

การคัดแยกเชื้อราผลิตเอนไซม์โปรติเอสจากลำไส้ไส้เดือนดินชนิด *Metaphire posthuma*

Isolation of fungi producing protease enzymes from the gut of earthworm *Metaphire posthuma*

รุ่งโรจน์ ไกรสิทธิพานิชย์*

Rungroj Kraisittipanit*

อาจารย์สาขาชีววิทยา ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพพรีคลินิก คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

ไส้เดือนดิน *M. posthuma* มีความสำคัญต่อคุณภาพทางนิเวศวิทยาดิน โดยจะกินซากพืชซากสัตว์แล้วถ่ายมูลที่มีประโยชน์เข้าสู่ดิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อราที่คัดแยกได้มาจากลำไส้ของไส้เดือนดิน *M. posthuma* ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เชื้อราไอโซเลต E31 ไอโซเลต E39 และไอโซเลต E41 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสในอาหารสูตร skim milk agar วัดสัดส่วนค่า C/G ของเชื้อราไอโซเลต E31 ไอโซเลต E39 และไอโซเลต E41 ได้ 1.17, 1.50 และ 1.08 ตามลำดับ โดยเชื้อราไอโซเลต E31 มีลักษณะสัณฐานวิทยาจัดอยู่ในสกุล *Mucor* ส่วนเชื้อรา E39 และ E41 จัดอยู่ในสกุล *Penicillium* ผลการวิจัยสามารถนำมาต่อยอดเพื่อสกัดเอนไซม์โปรติเอสสำหรับทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อเชื้อก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ได้

คำสำคัญ:

ไส้เดือนดิน, เมทาไฟด์ โพสทูมา, โปรติเอส, เชื้อรา, ลำไส้ไส้เดือนดิน

Abstract

The earthworm (*M. posthuma*) has importance to soil ecosystem quality, it engulfs death plant and animal and secretes casting into soil mass. The aim of this research was to study the fungi producing protease efficiency isolated from *M. posthuma* gut. The result indicated that isolate E31, isolate E39 and isolate E41 could produce protease enzyme in skim milk agar by estimating the C/G ratio in isolate E31, isolate E39 and isolate E41 as 1.17, 1.50 and 1.08 respectively. Fungi isolate E31 showed the morphology as genus *Mucor* and isolate E39 and E41 showed as genus *Penicillium*. The result could apply for extracting cellulase enzyme for testing biological property to pathogen both in human and animal.

Keyword:Earthworm, *Metaphire posthuma*, Protease, Mold, Earthworm gut

Correspondence to: Rungroj Kraisittipanit

Faculty of Medicine, Bangkokthongburi University
Thawi Watthana, Bangkok 10170, Thailand
E-mail: rungroj.kra@bkkthong.ac.th

J Med Glob 2024 Sep; 3(3)

Website: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JMedGlob>

ISSN: 2821-918X (Online)

Received 30 August 2024; revised 14 November 2024; accepted 18 December 2024

How to cite this article: Rungroj Kraisittipanit. Isolation of fungi producing protease enzymes from the gut of earthworm *Metaphire posthuma*. J Med Glob. 2024 Sep;3(3): 70-74.

บทนำ

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศดิน เนื่องจากมีส่วนช่วยพัฒนาคุณภาพดินผ่านกระบวนการกินและย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ที่ตายแล้ว โดยในกระบวนการย่อยอาหารของไส้เดือนดิน ระบบลำไส้ซึ่งเต็มไปด้วยจุลินทรีย์หลากหลายชนิดจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ไส้เดือนกินเข้าไปให้กลายเป็นแร่ธาตุ วิตามิน และเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการย่อยสลายวัสดุต่าง ๆ ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร เมื่อสารเหล่านี้ถูกขับออกมาผสมในดินจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช จากการศึกษาของ Kraisittipant และคณะ⁽¹⁾ พบว่า ในลำไส้ของไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อราจำนวนมาก และบางชนิดสามารถผลิตสารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น สารไซโตโรฟอรัส ฮอร์โมนออกซิน และฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยเพิ่มความสามารถของพืชในการดูดซึมธาตุอาหารและส่งเสริมการเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในบรรดาไส้เดือนดินชนิดต่าง ๆ *Metaphire posthuma* เป็นชนิดที่น่าสนใจ เนื่องจากมีรายงานการตรวจพบสารไซโตโรฟอรัสในปริมาณสูงเพียงพอที่จะเป็นตัวกระตุ้นการเติบโตของพืช เช่น เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ว่าในลำไส้ของไส้เดือนดินชนิดนี้อาจมีเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์สำคัญ เช่น โปรติเอส (protease) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการย่อยโปรตีน เอนไซม์โปรติเอสนี้ยังมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคบางชนิด ทำให้มีความสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมทางการแพทย์และการเกษตร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อราจากลำไส้ของไส้เดือนดิน *M. posthuma* ที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรติเอส ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาวิธีการยับยั้งเชื้อก่อโรค การพัฒนาเอนไซม์เพื่อการใช้งานในอุตสาหกรรม และการสร้างผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพในอนาคต.

