วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30:2 (86-96)

คุณภาพปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการ ย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavatus*

Qualities of Vermicompost of Different Types of Waste Using *Perionyx excavatus*

วิศรุต วิชัยวิทย์[1] เบญจมาศ รสโสภา[1]และกรรณิการ์ สัจจาพันธ์[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงิน (*Perionyx excavates*) ซึ่งได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แก่ พืชใบ (ผักกาดแก้วผสมกับกะหล่ำปลี) เปลือกผลไม้ (เปลือกแตงโมผสมกับเปลือกมะละกอ) พืชหัว (แครอท) เศษอาหาร และขยะอินทรีย์ผสม(ขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ ข้างต้นมาผสมในอัตราส่วนเท่าๆ กัน) พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ นั้นมีปริมาณของกรดฮิวมิก อินทรียคาร์บอน ธาตุอาหารหลักของพืชและกิจกรรมของเอนไซม์ที่แตกต่างกัน กรดฮิวมิกที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายพืชหัวมีปริมาณของกรดฮิวมิกมากที่สุดเท่ากับ 33.00±8.20 กรัมต่อกิโลกรัม อินทรียคาร์บอนที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ผสมจะมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 20.97±1.14 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนและโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบจะมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 1.67±0.05 เปอร์เซ็นต์ และ 0.75±0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายพืชหัวจะมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 0.80±0.01 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์พบว่า เอนไซม์ฟอสฟาเตสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเศษอาหารมีปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเตสมากที่สุดเท่ากับ 109.41±7.14 ไมโครกรัมต่อกรัม เอนไซม์ยูรีเอส และเอนไซม์ไคติเนสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายพืชใบจะมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 60.12±4.76 ไมโครกรัมต่อกรัม และ 60.01±8.31 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เอนไซม์โปรตีเอสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายพืชหัวมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 107.22±9.72 ไมโครกรัมต่อกรัม เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเปลือกผลไม้มีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 102.73±5.12 ไมโครกรัมต่อกรัม

คำสำคัญ : ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน กิจกรรมของเอนไซม์ กรดฮิวมิก ไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงิน

Abstract

The aim of this study is to compare the qualities of the vermicomposts obtained from the earthworm of the *Perionyx excavates* species fed with various kinds of leftover organic wastes namely; leaves (the mixture of lettuce and cabbage leaves), peels of fruit (the peels of water melons and papayas), tuber (the carrots), scraps of food and the mixtures of the equal proportion of all the aforementioned items. During the studying process, the quantity of humid acid, the percentage of organic carbon, the percentage of primary nutrient elements and the activities of the enzymes were determined. The study revealed that the vermicompost obtained from the carrots yields the highest level of humic acid of 33.00 ± 8.20 g/kg, the vermicompost obtained from the mixture of equal mixture proportion of left-over food items yields the highest levels of organic carbon of 20.97± 1.14 %, the vermicompost from the mixture of lettuce and cabbage leaves yields the highest total nitrogen and potassium of 1.67±0.05 % and 0.75 ± 0.03 %

[1]ภาควิชาวิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

respectively whereas the vermicompost from the carrots yields the highest phosphorus content of 0.80 ± 0.01 %. As for the enzyme activities, the outcomes of this study reveal that the vermicompost obtained from the carrots yields the highest phosphatase activities at 109.41 ± 7.14 µg/g, the vermicomposts obtained from the scraps of food yields the highest urease and chitinase of 60.12 ± 4.76 µg/g and 60.01 ± 8.31 µg/g respectively. Protease activities were highest in the vermicompost obtained from carrots at 107.22 ± 9.72 µg/g and dehydrogenase activities were found to be highest in the vermicomost obtained from fruit peals of water melons and papayas at 102.73 ± 5.12 µg/g.

