงนามล. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการ ออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล: รติวรรณ มีทอง, วรางคณา เรืองลือ, สากร จันทร์มา. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: จรรตกร รอดอยู่. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิมและการมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: จรรตกร รอดอยู่, อัญธิชา พรมเมืองคุก. การให้การสนับสนุน เครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ และที่ปรึกษางานวิจัย: สุรียัน ธัญกิจจานุกิจ, อัญธิชา พรมเมืองคุก.

เอกสารอ้างอิง

- Baharuddin, A. S., Wakisaka, M., Shirai, Y., Abd Aziz, S. Abdul Rahman, N. A., & Hassan, M.A. (2009). Co-composting of empty fruit bunches and partially treated palm oil mill effluents in pilot scale. **International Journal of Agricultural Research**, 4(2), 69-78.
- California Composting Quality Council. 2001. **Compost Maturity Index**. Nevada City.
- Chandrkrachang, S. (2002). The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. **Advances in Chitin Science**, 5(1), 458-462.
- Department of Agriculture. (2008). **Soil and Plant Analysis Manual**. Department of Agriculture. (in Thai).
- Jaikleang, P. (2023). **Nutrients in palm oil ash form Univanich Palm Oil Public Company Limited**. Interview, 12 March. (in Thai)
- Juntaraniyom, T., & Pengnoo, A. (2014). Production of compost from leftover materials in a palm oil mill. **Kehakaset Magazine**, 38(11), 234-240. (in Thai).
- Kanam, W., Suksaroj, T. T., & Suksaroj, C. (2011). Biochemical changes during oil palm (*Elaeis guineensis*) empty fruit bunches composting with decanter sludge and chicken manure. **Science Asia**, 37(1) 17-23.
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2005). **National standards for agricultural products and food (fertilizer)**. ACFS.9503-2005. Announced in the general Royal Gazette, Volume 22, Section 114 D. (in Thai).
- Polprasert, C. (1996). **Organic Waste Recycling, Technology and Management**. 2nd Ed. John Wiley & Son Chichester.
- Pratoomchat, B., & Suwanarak, W. (2007). Changes in the physical characteristics of the shell and slowing down shell formation of sea crabs (*Portunus pelagicus* and *Scylla serrata*) after molting. **Research report Department of Aquatic Science, Faculty of Science**, pp. 89. Burapha University. (in Thai).
- Sanguansuk, P., Jarupan, L., & Thongjoo, C. (2009). Chemical Compositions and Plant Nutrients in Palm Oil and Water Treatment Sludge used as Raw Materials for Developing Environmentally Friendly Package. In **Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry**, pp. 28-34. Kasetsart University. (in Thai)
- Rabbani, K. R., Jindal, R., Kubota, H., & Obeng, L. (1983). **Composting Domestic Refuse Environmental Sanitation Information Center**, Bangkok.
- Sawangpanyangkura, T. (2015). Mass Production of Organic Fertilizer Without Turning the Pile: **Mae Jo Engineering Method. Faculty of Engineering and Agro-Industry**, pp 64. Maejo University, Chiang Mai. (in Thai).
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). **Duncan's New Multiple Range Test**. In **Principles and Procedures of Statistics**. McGraw-Hill, New York, 187-188.