วิธีวิจัย

1. การเก็บรวบรวมไส้เดือนดินและจำแนกชนิดไส้เดือนดิน

ทำการเก็บตัวอย่างไส้เดือนดิน *Metaphire posthuma* จากพื้นที่สวนกล้วย ในจังหวัดนครปฐมจำนวน 3 จุด โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 4-5 ตัวอย่าง เริ่มจากการค้นหามูลของไส้เดือนดินในบริเวณเป้าหมาย เมื่อพบแล้วกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เมตร และขุดดินลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร จากนั้นทำการคัดแยกไส้เดือนดินเบื้องต้นโดยสังเกตพฤติกรรมเฉพาะตัวของไส้เดือนดิน *M. posthuma* ซึ่งจะขดตัวเมื่อได้รับแรงสั่นสะเทือนหรือเมื่อป้องกันตัวเอง แล้วจึงใช้มือคัดแยกไส้เดือนดิน (hand sorting) เมื่อได้ตัวอย่างไส้เดือนดินแล้วนำเข้าสู่กระบวนการทำให้สลบในห้องปฏิบัติการด้วยเอทานอลความเข้มข้น 30% V/V ก่อนยืนยันลักษณะของไส้เดือนดิน *M. posthuma* ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา (ภาพ 1)

2. การเตรียมอาหารและการคัดแยกเชื้อราจากลำไส้ไส้เดือน

2.1 การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อรา

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) โดยเริ่มจากผสม Potato Dextrose Broth (Himedia) ปริมาณ 30 กรัม เข้ากับผงวุ้น 15 กรัม ในขวดผสม จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และคนให้เข้ากัน โดยใส่แท่งแม่เหล็กกวนสารลงไปด้วย เพื่อเตรียมสำหรับผสมยาปฏิชีวนะในขั้นตอนต่อไป หลังจากผสมอาหารและวุ้นเรียบร้อยแล้ว ให้นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดัน (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121.5 องศาเซลเซียส และความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ให้เติมยาปฏิชีวนะ 2 ชนิด ได้แก่ Chloramphenicol 10% W/V และ Streptomycin 2% อย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นคนให้สารผสมเข้ากันดีแล้วปล่อยให้อุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงจนถึงประมาณ 50 องศาเซลเซียส หรืออยู่ในระดับที่สามารถจับด้วยมือได้ ก่อนนำไปเทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อในตู้เชื้อเชื้อ (laminar flow cabinet) เพื่อป้องกันการปนเปื้อน.



ภาพ 1 ลักษณะพฤติกรรมการหดตัวของไส้เดือนดิน *M. posthuma* (A) และลักษณะสัณฐานวิทยากายนอก (B) และโครงสร้างกายนอกแสดงให้เห็นส่วนของ Clitellum และโครงสร้างกายนอกที่สำคัญจากกล้องจุลทรรศน์ (C)

