ประสิทธิภาพของไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ในการย่อยสลายเศษอินทรีย์

EFFICIENCY OF EARTHWORM, *Eudrilus eugeniae* TO DECOMPOSE ORGANIC WASTE

รพีพร ชัยชนะ*

Rapeeporn Chaichana*

สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Division of Agricultural Innovation and Management, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Pathom Rajabhat University.

**Corresponding author, e-mail: yom2521@yahoo.com*

Received: *30 April 2020;* ***Revised:*** *25 October 2022;* ***Accepted:*** *2 November 2022*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ในการย่อยเศษผักคะน้าจีน วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) มูลโค: ขุยมะพร้าว (2:1 w/w) 2) มูลโค: เศษผักคะน้าจีน (2:1 w/w) 3) มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน (2:0.5:0.5 w/w) และ 4) มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน (2:1:0.5 w/w) ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 50 วัน ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงที่สุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 2.31, 0.89, 1.50 เปอร์เซ็นต์ และ 6.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรียวัตถุ และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สูงที่สุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 28.67 เปอร์เซ็นต์ 49.32 เปอร์เซ็นต์ และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 4.95 (dS/m) ทั้งนี้ค่าวิเคราะห์ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทุกกรรมวิธีทดลองให้ค่าดีกว่าเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร และกรรมวิธีที่ 1 ให้ผลผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสูงที่สุด ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยอินทรีย์ ไส้เดือนดิน ผักคะน้าจีน

Abstract

The comparison of bedding material ratio for feeding *Eudrilus eugeniae* was studied. The experiment was designed with Complete Randomized Design (CRD) consisted of 4 treatments as follow: 1) control (cow dung: coconut husk (2:1 w/w), 2) cow dung: kale (2:1 w/w), 3) cow dung: coconut husk: kale (2:0.5:0.5 w/w) and 4) cow dung: coconut husk: kale (2:1:0.5 w/w). The experiment was operated for 50 days and the results indicated that treatment 3 gave the highest total nitrogen, phosphorus, potassium and pH at 2.31%, 0.89%, 1.50% and 6.55% ($P < 0.05$), respectively. Treatment 2 gave the

highest percentage of organic carbon (OC), organic matter (OM) and C:N ratio at 28.67%, 49.32%, and 17%, respectively. Meanwhile, treatment 4 showed the highest electrical conductivity (EC) at 4.95 (dS/m) ($P < 0.05$). From all of the results, it was clearly that vermicompost produced from this study provided the better quality of fertilizer than the organic fertilizer standard. However, treatment 1 gave the higher vermicompost yield than other groups ($P < 0.05$).

Keywords: Vermicomposting, Organic Fertilizer, Earth Worm, Chinese Kale

บทนำ

ปัจจุบันโลกของเรากำลังประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี จึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ สาเหตุมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การขยายตัวทางสังคม และจำนวนประชากรของประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีการอุปโภค บริโภค และการบริการต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาการเพิ่มปริมาณขยะมูลฝอยอย่างรวดเร็ว ในปี 2025 ธนาคารโลกประเมินว่าจำนวนประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 4,300 ล้านคน แต่ละคนจะสร้างขยะประมาณวันละ 1.42 กิโลกรัม หรือรวมแล้วประมาณ 2,200 ล้านตันต่อปี และคาดว่าต้นทุนการจัดการขยะเหล่านี้จะเพิ่มจากปีละ 205,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เป็น 375,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยประเทศที่กำลังพัฒนา และประเทศที่มีรายได้น้อย มักจะมีสัดส่วนขยะอินทรีย์ หรือขยะที่มาจากสิ่งมีชีวิตมากที่สุด ขณะที่ประเทศรายได้สูงจะมีขยะประเภทกระดาษ พลาสติก และวัสดุอนินทรีย์ และพบว่า ภูมิภาคเอเชียตะวันออกและแปซิฟิก มีสัดส่วนขยะอินทรีย์มากถึง 62 เปอร์เซ็นต์ ของขยะทั้งหมด [1] สำหรับวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่มาจากบ้านเรือน ชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ในระดับสากลมีหลายวิธี ได้แก่ การฝังกลบ (sanitary landfill) ข้อดีคือ เสียค่าใช้จ่ายน้อย ของเสียคือ หาสถานที่ฝังกลบยากและมีการต่อต้านจากชุมชนใกล้เคียง วิธีที่สองคือ การเผา (incineration) ข้อดีคือ ใช้พื้นที่น้อยและได้พลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ ข้อเสียคือ ใช้งบประมาณในการก่อสร้าง การจัดการสูงและอาจส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ และวิธีที่สามคือ การทำปุ๋ยหรือก๊าซชีวภาพ (composting method) ข้อดีคือ ได้ปุ๋ยไปใช้ประโยชน์ ข้อเสียคือ ถ้าดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะเกิดปัญหากลิ่นรบกวนจากการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ และต้องเสียงบประมาณ และแรงงานในการคัดแยกขยะมูลฝอย [2] ในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มประสบปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอย และมีแนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากข้อมูลสถิติปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทย ในปี 2562 มีปริมาณขยะเกิดขึ้นประมาณ 28.7 ล้านตัน (เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 3) โดยขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยก ณ ต้นทาง และนำกลับไปใช้ประโยชน์ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ จำนวน 12.6 ล้านตัน (ร้อยละ 44) (ส่วนใหญ่เป็นขยะรีไซเคิลและทำปุ๋ยอินทรีย์) และกำจัดอย่างถูกต้อง 10.3 ล้านตัน (ร้อยละ 36) โดยปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกจัดการดังที่กล่าวมาข้างต้นมีสัดส่วนที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 11 [3] สาเหตุที่ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นมาจาก การขยายตัวของชุมชนเมือง การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรแฝงจากแรงงานต่างด้าวที่เข้ามาทำงานในประเทศไทย การส่งเสริมการท่องเที่ยว และพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนที่นิยมความสะดวกสบายมากขึ้น โดยเฉพาะการส่งสินค้าจากบริการสั่งซื้อออนไลน์สินค้าและบริการสั่งอาหาร ทำให้เกิดปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น [3]

การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นที่นิยมมากในหลาย ๆ พื้นที่และหลายประเทศ เพื่อลดขยะอินทรีย์ในครัวเรือนหรือแปลงปลูกพืช ด้วยกระบวนการทำงานของไส้เดือนดินและจุลินทรีย์ในดินยิ่งส่งเสริมคุณภาพปุ๋ย

หมักที่ดีเหมาะต่อความต้องการของพืช [4] ไส้เดือนดินจัดอยู่ใน อาณาจักรสัตว์ (Kingdom Animalia) ไฟลัมแอนนิลิดา (Phylum Annelida) มีคุณสมบัติในการย่อยเศษวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยจึงเรียกปุ๋ยที่ผ่านจากการย่อยจากไส้เดือนดินว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ไส้เดือนดินสายพันธุ์ที่นิยมใช้ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ ได้แก่ *Eudrilus eugeniae* หรือ African night crawler เป็นไส้เดือนดินพื้นเมืองในทวีปแอฟริกา เป็นไส้เดือนเขตร้อน ได้รับความนิยมนำมาเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ลักษณะโดยทั่วไปลำตัวมีขนาด 130-250 x 5-8 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงปนเทา สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ จับคู่ผสมพันธุ์ใต้ดิน สร้างถุงไข่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 162-188 ถุง/ตัว/ปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัวประมาณ 13-27 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 2 ตัว/ถุงไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 6-10 เดือน อาศัยอยู่บริเวณผิวดิน กินเศษซากอินทรียวัตถุที่เน่าสลายเป็นอาหาร มีอายุยืนยาว 4-5 ปี มีความสามารถเจริญเติบโตดีที่อุณหภูมิสูงและย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หลากหลายชนิดในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากลำไส้ของไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์หลายชนิด [5] ไส้เดือนดินสามารถกินอาหารที่เป็นวัสดุอินทรีย์ได้ทุกชนิด แต่มีความชอบที่แตกต่างกันทำให้มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน [6] มูลของไส้เดือนดินจะมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียด คุณสมบัติทางเคมีเหมือนกับของเสียที่กินเข้าไป มีความร่วนสูง เก็บน้ำได้ดี โปร่ง ง่ายต่อการไหลของน้ำลงในดิน หรือกรณีที่ดินชื้นจะช่วยให้ดินระเหยน้ำออกได้ดีขึ้นและมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจึงเหมาะสำหรับการนำไปผสมดินหรือปรับสภาพดินในการปลูกพืชได้ [7-8] ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินซึ่งได้จากการย่อยเศษผักคะน้าจีนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* เพื่อหาว่าผักคะน้าจีนเป็นวัสดุที่ดีในการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินซึ่งได้จากการย่อยเศษผักคะน้าจีนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ให้ได้รับปัจจัยทดลองแตกต่างกัน ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มูลโค: ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1