Keyword : Vermicompost, Enzymes activities, Humic acid, *Perionyx excavatus*

คำนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร มีผลทำให้ปริมาณขยะและของเสียจากชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ ในประเทศไทยได้มีการสำรวจปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละปี และพบว่ามีปริมาณของขยะเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ.2551 กรมควบคุมมลพิษได้สำรวจปริมาณขยะที่เกิดขึ้นพบว่ามีประมาณ 41,063 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นปริมาณขยะตลอดทั้งปีเท่ากับ 15.03 ล้านตันต่อปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) โดยขยะที่พบส่วนมากเป็นขยะอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ มีกลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งสะสมของโรคต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับขยะอินทรีย์ จึงมีการส่งเสริมให้ประชาชนนำขยะอินทรีย์มาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อบำรุงพืช ดังนั้นฝ่ายคัดแยกผลผลิตมูลนิธิโครงการหลวงซึ่งเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ประสบปัญหาในการจัดการขยะอินทรีย์ เนื่องจากมีผลผลิตทางการเกษตรที่ต้องคัดทิ้งก่อนนำไปจัดจำหน่ายในปริมาณมากโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 200 ตันต่อเดือน จึงมีแนวคิดที่จะนำไส้เดือนดินมาย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่พบได้ทั่วไป มีสองเพศในตัวเดียวกัน สามารถขยายพันธุ์ได้ดี เลี้ยงได้ง่าย และย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้เร็ว (อานัฐ, 2549) ขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายโดยไส้เดือนดินนั้นพบว่ามีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยไส้เดือนดินแล้วจะเรียกว่า มูลไส้เดือนดิน (Earthworm cast) (George, 1994) ในขณะที่หากมูลไส้เดือนดินผสมกับวัสดุรองพื้นที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดินจะเรียกว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) (Reinecke *et al.*,1992) ทั้งนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่มากกว่าปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ทั่วๆไป (George, 1994) นอกจากนี้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินยังพบกรดฮิวมิก ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินและช่วยส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชโดยการเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของเซลล์รากพืช (Valdrighi *et al.*, 1996) และยังช่วยกระตุ้นให้รากพืชสร้างขนรากด้วย (Tallini *et al.*,1991) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์กรดฮิวมิกในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินสายพันธุ์อื่นๆ อีก เช่น การศึกษาของ Rezende และคณะ พบว่ากรดฮิวมิกในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ ครอเลอร์ ย่อยสลายมูลโคพบว่ามีปริมาณของกรดฮิวมิกอยู่ที่ 7.6 กรัมต่อกิโลกรัม (Rezende *et al.*, 1997) นอกจากในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะพบธาตุอาหารพืชและกรดฮิวมิกแล้ว จากการศึกษาของ (Han *et al.*, 2009) ยังพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงิน จะมีปริมาณของ ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด และแคลเซียม มากกว่าเมื่อเทียบกับขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ อีกทั้งการนำไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินซึ่งเป็นไส้เดือนดินที่ปรับตัวและทนต่อสภาพอากาศร้อนได้เป็นอย่างดีมาย่อยสลายขยะอินทรีย์จะทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายของขยะอินทรีย์จะสั้นลงด้วย นอกจากนี้ ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินยังมีเอนไซม์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอยู่ด้วย เช่น เอนไซม์ฟอสฟาเตส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ในดินให้กลายเป็นฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Pramanik *et al.*, 2006) จากการที่ปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยยูเรียกันอย่างแพร่หลาย รวมทั้งจากการศึกษาที่ผ่านมายังพบเอนไซม์ยูรีเอสซึ่งจะช่วยเปลี่ยนรูปของยูเรียให้อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (Nannipieri *et al.*, 1977) ก่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนียจะไปจับกับโปรตอนกลายเป็นแอมโมเนียมที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการพบเอนไซม์ยูรีเอสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะมีประโยชน์มากในดินที่มีสภาพเป็นกรด ในขณะที่เอนไซม์โปรติเอสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินนั้นก็เป็นเอนไซม์ที่ช่วยเปลี่ยนรูปของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของซากพืชซากสัตว์ในดิน ให้กลายเป็นกรดอะมิโนก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็นไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป (Zhang *et al.,* 2000) และยังพบเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนและอีเลคตรอนของสารต่างๆ ในดิน (Masciandaro *et al.,* 2000) และยังเป็นเอนไซม์ที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย (Frankenberger and Dick, 1983) นอกจากการพบเอนไซม์ต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นยังมีการพบเอนไซม์ไคติเนสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถทำลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของราสาเหตุโรคพืช (Zhang *et al.,* 1993) จะเห็นได้ว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมี กรดฮิวมิก ธาตุอาหาร และเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการกำจัดและเพิ่มมูลค่าของขยะอินทรีย์โดยนำมาเป็นปุ๋ยสำหรับปรับปรุงบำรุงดินเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการศึกษากรดฮิวมิก อินทรียคาร์บอน ธาตุอาหาร และเอนไซม์ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกรดฮิวมิก อินทรียคาร์บอน ธาตุอาหาร และเอนไซม์ต่างๆ ที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ต่างประเภทกัน ผลการศึกษาที่ได้จะช่วยการคัดเลือกขยะอินทรีย์ ประเภทต่างๆ มาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากจากการศึกษาก่อนหน้านี้จะพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินนั้นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแต่ขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ไส้เดือนดินและขยะอินทรีย์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงิน (*Perionyx excavates*) มาเป็นไส้เดือนดินที่ใช้ในการศึกษาเนื่องจากไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้สามารถพบได้ทั่วไปในทวีปเอเชีย และปัจจุบันในประเทศไทยนิยมเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้ในเชิงการค้า และนิยมเลี้ยงเพื่อผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน สำหรับขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายสามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ พืชใบ (ผักกาดแก้วผสมกับกะหล่ำปลี) เปลือกผลไม้ (เปลือกแตงโมผสมกับเปลือกมะละกอ) พืชหัว (แครอท) เศษอาหารและขยะอินทรีย์ผสม โดยที่ขยะอินทรีย์ในแต่ละประเภทได้รับความอนุเคราะห์จาก ฝ่ายคัดแยกผลผลิต โครงการหลวง กรุงเทพมหานคร และโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