2.2 การคัดแยกเชื้อราจากลำไส้ไส้เดือนดิน

ใช้กรรไกรผ่าตัดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง แยกลำไส้ของไส้เดือนดินแต่ละชนิด โดยขูดเนื้อเยื่อส่วนลำไส้ปริมาณ 0.1 กรัมจากแต่ละตัวอย่างและใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งแล้ว จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วปริมาณ 900 ไมโครลิตรลงในหลอด แล้วทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเจือจางสารละลายจากลำไส้ไส้เดือนดินให้ได้ความเข้มข้น 10^{-3} ถึง 10^{-5} ซึ่งเป็นช่วงที่มีจำนวนโคโลนีของเชื้อราเหมาะสมในการคัดแยกเชื้อ (30-300 cfu/ml) โดยดูดของเหลวปริมาณ 100 ไมโครลิตรจากแต่ละความเข้มข้นมาเกลี่ย (spread plate) ลงบนเพลตอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) นำเพลตไปบ่มในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาเชื้อราจะขึ้นบนเพลต (ภาพ 2) ใช้มีดผ่าตัดที่นึ่งฆ่าเชื้อ เก็บแยกโคโลนีเชื้อราที่มีลักษณะแตกต่างกันออกมาและวางลงบนเพลตอาหาร PDA ใหม่ แล้วบ่มต่อในอุณหภูมิห้องอีก 3 วัน หรือจนกระทั่งโคโลนีเชื้อรามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 นิ้ว จากนั้นใช้มีดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ตัดชิ้นวุ้นจากเพลตเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 2×2 เซนติเมตร และเก็บในหลอดเก็บตัวอย่างที่บรรจุกลีเซอรอลเข้มข้น 15% V/V ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ก่อนนำหลอดเก็บตัวอย่างไปแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในงานทดลองหรือการเก็บรักษาต่อไป



ภาพ 2 โคโลนีของเชื้อราที่ขึ้นบนอาหาร PDA ที่บ่มไว้เป็นเวลา 3 วัน

3 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อรา

3.1 การเตรียมอาหาร skim milk agar

เตรียมอาหาร skim milk agar (SM agar) ซึ่งประกอบด้วยเปปโตน 4 กรัม ผง skim milk 10 กรัม ผงวุ้น 15 กรัม ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาณของเหลวให้ได้ 1,000 ml จึงนำอาหารที่ได้นี้มาฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่ 121.5 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำมาเทลงเพลตเพื่อใช้สำหรับทดสอบการสร้างเอนไซม์โปรติเอสต่อไป

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อรา

นำเชื้อราจากตู้ -20 องศาเซลเซียสมาละลายโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำชิ้นวุ้นของเชื้อราที่ได้มาวางบนอาหาร SM agar ก่อนนำไปบ่มในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดนำเชื้อราตรวจดู ถ้าเชื้อราผลิตเอนไซม์โปรติเอสจะเกิดวงใสรอบโคโลนี (clear zone; C) ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (growth; G) 3 ชั่วโมงกับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยมาคำนวณสัดส่วนโซนใสเฉลี่ยต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (C/G) จะทราบประสิทธิภาพของเชื้อราในการผลิตเอนไซม์โปรติเอส

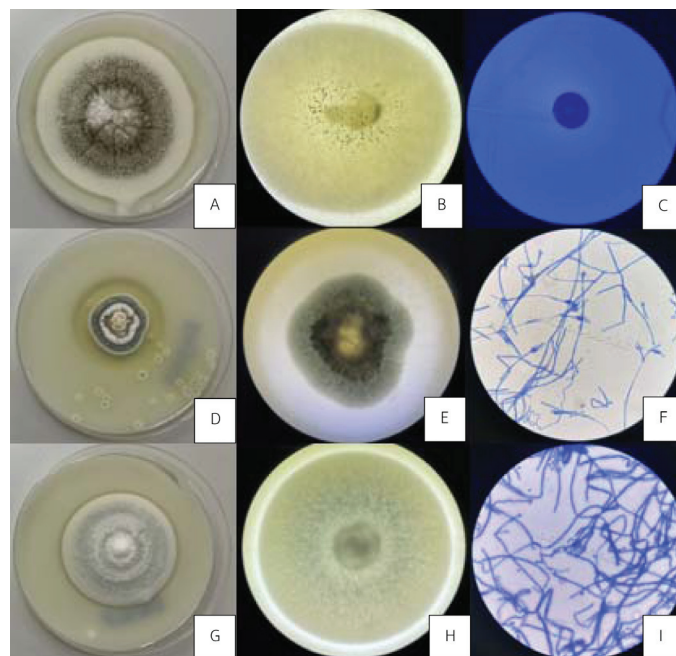
4. ตรวจสอบสกุลของเชื้อรา

นำเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการสร้างเอนไซม์โปรติเอสมาตรวจสอบฐานวิทยาเบื้องต้น โดยดูลักษณะของโคโลนี สีโคโลนี ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จากนั้นดูลักษณะของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ โดยใช้สีย้อม lactophenol blue