กรรมวิธีที่ 2 มูลโค: เศษผักคะน้าจีน อัตราส่วน 2:1

กรรมวิธีที่ 3 มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน อัตราส่วน 2:0.5:0.5

กรรมวิธีที่ 4 มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน อัตราส่วน 2:1:0.5

การเตรียมวัสดุรองพื้นก่อนนำไปเลี้ยงไส้เดือนดินสามารถทำได้โดย นำมูลโคแห้งจากอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาตำให้ละเอียด และเศษผักคะน้าจีนจากพื้นที่ชุมชนตำบลห้วยด้วน อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม หั่นผักคะน้าจีนให้มีขนาดเล็ก ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักมูลโค : ขุยมะพร้าว : เศษผักคะน้าจีน อัตราส่วนตามแผนการทดลองที่เตรียมไว้ (โดยน้ำหนัก) คลุกเคล้าให้เข้ากันรดน้ำให้ชุ่มความชื้นประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ บรรจุใส่กระสอบ ๆ ละ 20 กิโลกรัม ทำการกลับกระสอบ 1 ครั้งต่อวันโดยกลับ 2 วันต่อสัปดาห์ เพื่อลดความร้อน หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างวัสดุรองพื้นแต่ละกรรมวิธี จำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีก่อนการทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

คัดเลือกไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* (African night crawler) อายุโดยเฉลี่ยประมาณ 6 - 8 สัปดาห์ จำนวน 20 กรัม เพาะเลี้ยงบนวัสดุรองพื้นที่แตกต่างกันตามแผนการทดลองที่วางไว้ จำนวน 2 กิโลกรัม และเติมวัสดุรองพื้นทุกสัปดาห์ เลี้ยงไส้เดือนดินในกะละมังขนาดกว้าง 40 x 15 เซนติเมตร จำนวน 12 กะละมัง เจาะรูด้านล่าง รดน้ำให้ชุ่มเพื่อช่วยในการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน มีอุปกรณ์ในการบังแดด และใช้ตาข่ายคลุมปากกะละมัง เพื่อป้องกันสัตว์รบกวน เช่น หนู มด จิ้งจก ทำการทดลองขั้นพื้นฐาน 15 วัน เพื่อสังเกตความสามารถในการอยู่อาศัยในวัสดุรองพื้น ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 50 วัน

การเก็บเกี่ยวปุ๋ยและการบันทึกผลการทดลอง

1. เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ก่อนการเก็บเกี่ยวปุ๋ยงดการให้น้ำ 1 สัปดาห์ เพื่อสะดวกในการแยกไส้เดือนดินออกจากปุ๋ย นำปุ๋ยหมักที่ได้ร่อนผ่านตะกร้าพลาสติกที่มีรูใช้ร่อนปุ๋ยได้ ผึ่งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในที่ร่ม (พื้นที่โล่ง โปร่ง มีหลังคา ไม่โดนแดด อุณหภูมิห้อง) 1-3 วัน ชั่งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการร่อนแต่ละกลุ่มการทดลอง เคล้าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละกรรมวิธีให้เข้ากันทั่วทั้งกอง จากนั้นแผ่กองปุ๋ยให้กระจาย ทำการแบ่งปุ๋ยเป็น 10 กองย่อย และทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ย 100 กรัม ในทุก ๆ กองย่อย จะได้ปุ๋ยทั้งหมด 1,000 กรัม จากหนึ่งกรรมวิธีทดลอง แบ่งปุ๋ยแต่ละกรรมวิธีทดลองเป็นสองส่วน ส่วนแรกจำนวน 900 กรัม นำใส่ในถุงพลาสติกใส วิเคราะห์หาธาตุอาหารหลักที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดโดยวิธี Acid digestion method และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectrometer, AAS) หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) [9] หาปริมาณอินทรียคาร์บอน (OC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธีของ Walkley and Black [10] โดยส่งวิเคราะห์ ณ หน่วยวิเคราะห์วิจัยดินพืชและวัสดุเกษตร ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม หาค่าการนำไฟฟ้าด้วย EC meter รุ่น Lab 960 และค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter รุ่น UB-10 บริษัท เบคไทย กรุงเทพอุปกรณ์เคมีภัณฑ์ จำกัด

