การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) ในบริเวณแม่น้ำมูลจังหวัดอุบลราชธานี

The digestive enzymatic activity of Northeastern Siamese tigerfish (*Datnioides undecimradiatus*) in Mun river on Ubon Ratchathani province

สายฝน แก้วดอนรี* กาญจนา พยุหะ และธนาทิพย์ แหลมคม

*สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Email: s.kaewdonree@gmail.com

บทคัดย่อ

ปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในธุรกิจปลาสวยสวยงาม ปัจจุบันจำนวนประชากรปลาในธรรมชาติลดลงเป็นอย่างมาก ในประเทศไทยพบในแม่น้ำมูลและแม่น้ำโขง IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) จัดปลาเสือตอลายเล็กให้อยู่ในสถานภาพมีความเสี่ยงสูญพันธุ์ไปจากธรรมชาติในภายหน้า (Vulnerable; VU) ปัจจุบันปลาเสือตอลายเล็กที่จำหน่ายในตลาดปลาสวยงามได้จากการจับจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการโภชนะของปลาเสือตอลายเล็กเพื่อการเพาะเลี้ยงในอนาคต โดยศึกษารูปแบบกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร 3 ชนิด คือ โปรติเอส อะไมเลส และไลเปส ในทางท่อทางเดินอาหาร โดยรวบรวมตัวอย่างปลา 4 ขนาด ได้แก่ 45, 75, 100 และ 200 กรัม จากแม่น้ำมูลในเขตอำเภอพิบูลมังสาหาร และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี และศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้ กระเพาะอาหารของปลาเสือตอลายเล็กทุกขนาดมีรูปร่างแบบตัว J มีกล้ามเนื้อแข็งแรง เป็นลักษณะของกระเพาะอาหารกลุ่มปลากินเนื้อ (carnivore) สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสสูงสุด ทั้งจากในกระเพาะอาหารและลำไส้ ตามด้วย กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสและไลเปส โดยมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) พบกิจกรรมสูงสุดในปลาขนาด 100 กรัม รองลงมาได้แก่ปลาขนาด 45 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 1.02±0.05 และ 0.74±0.02 U/mg protein/min ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสพบมีค่าสูงสุดในลำไส้ ของปลาขนาด 200 กรัม โดยมีค่า 38.88±0.26 mU/mg protein/min รองลงมาได้แก่ในกระเพาะอาหารของปลาขนาด 75 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 13.94±0.72 mU/mg protein/min โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) และกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารและลำไส้ พบกิจกรรมสูงสุดในปลาขนาด 75 และ45 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 0.62±0.09 และ 0.42±0.05 mU/mg protein/min โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) แต่กิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากการที่รูปแบบกิจกรรมเอนไซม์ (enzyme activities pattern) ของปลาเสือตอลายเล็กที่มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุดและมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสและอะไมเลส แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการย่อยอาหารประเภทโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นรูปแบบการย่อยอาหารของปลากินเนื้อ โดยพบลักษณะดังกล่าวในปลาเสือตอลายเล็กทุกขนาดที่ศึกษา