ผลวิจัย

คัดแยกเชื้อราจากลำไส้ของลำไส้ไส้เดือนดิน *M. posthuma* จำนวน 17 ไอโซเลต จากการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรติเอสด้วยอาหาร SM agar พบว่ามีเชื้อรา 3 ไอโซเลต ที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสได้ คือ ไอโซเลต E31 ไอโซเลต E39 และไอโซเลต E41 โดยวัดค่า C/G ของไอโซเลต E31 ได้ 1.17 ไอโซเลต E39 วัดค่า C/G ได้ 1.50 และเชื้อราไอโซเลต E41 วัดค่า C/G ได้ 1.08 E44 (ตาราง 1) โดยเชื้อราไอโซเลต E39 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสได้ดีที่สุด ($P < 0.01$) ลักษณะวงใสของแต่ละไอโซเลตแสดงในภาพ 3A ภาพ 3D และ ภาพ 3G

โดยเชื้อราไอโซเลต E31 มีลักษณะเส้นใยฟูมีขอบเขตชัดเจน สีครีม สร้างสปอร์สีดำ (ภาพ 3B) สร้าง Sporangiospore (ภาพ 3C) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของราในสกุล *Mucor* ส่วนเชื้อราไอโซเลต E39 มีลักษณะโคโลนีสีขาวเทา สร้างสปอร์สีเทา (ภาพ 3E) สร้าง Conidia (ภาพ 3F) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของเชื้อราสกุล *Penicillium* สำหรับไอโซเลต E41 สร้างโคโลนีสีขาว สร้างสปอร์สีเทา (ภาพ 3H) สร้าง Conidia (ภาพ 3I) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของเชื้อราสกุล *Penicillium*



ภาพ 3 แสดงวงใส ลักษณะโคโลนี และลักษณะสปอร์ของเชื้อราไอโซเลต E31 (A-C) E39 (D-F) และ E41 (G-I)

ตาราง 1 แสดงค่าอัตราส่วนการสร้างไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต

รหัสเชื้อราจากลำไส้ไส้เดือน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนี (มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (มม.)	ค่า C/G
E2	3.2 ± 0.03	ไม่สร้างวงใส	Neg
E18	3.6 ± 0.07	ไม่สร้างวงใส	Neg
E23	2.9 ± 0.02	ไม่สร้างวงใส	Neg
E25	3.5 ± 0.03	ไม่สร้างวงใส	Neg
E26	4.8 ± 0.08	ไม่สร้างวงใส	Neg
E28	3.8 ± 0.06	ไม่สร้างวงใส	Neg
E30	3.1 ± 0.07	ไม่สร้างวงใส	Neg
E31	2.4 ± 0.03	2.8 ± 0.07a	1.17b
E37	5.2 ± 0.10	ไม่สร้างวงใส	Neg
E38	4.5 ± 0.01	ไม่สร้างวงใส	Neg
E39	1.6 ± 0.01	2.4 ± 0.13b	1.50a
E40	3.3 ± 0.03	ไม่สร้างวงใส	Neg
E41	2.3 ± 0.12	2.5 ± 0.09b	1.08b
E42	3.3 ± 0.05	ไม่สร้างวงใส	Neg
E43	4.4 ± 0.12	ไม่สร้างวงใส	Neg
E44	3.3 ± 0.02	ไม่สร้างวงใส	Neg
E45	3.5 ± 0.23	ไม่สร้างวงใส	Neg