2. การเตรียมวัสดุและการเลี้ยงไส้เดือนดิน

ภาชนะที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดินนั้นใช้ชั้นพลาสติกขนาด 40 x 60 x 120 เซนติเมตร ชั้นแต่ละหลังมีลิ้นชัก 4 ลิ้นชัก โดยลิ้นชักที่ 1 นับจากบนสุด และลิ้นชักที่ 3 ใช้สำหรับเลี้ยงไส้เดือนดินซึ่งก่อนจะนำมาใช้ ได้เจาะรูที่พื้นลิ้นชักเพื่อเป็นช่องระบายน้ำ ลิ้นชักที่ 2 และ 4 ใช้เก็บน้ำที่ไหลลงมาจากลิ้นชักชั้นบนที่เจาะรูไว้ สำหรับวัสดุรองพื้นที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดินได้แก่ มูลสุกรแห้งและขุยมะพร้าวโดยใช้ผสมกันในอัตราส่วนเท่าๆ กัน ซึ่งก่อนที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน จะนำมูลสุกรแห้งมาตำให้เป็นก้อนเล็กๆ และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรก่อนที่จะนำไปแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3-5 วัน โดยถ่ายเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่มูลสุกรทุกวัน ในส่วนของขุยมะพร้าวนำมาแช่น้ำไว้เป็นเวลา 3-5 วัน และเติมน้ำเป็นระยะเพื่อให้ขุยมะพร้าวอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วจึงนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน นำวัสดุรองพื้นมาบรรจุในลิ้นชักสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดินโดยใส่วัสดุรองพื้นให้มีความหนาประมาณ 15 เซนติเมตร และใส่ไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินปริมาณ 300 กรัมต่อ 1 ลิ้นชัก ให้ขยะอินทรีย์เป็นอาหารสำหรับไส้เดือนดินโดยให้ปริมาณ 600 กรัม ทุกๆ 5 วัน และเก็บปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่เกิดขึ้นทุกๆ 2 เดือน โดยจะต้องนำไปผึ่งในที่ร่มก่อน 1 คืน และแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับวิเคราะห์กรดฮิวมิก อินทรียคาร์บอน และธาตุอาหารเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิห้อง ส่วนที่ 2 สำหรับวิเคราะห์เอนไซม์เก็บใส่ถุงพลาสติกและไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Random Design (CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 ขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบ (ผักกาดแก้วผสมกับกะหล่ำปลีในอัตราส่วน 1ต่อ1)

ตำรับการทดลองที่ 2 ขยะอินทรีย์ประเภทเปลือกผลไม้ (เปลือกแตงโมผสมกับเปลือกมะละกอในอันตราส่วน 1ต่อ1)

ตำรับการทดลองที่ 3 ขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัว (แครอท)

ตำรับการทดลองที่ 4 ขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร

ตำรับการทดลองที่ 5 ขยะอินทรีย์ผสม (ผสมขยะอินทรีย์แต่ละประเภทข้างต้นในอัตราเท่ากัน)

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิวมิก

การวิเคราะห์กรดฮิวมิก ชั่งตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 2 g ละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 40 ml ตั้งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ 100 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง กรองส่วนที่ไม่ละลายออก เก็บส่วนใสที่ได้จากการกรองไว้ นำส่วนที่ไม่ละลายมาเติม Sodium hydroxy 0.5 N อีกครั้ง แล้วเทส่วนใสรวมกับส่วนใสที่ได้จากการกรองครั้งแรก นำมา Hydrochloric acid 0.5 N ปริมาตร 10 ml กรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรอง (กระดาษกรองผ่านการอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียสประมาณ 20 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักกระดาษกรองโดยละเอียดไว้แล้ว) นำตะกอนที่กรองได้พร้อมกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 ชั่วโมง นำมาใส่ใน Desiccator เป็นเวลา 20 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด และนำไปคำนวณหาปริมาณกรดฮิวมิก (Valdrighi et al., 1996)

4. การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน

การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน ชั่งตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 0.1 g ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml เติม Potassium dicromate 1 N ปริมาตร 10 ml และเติม Conc. Sulfuric acid 10 ml และปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น เติม 1,10 Phenanthroline Ferrous sulfate 10 หยด titrate กับ Ferrous sulfate จนได้สารละลายสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดงเมื่อถึงจุดยุติ และนำค่าที่ titrate ได้ไปคำนวณหาปริมาณของอินทรียคาร์บอน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

5. การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของพืช

ไนโตรเจน (Total N) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Kjeldahl Method (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนดินประมาณ 0.3 g เติมกรดผสม (Perchloric acid: Nitric acid ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1) 20 ml ย่อยที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสจนได้ควันสีขาวหรือสารละลายใส โดยใช้เวลา 2-4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาณเป็น 250 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่าง 2 ml นำมาเติม Molybdovanadate reagent ลงไป 10 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

โพแทสเซียม (Total K_2O) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนดินประมาณ 0.5 g เติมกรดผสม (Perchloric acid : Nitric acid ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1) 20 ml ย่อยที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสจนได้ควันสีขาวหรือสารละลายใส โดยใช้เวลา 2-4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาณเป็น 250 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ นำมาเติม Suppressor solution 10 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันและนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 0-25 ppm ที่เตรียมไว้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