คำสำคัญ: เสือตอลายเล็ก ระบบย่อยอาหาร กิจกรรมของเอนไซม์ โปรติเอส อะไมเลส ไลเปส

Abstract

Northeastern Siamese tigerfish, *Datnioides undecimradiatus* is one of the most economically ornamental freshwater fish. Currently the wild population has decreased dramatically, and found only in the Mun and the Mekong river. It is categorized in the Red List IUCN ((International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) as vulnerable species (VU). The objective of the study was to determine the pattern of digestive enzyme activity of Northeastern Siamese tigerfish i.e. protease, amylase and lipase respectively. Fish with four sizes of 45, 75, 100 and 200 g. respectively were collected from the Mun river in Pibunmangsahan and Khongchium district of Ubon Ratchathani province, Northeast of Thailand. The results showed that all fish had the J – shape stomach with strong muscle which is the characteristic of carnivorous fish. The most highest value (P<0.05) of enzyme activity was found in protease of both stomach and intestine following by amylase and lipase respectively with significantly different. The highest protease activity was found in 100 g. fish following by 45 g. fish with significantly different (P<0.05) i.e. 02±0.05 and 0.74±0.02 U/mg protein/min respectively. The highest amylase activity was found in the intestine of 200 g. fish following by 75 g. fish which was found in the stomach with significantly different (P<0.05) i.e. 13.94±0.72 and 38.88±0.26 mU/mg protein/min respectively. The highest lipase activity was found in the stomach of 75 g. fish following by the intestine of 45 g. i.e. 0.62±0.09 and 0.42±0.05 mU/mg protein/min respectively. Lipase activity in the stomach showed significantly different among sizes (P<0.05) while lipase activity in the intestine showed no significantly different among sizes(P>0.05) . As the enzyme activity pattern of fish showed the protease activitiy in the digestive tract of all fish was highest and significantly higher than (P<0.05) the amylase and lipase activitiy, it is the characteristic of carnivorous fish's digestive tract which digest most of dietary protein.

Keywords: *Datnioides undecimradiatus*; digestive system; enzymatic activity; protease; amylase; lipase

บทนำ

ปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในธุรกิจปลาสวยสวยงาม เนื่องจากรูปร่างและพฤติกรรมคล้ายกับปลาเสือตอลายใหญ่ (*D. pulcher*) ปลาเสือตอลายเล็กมีรูปร่างลำตัวบางและลายเส้นที่พาดผ่านลำตัวที่เล็กกว่า ส่วนหัวลาดกว่าปลาเสือตอลายใหญ่ เกล็ดมีขนาดใหญ่กว่า พื้นลำตัวค่อนข้างไปทางสีเหลืองอ่อนหรือขาว ปลาชนิดนี้อาศัยอยู่บริเวณตอไม้ โพลงหินใต้น้ำ มีพฤติกรรมชอบหลบซ่อน ซุ่มดักจับเหยื่อ พบมากในแม่น้ำโขง และแม่น้ำสาขา บริเวณจังหวัดหนองคาย นครพนม มุกดาหาร อุบลราชธานี และยโสธร รวมถึงตอนล่างของประเทศเวียดนาม ปัจจุบันปลาเสือตอลายเล็กในธรรมชาติ ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว แต่ยังคงสามารถพบได้ในแม่น้ำมูลและแม่น้ำโขงในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมปลาเสือตอลายเล็กที่สำคัญในขณะนี้เพื่อส่งเข้าตลาดปลาสวยงามทั้งในและนอกประเทศ ปลาในตลาดปลาสวยงามได้จากการจับจากธรรมชาติทั้งหมด และการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งเพาะขยายพันธุ์ จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้ปลาเสือตอลายเล็กในธรรมชาติลดจำนวนลง IUCN (The World Conservation Congress) จัดปลาเสือตอลายเล็กให้อยู่ในสถานภาพมีความเสี่ยงสูญพันธุ์ไปจากธรรมชาติ

ในภายหน้า (Vulnerable; VU) แม้กรมประมงจะสามารถเพาะขยายพันธุ์ได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดหลายประการ อาทิเช่น ปัญหาด้านการจัดการอาหารให้เหมาะสมกับลูกปลาที่ได้จากการเพาะ ซึ่งการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหาร (digestive enzyme) ในปลาเสือตอลายเล็กที่ได้จากธรรมชาติ ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาและการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์สามารถทำได้ง่ายและเป็นวิธีการศึกษาที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงกระบวนการย่อยในปลา นอกจากนี้การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ยังทำให้ทราบถึงปัญหาสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับอาหาร และช่วยแก้ปัญหาด้านอาหาร เช่น การเลือกอาหารให้เหมาะสมต่อความสามารถย่อยได้ของปลาชนิดนั้นๆ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงกิจกรรมของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหาร ในปลาเสือตอลายเล็กที่มีขนาดแตกต่างกันจากการรวบรวมจากธรรมชาติในแม่น้ำมูลในเขตอำเภอพิบูลมังสาหาร และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการด้านอาหารของปลาเสือตอลายเล็กต่อไป [1], [2], [3]