2. ตรวจติดตามจุลินทรีย์โดยการนำปุ๋ยมูลไส้เดือนดินส่วนที่สองกรรมวิธีละ100 กรัม นำใส่ถุงใสซิบล็อค นำส่งตรวจหาจุลินทรีย์ด้วยวิธีมาตรฐาน FDA BAM [11] ทั้งนี้ fecal coliform bacteria (FCB) เป็นแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งของ total coliform bacteria (TCB) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มักพบในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ สัตว์ และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ [12] ในการตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะเน้นตรวจสอบหาเชื้อ *Escherichia coli* (*E. coli*) เนื่องจากเชื้อ *E. coli* เป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มของ FCB เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่ง เป็นแบคทีเรียตัวชี้วัดที่ดีของมลพิษที่เกิดจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ และความเสี่ยงของการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในแหล่งน้ำผิวดิน ส่วน coliform bacteria เป็นดัชนีบ่งชี้ความสะอาดของแหล่งน้ำนั้น [13] โดยส่งวิเคราะห์ ณ หน่วยจุลชีววิทยาประยุกต์ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินส่วนที่สอง จำนวน 900 กรัมนำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารหลักที่สำคัญโดยส่งวิเคราะห์ ณ หน่วยวิเคราะห์วิจัยดินพืชและวัสดุเกษตรศูนย์ปฏิบัติ การวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. วัดการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยชั่งน้ำหนักและนับจำนวนไส้เดือนดินที่เพิ่มขึ้นในแต่ละกรรมวิธีทดลอง (นับเฉพาะไส้เดือนดินที่มีชีวิตและมีกิจกรรม) บันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. สมบัติทางกายภาพและธาตุอาหารหลักมูลไส้เดือนดิน

เมื่อนำมูลโคผสมเศษผักคะน้าจีนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก่อนการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 (มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5) ให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมด และค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด เท่ากับ 1.90, 0.81, 0.92 เปอร์เซ็นต์ และ 5.01 (dS/m) ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอินทรีย์วัตถุ และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า กรรมวิธีที่ 1 (มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1) ให้ค่าสูงสุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 28.16, 50.15 เปอร์เซ็นต์ และ 15.33 ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 (มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1) ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 7.27 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของวัสดุรองพื้นก่อนการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	กรรมวิธีทดลอง [1/]				F- test
	T1	T2	T3	T4	
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.55 ± 0.05^{c}	1.70±0.13^{b}	1.90±0.05^{a}	1.32±0.08^{d}	*
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.62±0.17^{c}	0.74±0.02^{b}	0.81±0.01^{a}	0.54±0.09^{d}	*
โพแทสเซียมทั้งหมด (%)	0.62±0.02^{d}	0.67±0.04^{c}	0.92±0.03^{a}	0.79±0.02^{b}	*
อินทรีย์คาร์บอน (%)	28.16±1.73^{a}	20.54±0.03^{c}	26±0.06^{b}	19.29±0.03^{c}	*
อินทรีย์วัตถุ (%)	50.15±1.40^{a}	38.57±0.92^{c}	44.72±0.48^{b}	33.18±0.81^{d}	*
pH	6.19±0.08^{c}	7.27±0.07^{a}	6.62±0.10^{b}	6.12±0.08^{c}	*
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	2.34±0.01^{d}	4.08±0.02^{b}	5.01±0.04^{a}	2.67±0.04^{c}	*
สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	15.33±0.58^{a}	11.33±1.16^{b}	11±0.18^{b}	14.67±0.58^{a}	*

หมายเหตุ : [1/]มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1 (T1), มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1 (T2), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5 (T3), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5 (T4)
ตัวอักษรในแนวนอน (a, b, c และ d) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทดลอง 50 วัน นำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการย่อยวัสดุรองพื้นผสมเศษผักคะน้าจีนด้วยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า กรรมวิธีที่ 3

(มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5) ให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมด และความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 2.31, 0.89, 1.50 เปอร์เซ็นต์ และ 6.55 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า กรรมวิธีที่ 2 (มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1) ให้ค่าสูงสุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 28.67, 49.32 เปอร์เซ็นต์ และ 17 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าพบว่า กรรมวิธีที่ 4 (มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5) ให้ค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 4.59 (dS/m) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของวัสดุรองพื้น หลังการทดลองเลี้ยงไส้เดือนดิน สายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* เป็นเวลา 50 วัน