6. การวิเคราะห์ปริมาณของเอนไซม์ต่าง ๆ

เอนไซม์ฟอสฟาเตส (Phosphatase) นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 1 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml เติม Multiple Universal Buffer (MUB) ปริมาตร 4 ml และเติม 4-Nitrophenylphosphate ความเข้มข้น 50 mM ปริมาตร 1 ml บ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นหยด Toluene 1 ml ลงไป แล้วเติม Sodium hydroxy ความเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 4 ml เพื่อหยุดปฏิกิริยา บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำมากรองด้วยกระดาษกรอง หลังจากนั้นนำสารละลายใสที่ได้จากการกรองไปวัดโดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm (Tabatabai, 1982)

เอนไซม์ยูรีเอส (Urease) นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 2 g นำมาเติมด้วย Toluene 1.5 ml Urea ความเข้มข้น 0.66 M ปริมาตร 10 ml และ Citrate Buffer pH 6.7 ปริมาตร 20 ml บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำมากรองด้วยกระดาษกรอง และนำสารละลายที่ได้จากการกรองมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนโดยวิธีการเทียบสี โดยใช้ Phenol red 1 ml วัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 580 nm (Parmanik *et al.*, 2006)

เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (Dehydrogenase) นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 0.5 g มาเติม 2,3,5 p-nitrophenyl tetraszolium chloride (TTC) ปริมาตร 1.5 ml บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากบ่มเรียบร้อยแล้วนำสารละลายที่ได้ 1 ml มาเติมด้วยสารผสม (Acetone: Tetrachloroethane อัตราส่วน 1.5 ต่อ 1) ปริมาตร 5 ml นำมาวัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 490 nm (Garcia *et al.*, 1997)

เอนไซม์โปรตีเอส (Protease) นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 1 g เติม Sodium caseinate ความเข้มข้น 100 mM ปริมาตร 2.5 ml และเติมทริสบัฟเฟอร์ (pH 8.1) 2.5 ml บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปเติม Trichloroacetic acid ปริมาณ 1 ml หลังจากนั้น ดูดสารที่ได้ 2 ml เติม Sodium carbonate ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 3ml หลังจากนั้น 30 นาที เติม Folinephenal reagent 1 ml ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปวัดโดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 700 nm (Ladd and Batler, 1972)

เอนไซม์ไคติเนส (Chitinase) นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 2 g มาเติม Citrate Phosphate Buffer pH 5.2 ปริมาณ 1ml นำไปตั้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง และนำสารละลายที่ได้ไปวัดโดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm (Reissig *et al.*, 1955)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระดับปัจจัยด้วยวิธี F-test ($P<0.05$) โดยโปรแกรม SPSS Version 17

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณของกรดฮิวมิกในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน

จากการศึกษาปริมาณของกรดฮิวมิก พบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัวปริมาณกรดฮิวมิกมากที่สุดเท่ากับ 33.00±8.20 g/Kg รองลงมาได้แก่พืชใบมีปริมาณกรดฮิวมิกเท่ากับ 30.25±6.70 g/Kg เปลือกผลไม้ 24.50±5.10 g/Kg ขยะอินทรีย์ผสม 24.30±4.50 g/Kg และน้อยที่สุด ได้แก่ เศษอาหาร 12.22±8.50 g/Kg (Table.1) ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะพบว่ากรดฮิวมิกในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัวมีปริมาณกรดฮิวมิกมากที่สุด และไม่ต่างทางสถิติกับขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้านขยะอินทรีย์ประเภทเปลือกผลไม้ ขยะอินทรีย์ผสมและเศษอาหาร จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณของกรดฮิวมิกที่พบนั้นจะผันแปรไปตามชนิดของอินทรียสารที่เป็นองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลาย (Plaza *et al.*, 2009) เช่นเดียวกับ Parmanik และคณะ ปี ค.ศ.2006 ได้พบว่ากรดฮิวมิกที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ลายเสือ (*Eisenia fetida*)ย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างกันก็ให้ปริมาณกรดฮิวมิกแตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเศษหญ้ามีกรดฮิวมิกประมาณ 0.8 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายมูลโคจะมีกรดฮิวมิกประมาณ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน

จากการศึกษาปริมาณของอินทรียคาร์บอนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทขยะอินทรีย์ผสมมีอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 20.97±1.14% และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ รองลงมา ได้แก่ เศษอาหาร 18.75±0.54% เปลือกผลไม้ 17.23±1.10% พืชใบ 16.13±2.73% และน้อยที่สุดได้แก่พืชหัวมีอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 15.67±0.82% (Table 1) ซึ่งจะพบว่าอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ผสมจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ ซึ่งการพบอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินนั้น Suthar และ Singh ในปี ค.ศ.2008 พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินได้จากการที่ไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินย่อยสลายขยะอินทรีย์ในท้องถิ่นของประเทศอินเดียจะมีอินทรีย์คาร์บอน 20.16 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนที่แตกต่างกันนี้ อาจเกิดจากความแตกต่างของความสามารถในการเปลี่ยนรูปอินทรีย์คาร์บอนของจุลินทรีย์ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน (Pattanik and Reddy, 2009) เนื่องจากการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ และจากกระบวนการ mineralization ของอินทรียวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Crawford, 1983)

3. ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน พบว่า ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการนำไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินมาย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบ จะมีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด 1.67±0.05% และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ รองลงมาได้แก่ เปลือกผลไม้ 1.23±0.15% เศษอาหาร 1.01±0.09% ขยะอินทรีย์ผสม 0.97±0.15% และน้อยที่สุดได้แก่พืชหัว 0.67±0.10% ในขณะที่ปริมาณของฟอสฟอรัสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัวมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 0.80±0.01% และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ รองลงมา ได้แก่ พืชใบ 0.70±0.12% เปลือกผลไม้ 0.65±0.02% เศษอาหาร 0.61±0.01% และน้อยที่สุด ได้แก่ ขยะอินทรีย์ผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.54±0.03% นอกจากนี้ปริมาณของโพแทสเซียมที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบจะมีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 0.75±0.03% รองลงมาได้แก่ พืชหัว 0.68±0.01% เปลือกผลไม้ 0.65±0.14% เศษอาหาร 0.61±0.07% และขยะอินทรีย์ผสม 0.54±0.03% (Table 1) ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินย่อยสลายขยะอินทรีย์ต่างประเภทกัน จะมีปริมาณของธาตุอาหารพืชแตกต่างกัน

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (*Pheretima peguana*) โดย (สุมา, 2549) พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ต่างประเภทกันจะมีปริมาณธาตุอาหารพืชแตกต่างกันเช่นเดียวกัน โดยปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากเศษผักจะมีปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 0.76% 0.26% และ 0.52% ตามลำดับ ในขณะที่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากเศษผลไม้ จะมีปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 0.71 % 0.37 % และ 0.65% ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ที่ย่อยสลายเศษผักและเปลือกผลไม้จะน้อยกว่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบและเปลือกผลไม้ ซึ่งการที่ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์เดียวกันมีปริมาณแตกต่างกันนั้น อาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลาย (Nagavallenmma *et al.,* 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Humic acid, Organic carbon and primary nutrient elements in vermicompost of *Perionyx excavates* from different types of organic waste

Types of Organic Waste	Humic acid (g kg^{-1})	%Organic carbon	Primary nutrient elements		
			%Total N	%Total P_2O_5	%Total K_2O
Leaves	30.25±6.70^{a}	16.13±2.73^{c}	1.67 ±0.05^{a}	0.70 ±0.12^{b}	0.75 ±0.03^{a}
Peel of Fruit	24.50±5.10^{b}	17.23±1.10^{bc}	1.23 ±0.15^{b}	0.65 ±0.02^{c}	0.65 ±0.14^{b}
Tuber	33.00±8.20^{a}	15.67±0.82^{c}	0.67 ±0.10^{d}	0.80 ±0.01^{a}	0.68 ±0.01^{b}
Scrap of food	12.22±8.50^{c}	18.75±0.54^{b}	1.01 ±0.09^{bc}	0.61 ±0.01^{c}	0.61 ±0.07^{b}
Mixtures	24.30±4.50^{b}	20.97±1.14^{a}	0.97 ±0.15^{c}	0.54 ±0.03^{d}	0.54 ±0.03^{c}
F-test	*	*	*	*	*

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT อักษรที่กำกับบนตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ปริมาณของเอนไซม์ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของเอนไซม์ต่างๆ ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน จากการศึกษาพบว่าขยะอินทรีย์ในแต่ละประเภทเมื่อผ่านการย่อยสลายเป็นปุ๋ยมูลไส้เดือนดินแล้วจะมีเอนไซม์ฟอสฟาเตส เอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์โปรตีเอส เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส และเอนไซม์ไคติเนส ในปริมาณที่แตกต่างกัน (Table 2)

Table 2 Enzyme content in vermicompost of *Perionyx excavates* from different types of organic waste

Types of Organic Waste	Enzymes (µg g^{-1})				
	Phosphatase	Urease	Protease	Dehydrogenase	Chitinase
Leaves	102.72±5.04^{a}	60.12 ±4.76^{a}	105.42±2.34^{a}	102.73 ±5.12^{a}	60.01 ±8.31^{a}
Peal of Fruit	76.30±3.67^{c}	23.45 ±5.89^{c}	84.84±7.11^{c}	76.42 ±6.33^{b}	24.45 ±5.16^{d}
Tuber	77.73±4.32^{c}	25.60 ±3.32^{c}	86.01±5.67^{c}	37.83 ±4.56^{d}	27.64 ±4.13^{c}
Food scrap	109.41±7.14^{a}	26.76 ±7.89^{c}	107.22±9.72^{a}	49.40 ±7.11^{c}	25.97 ±7.55^{c}
Mixed	96.87±5.27^{b}	34.98 ±8.75^{b}	91.40±1.85^{b}	36.40 ±3.29^{d}	33.58 ±4.32^{b}
F-test	*	*	*	*	*