รูปที่ 1 ปลาเสือตอลายเล็ก
(*Datnioidesundecimradiatus*)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลอง

การเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาเสือตอลายเล็กใช้ระยะเวลา 6 เดือน โดยรวบรวมปลาเสือตอลายเล็กที่มีขนาดน้ำหนักแตกต่างกัน 4 ขนาด คือ 45, 75, 100 และ 200 กรัม ขนาดละ 5 ตัว จากแม่น้ำมูลในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยแบ่งเป็น 4 สถานี คือ (1) บ้านโนนยาง ตำบลโพธิ์ศรี อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี (2) บ้านชาด ตำบลทรายมูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี (3) บ้านวังใหม่ ตำบลหนองแสงใหญ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี และ (4) บ้านหัวเห่ว ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งได้ปลาตัวอย่าง รวม 80 ตัว นำปลาตัวอย่างตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว จากนั้นผ่าท้องและนำท่อทางเดินอาหาร ในส่วนของกระเพาะอาหารและลำไส้เก็บรักษาไว้ในถุงซิป และแช่แข็งไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียสเพื่อรอการสกัดตัวอย่างเอนไซม์ต่อไป

2. การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์

นำตัวอย่าง กระเพาะอาหารและลำไส้ปลาเสือตอลายเล็กใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติม Tris-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 50 mM ที่ pH 7.5 ทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดโดยใช้ homogenozer ทำให้ตกตะกอนโดยนำตัวอย่างไปปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 15,000 g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เก็บส่วนที่เป็นของเหลวด้านบน (supernatant) เก็บที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น crude enzyme extract สำหรับวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ต่อไป

เอนไซม์โปรติเอส วิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีของ Bezerra et al. (2005) [4]โดยนำเอนไซม์ที่สกัดได้ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.2 M pH 7.2 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ azocasein 1% ในบัฟเฟอร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นนำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที และหยุดปฏิกิริยาด้วย trichloroacetic acid (TCA) 20 % ปริมาตร 500 ไมโครลิตร นำตัวอย่างเข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 15,000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างส่วนใสด้านบนปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมด้วย 1M NaOH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และนำตัวอย่างที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสง

ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

เอนไซม์อะไมเลส วิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีของ Hashini et al. (2003) [5]โดยนำเอนไซม์ที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับ glycine-NaOH buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 8.8 ปริมาตร 400 ไมโครลิตร และสารตั้งต้น starch solution 1 % เป็นปริมาตร 500 ไมโครลิตรนำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที จากนั้นเติม dinitrosalicylic acid (DNS) reagent ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่ได้ต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที เมื่อครบเวลาเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ เปลี่ยนเป็นปริมาณของมอลโตส (maltose) ที่เกิดขึ้น โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลมอลโทส

เอนไซม์ไลเปส วิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีของ Markweg-Hanke et al. (1995) [6]โดยนำเอนไซม์ที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารตั้งต้น *p*-nitrophenyl palmitate (*p*NPP) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7.0 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร นำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติม 0.1 M Na_2CO_3 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 10,000 g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีและวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 410 นาโนเมตรและนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ เปลี่ยนเป็นปริมาณของ *p*-nitrophenol ที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน *p*-nitrophenol

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสารสกัดเอนไซม์ ตามวิธีของ Lowry et al. (1951) [7] โดยนำเอนไซม์ที่ได้จากการสกัด (crude enzyme) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับ Reagent C ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที เติม Reagent E ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วบ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 750 นาโนเมตร เปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน Bovine Serum Albumin (BSA)

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

นำข้อมูลกิจกรรมของเอนไซม์โปรตเอส อะไมเลส และ ไลเปส มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าว ที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ปลาเสือตอลายเล็กขนาดแตกต่างกัน และรวบรวมจากทั้งสองแหล่งสองแหล่งน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกิจกรรมเอนไซม์แบบพหุคูณ (Multiple comparison) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R Program [8]