Neg หมายถึง ไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสที่ดี

อภิปราย

จากการศึกษานี้พบเชื้อรา 3 ไอโซเลตจากลำไส้ของไส้เดือนดิน *Metaphire posthuma* ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์โปรติเอส ได้แก่ ไอโซเลต E31, E39 และ E41 โดยไอโซเลต E39 แสดงค่า C/G สูงสุดที่ 1.50 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kraisittipanit และคณะ⁽¹⁾ ซึ่งระบุว่าในลำไส้ของไส้เดือนดินมีเชื้อราหลายชนิดที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน

นอกจากนี้ งานวิจัยของ Bhadauria และคณะ⁽²⁾ พบว่าเชื้อราสกุล *Aspergillus* ที่อาศัยในลำไส้ของไส้เดือนดินมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสซึ่งมีประสิทธิภาพสูง โดยพบว่าเอนไซม์นี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมเชื้อก่อโรคในดินและช่วยสร้างสมดุลให้กับระบบนิเวศ งานวิจัยของ Pathma และ Sakthivel⁽³⁾ ก็สนับสนุนว่าลำไส้ของไส้เดือนดินเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งมีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในดินและอาจนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ด้านจุลชีพในอนาคต

การวิจัยอื่นๆ โดย Jayasree และคณะ⁽⁴⁾ ยังระบุว่าเชื้อราในลำไส้ของไส้เดือนดินมีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนและสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพดินและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะในระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับพืช นอกจากนี้ ยังมีรายงานโดย Parthasarathi

และ Ranganathan⁽⁵⁾ ที่ยืนยันว่าเชื้อราที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของไส้เดือนสามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการควบคุมเชื้อโรคในพืชและดินได้

ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราจากลำไส้ของไส้เดือนดิน *M. posthuma* มีศักยภาพสูงในการผลิตเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยโปรตีนและสามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการควบคุมเชื้อก่อโรคในดินและในทางการแพทย์ เช่น การพัฒนาเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในระบบร่างกาย

สรุปผลการทดลอง

ลำไส้ของไส้เดือนดิน *M. posthuma* มีเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรติเอส ได้แก่ เชื้อราไอโซเลต E31, E39 และ E41 ซึ่งมีค่า C/G เท่ากับ 1.17, 1.50 และ 1.08 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบหลักฐานวิทยาพบว่าเชื้อรา E31 จัดอยู่ในสกุล *Mucor* ส่วนเชื้อรา E39 และ E41 จัดอยู่ในสกุล *Penicillium* ทั้งนี้เอนไซม์โปรติเอสที่ผลิตโดยเชื้อราเหล่านี้มีอาจมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ เนื่องจากเอนไซม์โปรติเอสมีบทบาทสำคัญในการย่อยโปรตีนซึ่งอาจนำไปใช้ในกระบวนการรักษาและฟื้นฟูบาดแผล โดยช่วยย่อยสลายเนื้อเยื่อที่เสียหายและเร่งกระบวนการซ่อมแซม ซึ่งเป็นแนวทางที่พัฒนาต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

หากนำเชื้อราที่ผลิตโปรตีนได้มากมาสกัด จะสามารถนำเอนไซม์ดังกล่าว มาศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไปได้ รวมถึงอาจมีผลต่อการยับยั้งเชื้อโรคบางชนิด ในดิน ซึ่งอาจติดต่อมาสู่คน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงสาขาชีววิทยา สาขาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัยและการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Kraisittipanit R, Tancho A, Aumtong S. Bacterial diversity from metagenome in microbiome of vermicomposting liquid from *Perionyx* sp. 1 earthworm by next generation sequencing. *Proceeding of Science Technology and Innovation Conference*, Maejo University, March 19;2021:663-8.
2. Bhadauria S, Kumar P, Verma M. Protease producing potential of *Aspergillus* species from earthworm gut. *J Basic Microbiol.* 2017;57:63-9.
3. Pathma J, Sakthivel N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus.* 2021;1:26.
4. Jayasree R, Parthasarathi K, Ranganathan LS. Production of proteases by microbial communities in earthworm casts. *Environ Microbiol.* 2011;13:1601-10.
5. Parthasarathi K, Ranganathan LS. Aging effect on enzyme activities in pressmud vermicasts of *Lampito mauritii* (Kinberg) and *Eudrilus eugeniae* (Kinberg). *Bio Fertil Soils.* 2000;30:387-50.