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT อักษรที่กำกับบนตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ฟอสฟาเตสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารจะมีเอนไซม์ฟอสฟาเตสมากที่สุด 109.41±7.14 µg/g รองลงมา ได้แก่ พืชใบ เท่ากับ 102.72±5.04 µg/g ซึ่งไม่ต่างทางสถิติกับขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร ขยะอินทรีย์ผสม 96.87±5.27 µg/g พืชหัว 77.73±4.32 µg/g และน้อยที่สุด ได้แก่ เปลือกผลไม้มีปริมาณของเอนไซม์ฟอสฟาเตสเท่ากับ 76.30±3.67 µg/g การที่พบเอนไซม์ฟอสฟาเตสมากที่สุดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ อาจเกิดจากเศษอาหารที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายมีอินทรีย์ฟอสเฟตอยู่มากกว่าขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ ทำให้พบเอนไซม์ฟอสฟาเตสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเศษอาหารมากที่สุด เนื่องจากเอนไซม์ฟอสฟาเตสเป็นเอนไซม์ที่ช่วยย่อยสลายอินทรีย์ฟอสเฟต (Aseri *et al.*, 2009) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของเอนไซม์ฟอสฟาเตสที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินย่อย สลายเศษอาหาร ในครั้งนี้ก็ยังน้อยกว่าการศึกษาของ Ranganathan และคณะ ในปี ค.ศ. 2000 ที่พบเอนไซม์ฟอสฟาเตส 525 µg/g ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ คลอเลอร์ย่อยสลายเศษอาหาร ซึ่งอาจเกิดจากสายพันธุ์ของไส้เดือนดินที่ใช้แตกต่างกัน

ส่วนปริมาณของเอนไซม์ยูรีเอสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบมีเอนไซม์ยูรีเอสมากที่สุดเท่ากับ 60.12±4.76 µg/g รองลงมา ได้แก่ ขยะอินทรีย์ผสม 34.98 ±8.75 µg/g เศษอาหาร 26.76±7.89 µg/g พืชหัว 25.60±3.32 µg/g และเปลือกผลไม้มีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสน้อยที่สุดเท่ากับ 23.45 ±5.89 µg/g การที่พบเอนไซม์ยูรีเอสมากที่สุดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบ เมื่อเปรียบเทียบกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ นั้น อาจเกิดจากขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าขยะอินทรีย์ประเภทอื่น เนื่องจากเอนไซม์ยูรีเอสนั้นมีหน้าที่ในการย่อยสลายไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (Nannipieri *et al.*, 1977) จึงทำให้พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบมีเอนไซม์ยูรีเอสมากที่สุด

สำหรับในส่วนของปริมาณเอนไซม์โปรตีเอสนั้น พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารมีเอนไซม์โปรตีเอสมากที่สุดเท่ากับ107.22±9.72 µg/g รองลงมาได้แก่พืชใบ 105.42±2.34 µg/g ขยะอินทรีย์ผสม 91.40±1.85 µg/g พืชหัว 86.01±5.67 µg/g และเปลือกผลไม้มีเอนไซม์โปรตีเอสน้อยที่สุดเท่ากับ 84.84±7.11 µg/g ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ต่างประเภทกัน ก็จะมีปริมาณของเอนไซม์โปรตีเอสแตกต่างกันด้วย และพบเอนไซม์โปรตีเอสมากที่สุดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารนั้น อาจเกิดจากขยะอินทรีย์ในแต่ละประเภทจะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากเอนไซม์โปรติเอสนั้นเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีน (Lazcano *et al.*, 2007) ดังนั้นปริมาณของโปรตีนในขยะอินทรีย์จะมีผลต่อปริมาณของเอนไซม์โปรติเอสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน ซึ่งจากการศึกษาของ Aira และคณะ (2007) พบว่าเมื่อนำไส้เดือนดินสายพันธุ์ลายเสือมาย่อยสลายมูลสุกรที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ปุ๋ยมูลไส้เดือนดนที่ได้จากการที่ไส้เดือนดินย่อยสลายมูลสุกรที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุดจะมีปริมาณของเอนไซม์โปรติเอสมากที่สุด (Aira *et al.*, 2007)

ในขณะที่การศึกษาปริมาณเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบมีปริมาณเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสมากที่สุดเท่ากับ 102.73±5.12 µg/g รองลงมาได้แก่เปลือกผลไม้ 76.42±6.33 µg/g เศษอาหาร 49.40±7.11 µg/g พืชหัว 37.83±4.56 µg/g และขยะอินทรีย์ผสมมีเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสน้อยที่สุดเท่ากับ 36.40±3.29 µg/g การที่พบเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสมากที่สุดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบนั้น อาจเกิดจากในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากพืชใบมีประชากรของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่มากกว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทอื่น เนื่องจากเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสเป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการเปลี่ยนถ่ายไฮโดรเจนของปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ (Rossel *et al.*, 1997) โดยหากมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่มีชีวิตมากก็จะพบเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในปริมาณมากเช่นเดียวกัน (Romero *et al.*, 2010)