ผลการวิจัย

1. กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส

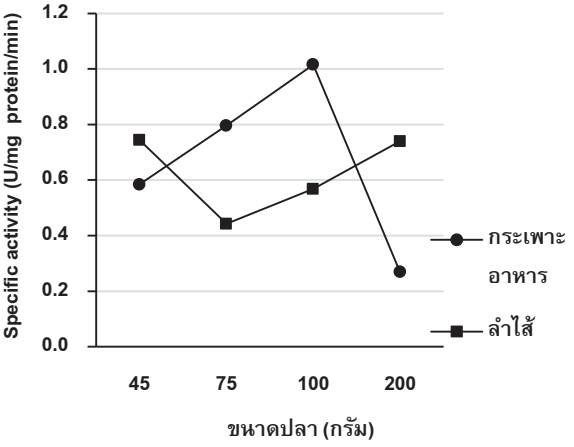
ผลการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากกระเพาะอาหารดังตารางที่ 1 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ในปลาทุกขนาดที่ทำการศึกษา โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์โปรติ-เอสสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 100 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 1.02±0.05 U/mg protein/min รองลงมาคือ ปลาขนาด 75, 45 และ 200 กรัม โดยขณะที่ในลำไส้ พบกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม คือ 0.74±0.02 U/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 200, 100 และ 75 กรัม ตามลำดับ โดยค่ากิจกรรมในปลาขนาด 45 และ 200 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารมีค่ากิจกรรมสูงกว่า ในลำไส้ เมื่อพิจารณาจากค่ากิจกรรมสูงสุดในแต่ละอวัยวะ กิจกรรมของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดปลา โดยปลาเสือตอลาย

เล็กขนาด 45, 75 และ 100 กรัม มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ และกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงต่ำสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 200 กรัม ส่วนในลำไส้ กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสมีแนวโน้มลดลงในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 100 และ 200 กรัม ตามลำดับ ปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 และ 200 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสในลำไส้สูงกว่ากระเพาะอาหาร และปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 และ 100 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารสูงกว่าในลำไส้ เห็นได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 2)

ตารางที่ 1 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็กขนาดแตกต่างกัน

ขนาดปลา (กรัม)	กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส (U/mgprotein/min)	
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้
45	0.58±0.02^{c}	0.74±0.02^{a}
75	0.80±0.05^{b}	0.44±0.03^{c}
100	1.02±0.05^{a}	0.5678±0.02^{b}
200	0.27±0.02^{d}	0.74±0.01^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ในปลาเสือตอลายเล็ก

2. กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส

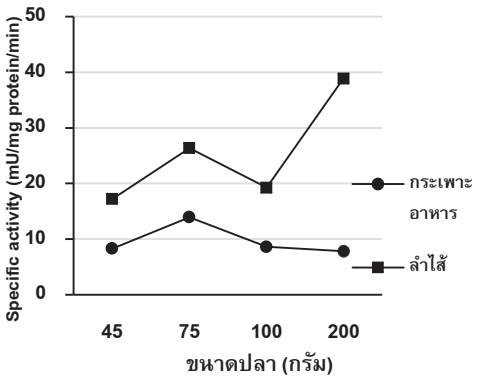
ผลการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ดังตารางที่ 2 พบกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 13.94±0.72 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 100, 45 และ 200 กรัม ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสลดลงในปลาขนาด 100 และ 200 กรัม โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ในปลาขนาด 45 กรัม กับปลาขนาด 100 และ 200 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ปลาขนาด 100 และ 200 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนลำไส้ พบกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ในปลาทุกขนาดที่ทำการศึกษา โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 200 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 38.88±0.26 mU/mg protein/min รองลงมาคือ ปลาขนาด 75, 100 และ 45 กรัม ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์มีค่าเพิ่มขึ้นในปลาขนาด 75 กรัม จากนั้นกิจกรรมของ