องค์ประกอบทางเคมี	กรรมวิธีทดลอง [1/]				F- test	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ [2/]
	T1	T2	T3	T4		
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.90 ± 0.03^{c}	1.78±0.05^{d}	2.31±0.05^{a}	2.02±0.00^{b}	*	≥ 1.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.86±0.10^{a}	0.79±0.08^{b}	0.89±0.05^{a}	0.80±0.07^{b}	*	≥ 0.5
โพแทสเซียมทั้งหมด (%)	0.81±0.07^{d}	1.26±0.04^{b}	1.50±0.02^{a}	0.91±0.06^{c}	*	≥ 0.5
อินทรีย์คาร์บอน (%)	20.36±0.07^{d}	28.67±0.05^{a}	20.93±0.09^{c}	24.09±0.04^{b}	*	≥ 20
อินทรีย์วัตถุ (%)	35.01±0.23^{c}	49.32±1.18^{a}	36.01±0.48^{c}	41.43±1.02^{b}	*	≥ 20
pH	6.01±0.01^{c}	6.19±0.07^{b}	6.55±0.03^{a}	5.96±0.03^{c}	*	5.5-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	3.41±0.02^{d}	3.61±0.02^{c}	4.24±0.03^{b}	4.95±0.04^{a}	*	≤ 10
สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	13±2.00^{b}	17±3.00^{a}	11±1.73^{b}	12±1.00^{b}	*	≤ 20/1

หมายเหตุ: [1/]มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1 (T1), มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1 (T2), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5 (T3), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5 (T4)

ตัวอักษรในแนวนอน (a, b, c และ d) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[2/] กรมวิชาการเกษตร [14]

2. การเจริญเติบโตและปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการทดลองนำไส้เดือนสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ย่อยวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของเศษผักคะน้าจีนที่ระดับแตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ 50 วัน ทำการนับจำนวนตัวไส้เดือนดิน ชั่งน้ำหนักตัวไส้เดือนทั้งหมด และชั่งน้ำหนักปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินพบว่า จำนวนตัวไส้เดือนดินเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนน้ำหนักทั้งหมดไส้เดือนดิน น้ำหนักเฉลี่ยของไส้เดือนดิน และปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยพบว่า

กรรมวิธีที่ 1 (มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1) ให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 30.67, 0.69 และ 1,703 กรัม ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 3 (มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5) ให้น้ำหนักทั้งหมดของไส้เดือนดิน และน้ำหนักเฉลี่ยของไส้เดือนดินต่ำที่สุด เท่ากับ 15 และ 0.33 กรัม ปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทุกกรรมวิธีทดลองที่มีเศษผักคะน้าจีนเป็นวัสดุรองพื้นพบว่าไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ที่เพาะเลี้ยงด้วยวัสดุรองพื้นสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 50 วัน

กรรมวิธีทดลอง[1/]	จำนวนเฉลี่ยของไส้เดือนดิน (ตัว)	น้ำหนักทั้งหมดของไส้เดือนดิน (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยของไส้เดือนดิน (กรัม/ตัว)	ปริมาณเฉลี่ยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (กรัม)
T1	44.67 ± 3.21	30.67 ± 2.31[a]	0.69 ± 0.01[a]	1,703 ± 164.54[a]
T2	48.00 ± 5.57	21 ± 4.36[b]	0.44 ± 0.11b[c]	843.67 ± 152.23[b]
T3	45.33 ± 3.21	15 ± 2.00[c]	0.33 ± 0.03[c]	1,071 ± 585.76[b]
T4	46.67 ± 4.51	25.30 ± 2.08[ab]	0.55± 0.09[b]	965.33 ± 97.44[b]
F-test	ns	*	*	*

หมายเหตุ: [1/]มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1 (T1), มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1 (T2), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5 (T3), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5 (T4)
ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกันหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในวัสดุรองพื้นและในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการทดลองนำไส้เดือนสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ย่อยวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของเศษผักคะน้าจีนที่ระดับแตกต่างกันพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับวัสดุรองพื้น โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (total coliform) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (fecal coliform bacteria) มีปริมาณมากทั้งในวัสดุรองพื้น และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน อีกทั้งยังมีการตรวจพบ *E. coli* ทั้งวัสดุรองพื้นและปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนโดยประมาณของ *E. coli* coliform bacteria และfecal coliform ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ชนิดของจุลินทรีย์	กรรมวิธีทดลอง[1/]							
	T1		T2		T 3		T 4	
	bedding	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	bedding	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	bedding	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	bedding	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน
Total Plate Count (CFU/g)	2.4×10^7	9.7×10^6	2.6×10^6	$1.5x\ 10^6$	7.6×10^6	1.3×10^7	2.8×10^6	2.9×10^6