นอกจากนี้จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์ไคติเนสในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบมีเอนไซม์ไคติเนสมากที่สุดเท่ากับ 60.01±8.31 µg/g รองลงมาได้แก่ ขยะอินทรีย์ผสม 33.58±4.32 µg/g พืชหัว 27.64±4.13 µg/g เศษอาหาร 25.97±7.55 µg/g และเปลือกผลไม้มีเอนไซม์ไคติเนสน้อยที่สุดเท่ากับ 24.45±5.16 µg/g และการที่พบเอนไซม์ไคติเนสมากที่สุดในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบ เมื่อเปรียบเทียบกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ นั้น อาจเกิดจากขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายมีราเกิดขึ้น (Hahn, 2001) ทำให้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไคติเนสที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดินผลิตเอนไซม์ไคติเนสออกมา (Arancon and Edwards, 2004) เนื่องจากเอนไซม์ไคติเนสมีหน้าที่ในการย่อยสลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของราชนิดต่างๆ รวมทั้งราสาเหตุโรคพืชอีกด้วย (พัฒนา และคณะ, 2549)

ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเตส เอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์โปรตีเอส เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส และเอนไซม์ไคตีเนส ที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินซึ่งได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ จะพบว่ามีปริมาณของเอนไซม์แตกต่างกัน โดยปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบจะมีผลรวมปริมาณเอนไซม์มากที่สุด เมื่อเทียบกับปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ รองลงมาได้แก่ ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเศษอาหาร ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินซึ่งได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ผสม ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเปลือกผลไม้ และปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัว ตามลำดับ (Figure 1)

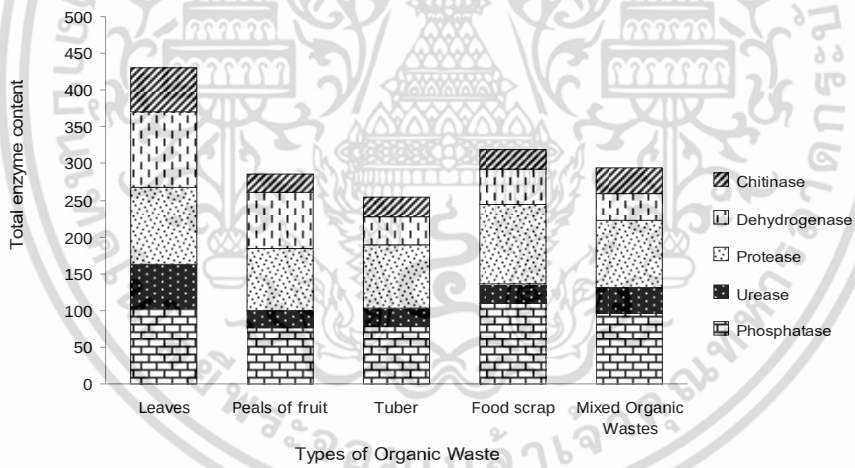

Figure 1 Total of enzyme content in vermicompost of *Perionyx excavates* from different types of organic waste

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แก่ พืชใบ เปลือกผลไม้ พืชหัว เศษอาหาร และขยะอินทรีย์ผสม พบว่า มีกรดฮิวมิก ธาตุอาหารหลักของพืช และเอนไซม์ต่างๆ ปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบจะมีปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (1.67±0.05%) ฟอสฟอรัส (0.80±0.01%) เอนไซม์ยูรีเอส (60.12±4.76 µg/g) เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (102.73±5.12 µg/g) และเอนไซม์ไคติเนส (60.01±8.31 µg/g) มากที่สุด ขณะที่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ประเภทพืชหัวจะมีปริมาณของกรดฮิวมิก (33.00±8.20 g/Kg) และโพแทสเซียม (0.75±0.03%) มากที่สุด ส่วนปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารจะมีปริมาณของเอนไซม์ฟอสฟาเตส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(109.41±7.14 µg/g) และเอนไซม์โปรติเอส (107.22±9.72 µg/g) มากที่สุด และปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากขยะอินทรีย์ผสมจะมีปริมาณของอินทรีย์คาร์บอน (20.97±1.14%) มากที่สุด ทั้งนี้หากพิจารณาถึงประเภทของขยะอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการนำมาให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์สีน้ำเงินย่อยสลายจะพบว่าขยะอินทรีย์ประเภทพืชใบจะมีความเหมาะสมมากกว่าขยะอินทรีย์ประเภทอื่น เนื่องจากเป็นขยะอินทรีย์ประเภทที่หาได้ง่าย และปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จะมีปริมาณ กรดฮิวมิก อินทรียคาร์บอน ธาตุอาหารหลักของพืช และเอนไซม์ต่างๆ ในภาพรวมดีที่สุดเมื่อเทียบกับขยะอินทรีย์ประเภทอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2551 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 48-49 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 18–30 น.

นิรันดร์ หิรัญสุข. 2547. ศักยภาพจากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima peguena* ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ และการผลิตปุ๋ยหมักในสภาพเลียนแบบธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 193 น.

พัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์. ปิยะพงษ์ เอื้อจิระพงษ์พันธ์. ชบา จำปาทอง. 2549. การถ่ายยีนไคติเนส ในข้าวโพดหวานไทยสายพันธุ์แท้ด้วยวิธีการยิงอนุภาคและอะโกรแบคทีเรียม. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. 4: 375-384

สุมา หนูแก้ว. 2549 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและปริมาณของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆของไส้เดือนดินกำจัดขยะที่เป็นการค้าในระบบการผลิตพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 121 น.

อานัฐ ตันโช. 2549. ไส้เดือนดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 49-83 น.

Aira, M., F. Monroy and J. Dominquez. 2007 Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. Sc.Total. Environ. 385: 252-261

Arancon, N.Q. and C.A. Edwards. 2004. Vermicomposts can suppress plant pest and disease attacks. Biocycle March. : 51-53

Aseri, G.K., N. Jain and J.C. Tarafdar. 2009. Hydrolysis of Organic Phosphate Forms by Phosphatase and Phytase Producing Fungi of Arid and Semi Arid soils of India. J. Agric. & Environ. Sci. 5(4): 564-570

Benitez, E., H. Sainz and R. Nogales. 2005. Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the Vermi-composting of a lignocellulosic olive waste. Bio. Tech. 96: 785-790.

Crawford, J.H. 1983 Review of composting. Process of Biochemistry. 18: 14-15

Frankenberger W.T. and W.A. Dick. 1983. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. Soil. Sci. Soc. Am. .J 47 : 945-951

Garcia, C., T. Hernandez. and F. Costa. 1997. Potential use of dehydrogenase activity as an index of microbial activity in degraded soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28: 123-134.

Gopinath, K.A., S. Saha, B.L. Mina, H. Pande, S. Kunda and H.S. Gupta. 2008. Influence of amendment on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. Nutr Cycl Agroecosyst. 82: 51-60.

Hahn, G.E., 2001 Methods of using worm casting for insect repellency. US Patent 6475503, 2pp

Plaza, C., B. Xing, J.M. Fernandez, N. Senesi and A. Polo. 2009 Binding of polycyclic aromatic hydrocarbons by humic acids formed during composting. J.Envpol. 157: 257-263

Pramanik, P., G.K. Ghosh, P.K. Ghosal and P. Banik. 2006. Changes in organic – C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. Bio. Tech. 98: 2485-2494.

Parmanik, P. 2010. Changes in enzymatic activities and microbial properties in vermicompost of water hyacinth as affected by pre-composting and fungal inoculation: A comparative study of ergosterol and chitin for estimating fungal biomass. Waste. Manag. 30: 1472-1476

Pattnaik, S. and M. Vi. Reddy. 2009. Nutrient status of vermicompost of urban green waste processed by three earthworm species- *Eisenia fetida, Eudrilus eugeniae, and Perionyx excavatus* . Applied and Environmental Soil Science.1-13

Ladd, J.N. and A. Batler. 1972. Short- term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipederivatives as substrates. Soil Biol. Biochem. 4: 19-3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lazcano, C., M.G. Brandon and J. Dominquez. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicom - posting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere. 72: 1013-1019.

Manuel, A., F. Monroy And J. Dominquez. 2007. Earthworm strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. J. Scitotenv. 385: 252-261.

Masciandaro, G., B. Ceccanti, V. Ronchi and C. Bauer. 2000. Kinetic parameter of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilizers. Biol. Fertil. Soils. 32 : 479-483.

Nagavallemma, K.P., S.P. Wani, S. Lacroix, V.V. Padmaja, C. Vineela, R.M. Babu, and K.L. Sahrawat. 2004. Vermicomposting : recycling wastes into valuable organic fertilizer. Andhra Pradesh. India : ICRISAT.

Nannipieri, P., S. Cervelli, G. Giovannini, and A. Perna. 1977. Effect of soil on urease inhibition by substituted urea herbicides. 9: 393-396.

Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzymes, pp. 903-947 *In*. R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbial Properties 2. American Society of Agronomy Madison. Wisconsin

Ranganathan, L.S. K. Parthasarathi and S.P. Vinotha, 2000. Enhanced phosphatase activity in earthworm casts is more of Microbial origin Curr. Sci. 79: 1158-1159

Reissig, J.L., J.L. Strominger and L.F. Leloir. 1955. A modified colorimetric method for the estimation of N-acetylamino sugars. J. Biol. Chem. 217: 959-966.

Rezende, M.O.O., M.D. Landgraf and S.C. Silva. 1997. Mechanism of metribuzin herbicide sorption by humic acid samples from peat and vemicompost. Anal. Chim. Acta. 368: 155-164.

Romero, E., B.J. Fernandez, J.M.C. Diaz and R. Nogales. 2010 Enzyme activities and diuron persistence in soil amended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea. App. Soil. Eco. 44: 198-204

Rossel, D., J. Tarradellas, G. Bitton and J.L. Morel. 1997. Use of enzymes in ecotoxicology: a case for dehydrogenase and hydrolytic enzymes. In: Tarradellas J., G. Bitton, and D. Rossel. Eds. Soil Ecotoxicology, 1st edn. Boca Raton: CRC Lewis Publisher. pp.172-192

Suthar, S. and S. Singh. 2008. Vermicomposting by dometic waste by using two epigenic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). J. Environ. Sci. Tech. 5: 99-106.

Tallini, M., L.A. Bertoni and M.L. Traversim. 1991. Effect of humic acids on growth and biomass partitioning of container growth olive plants. Acta Horticulture. 294: 75-80.

Valdrighi, M.M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant(*Cichorium intybus*)soil system: a comparative study. Agric. Ecosyst. Environ. 58: 133–144.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้