Total Coliform (MPN/g)	23	240	23	43	3.6	21	3.6	>1100
Fecal Coliform (MPN/g)	23	21	<3	43	<3	21	<3	43
E. coli	Positive	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Negative

หมายเหตุ: [1/]มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1 (T1), มูลโค: เศษผักคะน้าจีน, 2:1 (T2), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5 (T3), มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5 (T4)

สรุปและอภิปรายผล

1. สมบัติทางกายภาพและธาตุอาหารหลักปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* สามารถย่อยขยะอินทรีย์ประเภทเศษผักคะน้าจีนได้ โดยกรรมวิธีที่ 3 (มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:0.5:0.5) ให้ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสซียมรวม และค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 2.31, 0.89, 1.50 เปอร์เซ็นต์ และ 6.55 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรียวัตถุ และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า กรรมวิธีที่ 2 (มูลโค : เศษผักคะน้าจีน, 2:1) ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 28.67เปอร์เซ็นต์, 49.32 เปอร์เซ็นต์ และ 17 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าพบว่า กรรมวิธีที่ 4 (มูลโค: ขุยมะพร้าว: เศษผักคะน้าจีน, 2:1:0.5) ให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.95 (dS/m) ทั้งนี้ ธาตุอาหารหลักและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุรองพื้นก่อนการทดลองและหลังการทดลองแตกต่างกันนั้น เนื่องจากผักคะน้าจีนมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยผักคะน้าจีนมีปริมาณโปรตีน 1.1 กรัม โซเดียม 7 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 261 มิลลิกรัม [15] ทั้งนี้ คุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตปุ๋ยหมัก [16] หลังการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีทดลองมีธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงขึ้นกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กล่าวคือ มีไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 1.78 – 2.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ควรมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.5- 1.50 เปอร์เซ็นต์ [17] การที่ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีผลมาจากไส้เดือนดินมีการขับเมือก ของเหลว เอนไซม์ และเนื้อเยื่อที่ตายแล้วออกมาในระหว่างกระบวนการย่อยซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้น [18]

ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.79 - 0.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาตรฐานปุ๋ยหมักควรมีฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ Le Bayon and Binet [19] กล่าวว่าไส้เดือนเป็นสื่อกลางที่ช่วยเพิ่มปริมาณเอนไซม์ phosphatase ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณ Alkaline phosphatase โดยการขับออกจากลำไส้กลายเป็นมูลไส้เดือนที่มีฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0.81 – 1.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาตรฐานปุ๋ยหมักควรมีโพแทสเซียมไม่ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ [14] ทั้งนี้ Khwairapam and Bhargava [20] รายงานว่าจุลินทรีย์ในลำไส้ของไส้เดือนดินช่วยย่อยสลายและปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมารวมไปถึงน้ำคัดหลั่งของไส้เดือนดินด้วยที่มีผลต่อการเพิ่มของโพแทสเซียม การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยหลังจากไส้เดือนดินตายซากของไส้เดือนดินจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชออกมาหรือเกิดการมิเนอรัลไลเซชัน (mineralization) [21]

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และอินทรียวัตถุหลังสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่ามีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่แตกต่างกัน เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้พลังงานจากการ oxidation สารประกอบอินทรีย์ และใช้

คาร์บอนในการสร้างองค์ประกอบของเซลล์ [22] ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินหลังทำการทดลอง พบว่าเป็นกรดเล็กน้อยอยู่ที่ 5.95-6.55 ใกล้เคียงกับรายงานของ [23] คือมีค่าอยู่ระหว่าง 6.57 - 7.12 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปเป็นไนไตรท์ หรือไนเตรต ออโธ-ฟอสเฟต และการเปลี่ยนรูปจากวัสดุอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ [24] การเปลี่ยนแปลง pH ช่วงแรกจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วแต่หลังจากนั้นค่า pH จะค่อย ๆ ลดลง จนอยู่ในระดับเข้าสู่เป็นกลาง ซึ่งผลการทดลองนี้พบว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 5.5 - 8.5 [14] ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุมูลเกลือในมูลไส้เดือนดินที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จุลินทรีย์ และไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ควรจะมีค่าน้อยกว่า 6 (dS/m) [25] ซึ่งทุกกรรมวิธีทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรพบว่า ให้ค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 6 (dS/m) [14] สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) พบว่าอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินกว่ามาตรฐานคือ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 [14] โดยทั่วไปไส้เดือนดินต้องการอาหารที่มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เพื่อให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็ว [26]

2. การเจริญเติบโตและปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

จากผลการทดลองพบว่า จำนวนไส้เดือนดินแต่ละกรรมวิธีทดลองไม่แตกต่างกัน แต่กรรมวิธีที่ 1 (มูลโค: ขุยมะพร้าว, 2:1) จะให้น้ำหนักรวมไส้เดือนดิน น้ำหนักเฉลี่ยไส้เดือนดิน และปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมากที่สุด คือ 30.67 กรัม 0.69 กรัมต่อตัว และ 1,703 กรัมตามลำดับ โดยธรรมชาติไส้เดือนดินมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์และมีการระบายอากาศที่ดี [27] ปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรไส้เดือนดิน และน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน กล่าวคืออาหารเพาะเลี้ยงที่มีความเหมาะสมจะส่งผลให้ปริมาณตัวไส้เดือนดิน น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน และปริมาณปุ๋ยมากขึ้น [28] ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากเศษผักคะน้าจีนทุกการทดลองจะมีน้ำหนักรวมไส้เดือนดิน น้ำหนักเฉลี่ยไส้เดือนดิน และปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินน้อย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของผักคะน้าจีนจะมีความละเอียด เมื่อรดน้ำจะอัดตัวกันแน่น [29] พบว่า วัสดุรองพื้นประเภทอินทรียวัตถุจะมีความละเอียด เมื่อรดน้ำจะอัดตัวกันแน่นและแข็งตัวส่งผลให้การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศลดลงเกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดินซึ่งลักษณะดังกล่าวจะส่งผลให้จำนวนประชากรไส้เดือนดินลดลงเนื่องจากขาดอากาศและอาจเป็นผลให้ไส้เดือนตาย

3. ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในวัสดุรองพื้นและในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

เมื่อนำวัสดุเพาะเลี้ยงและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากการทดลองไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแบคทีเรีย พบว่าปริมาณแบคทีเรียในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับวัสดุรองพื้น ส่วนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (total coliform) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (faecal coliform bacteria) มีปริมาณมากทั้งในวัสดุรองพื้นและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ทั้งนี้คาดว่ามีผลมาจากเชื้อที่อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Parthasarathi K., et al. [30] และ Eastman, B.R., et al. [31] กล่าวว่า ในมูลของไส้เดือนดินไม่พบ *Salmonella* spp. *E.* coli และ coliforms แต่มีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่ม non-coliform มากขึ้น ส่วน *E. coli* ที่สามารถตรวจพบในมูลสัตว์นั้น อาจเนื่องมากจากความสามารถในการย่อยจุลินทรีย์ที่ก่อโรคภายในลำไส้ของไส้เดือนดินเกิดไม่สมบูรณ์ หรือเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อจากการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ หรือการปนเปื้อนที่มาจากดิน [32] ทั้งนี้ในการทดลองนี้อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* จากน้ำที่ใช้ในการให้ความชื้นขณะที่เลี้ยงหรือเกิดการปนเปื้อนขณะทำการเก็บเกี่ยวปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

เอกสารอ้างอิง

[1] Energy saving. (2016). *Technology using earthworm for organic waste disposal in the community*. Retrieved September 20, 2019, from http://www.energysavingmedia.com/news/page.php?a=10&n15&cno=8833

[2] Srisatit, T. (2016). *Integrate community waste management*. Retrieved March 28, 2020, from http://www.pcd.go.th/Info_serv/File/PPT20161130/20161130_19.pdf

[3] Pollution Control Department. (2020). *State of pollution of Thailand in 2019*. Retrieved March 28, 2020, from http://www.pcd.go.th/Public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2020&id=19259

[4] Schirmer, W. N., Juca, J. F. T., Schuler, A. R. P., Holanda, S., and Jesus, L. L. (2014). Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) landfill: evaluation in refuse of different ages. *Brazilian Journal of Chemical Engineering, 31*, 373-384.

[5] Gajalakshmi, S., and Abbasi, S. A. (2004). Earthworms and vermicompodting. *Indian J. Biotechnol, 3*, 486-494.

[6] Tancho, A. (2005). *Techniques for producing earthworm compost*. Pathum Thani: National Science and Technology Development Agency.

[7] Edwards, C. A., and Burrows, I. (1988) The potential of earthworms composts as plant growth media. In C. A. Edward, and E. F. Neuhauser. (Eds.), *Earthworms in Waste and Environmental Management* (pp. 211-219). SPB Academic Publishing. The Hague.

[8] Gurav, M. V., and Pathade, G. R. (2011). Production of Vermicompost from Temple Waste (Nirmalya): A Case Study. *Universal Journal of Environmental Research and Technology, 1*(2), 182-192.

[9] Department of Agriculture. (2008). *Manual of Organic Fertilizer Analysis Method*. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Ltd.

[10] Walkley, A., and Black, I. A. (1947). An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*, 29-37.

[11] Food and Drug Administration. (1998). *Bacteriological Analytical Manual* (8th ed). Washington: The Association of Official Analytical Chemists.

[12] Eleria, A., and Vogel, R. M. (2005). Predictingfecal coliform bacteria levels in the Charles River, Massachusetts, USA. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 41*(5), 1195-1209.

[13] Ashbolt, N. J., Grabow, W. O. K., and Snozzi, M. (2001). Indicators of microbial water quality. In L. Fewtrell and J. Bartram (Eds.), *Water Quality: Guidelines, Standards and Health Risk Assessment and Management for Water-Related Infectious Disease* (Chapter 13, pp. 289-315.). IWA Publishing, London.

[14] Department of Agriculture. (2008). *Organic fertilizer analysis guide*. Office of Agriculture Production Development Research Department of Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Ltd.

[15] Sitemap. (2015). *Calories in Broccoli, Chinese (kale)*. Retrieved October 20, 2019, from http://www.calforlife.com/th/calories/broccoli-chinese

[16] Nukaeo, S. (2000). *Comparitive study on quality and quantity of vermicompost from various organic waste by commercial earthworm in plant production* [Unpublished master's thesis]. Maejo University.

[17] Edwards, C. A. (2004). *Earthworm ecology* (2nd ed). Florida: CRS Press.

[18] Suthar, S. (2007). Nutrient Changes and Biodynamic of Epigenic Earthworm *Perionyx excavates* (Perrier) During Recycling of Some Agriculture Waste. *Bioresource Tech, 98*(8), 1608-1614.

[19] Le Bayon, R. C., and Binet, F. (2006). Earthworms change the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. *Soil Biology and Biochemistry, 38*(2), 235-246.

[20] Khwairakpam, M., and Bhargava, R. (2009). Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal Hazard Mater, 161*, 948-954.

[21] Hoekstra, N. J., Bosker, T., and Lantinga, E. A. (2002). Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). *Agriculture Ecosystems & Everonment, 93*, 189-196.

[22] Faculty of Soil Science Department. (1987). *Basic agronomy*. Bangkok: Kasetsart University Press.

[23] Jala, A., and Chakhatrakan, S. (2014). Comparision mixing ratio of mung bean seed coat ehich used as bedding material on earthworms (Eudrilus eugeniae and Pheretima peguana) growth. *Thai Journal of science and Technology, 3(*3), 206-215.

[24] Ndegwa, P. M., and Thomson, S. A. (2000). Effect of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolid. *Bioresource Tech, 75*(1), 7-12.

[25] Yadav, K. D., Tare, V., and Ahammed, M. M. (2012). Integrated composting vermicomposting process for stabilization of human faecal slurry. *Ecol. Eng, 47*, 24-29.

[26] Chaimongkhon, N. (2005). *Raising earthworms*. Chaing Mai: Maejo University.

[27] Jaitia, S. (2015). Vermicompost on Organic Waste. *RMUTP Research Journal*, *9*(2), 189-200.

[28] Chanwichaypote, P., Chutichudet, B., and Chutichudet, P. (2019). Effect of types of culture feed on reproduction of African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae)* earthworm and chemical properties of vermicompost. *J Sci Technol MSU, 38*(4), 370-381.

[29] Nuchnoon, J., Lertpanich, K., and Popan, A. (2017). Effect of bedding toward Number of Cocoons, Body Weight and Vermicompost Production of African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae)*. *King Mongkut's Agriculture Journal*, *35*(2), 41-48.

[30] Parthasarathi, K., Ranganathan, L. S., Anandi, V., and Zeyer, J. (2007). Diversity of microflora in the gut and casts of tropical composting earthworms reared on different substrates. *Journal. Environ. Biology, 28*, 87-97.

[31] Eastman, B. R., Kane, P. N., Edwards, C. A., Trytek, L., Gunadi, C., Sterner, A. L., and Mobley, J. R. (2002). The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost Sci Util, 9*, 38-49.

[32] Ciesla, P. R., Barrett, T. J., and Green, T. M. (1993). Escherichia coli O157: H7 infection from a manicured garden. *Lancet*, *7*, 342-367.