เอนไซม์มีค่าลดลงในปลาขนาด 100 กรัม และกิจกรรมของเอนไซม์มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในปลาขนาด 200 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในลำไส้สูงกว่าในกระเพาะอาหาร (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็กขนาดแตกต่างกัน

ขนาดปลา (กรัม)	กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (mU/mg protein/min)	
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้
45	8.30±0.13^{bc}	17.22±0.59^{d}
75	13.94±0.724^{a}	26.36±0.31^{b}
100	8.61±0.222^{b}	19.25±0.37^{c}
200	7.82±0.325^{c}	38.88±0.26^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ในปลาเสือตอลายเล็ก

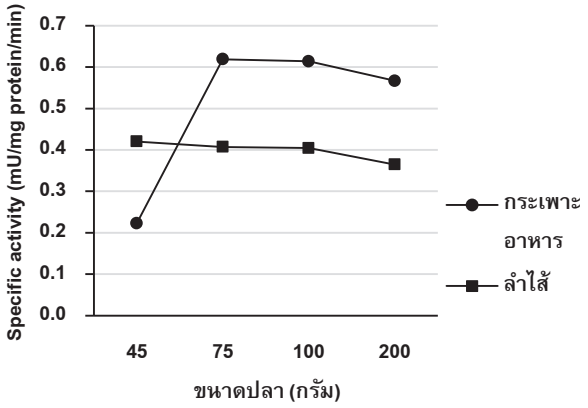
3. กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส

จากผลการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากกระเพาะอาหารดังตารางที่ 3 พบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 0.62±0.09 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 100, 200 และ 45 กรัม ตามลำดับ ซึ่งปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75, 100 และ 200 กรัม มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัมในขณะที่สกัดจากลำไส้ พบกิจกรรมของเอนไซม์ ไลเปสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในปลาทุกขนาดที่ทำการศึกษา โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น คือ 0.42±0.05 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75, 100 และ 200 กรัม ตามลำดับ ซึ่งปลาเสือตอลายเล็กทั้ง 4 ขนาด มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากกระเพาะอาหาและลำไส้ พบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารสูงกว่าในลำไส้ ในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75, 100 และ 200 กรัม ในขณะที่ปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้สูงกว่าในกระเพาะอาหาร (รูปที่ 4)

ตารางที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็กขนาดแตกต่างกัน

ขนาดปลา (กรัม)	กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (mU/mg protein/min)	
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้
45	0.22±0.05[b]	0.42±0.05[a]
75	0.62±0.09[a]	0.41±0.06[a]
100	0.61±0.04[a]	0.40±0.02[a]
200	0.57±0.10[a]	0.36±0.09[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและ ลำไส้ในปลาเสือตอลายเล็ก

สรุป อภิปรายผลและเสนอแนะ

การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็กที่มีน้ำหนัก 45, 75, 100 และ 200 กรัม เป็นการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่ม โปรติเอส อะไมเลส และไลเปส ที่ pH 7.2, 8.8 และ 7.0 ตามลำดับ จากการศึกษาพบกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ในปลาทุกขนาดที่ทำการศึกษา โดยเอนไซม์โปรติเอส มีกิจกรรมสูงสุดในทั้งสองอวัยวะ รองลงมาคือ กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์ไลเปส ตามลำดับ

กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารพบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 100 กรัม มีค่ากิจกรรมเป็น 1.02±0.05 U/mg protein/min รองลงมาคือ ปลาขนาด 75, 45 และ 200 กรัมตามลำดับ ส่วนในลำไส้ พบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม คือ 0.74±0.02 U/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 200, 100 และ 75 กรัม ตามลำดับจากการศึกษา พบว่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ มีค่ากิจกรรมสูงกว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสและไลเปสอย่างชัดเจน ในปลาเสือตอลายเล็กทุกขนาดที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งเป็นรูปแบบของปลาในกลุ่มปลากินสัตว์ (carnivore)

ปลาในกลุ่มปลากินสัตว์จึงแสดงกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์กลุ่มย่อยโปรตีนมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูง ปลาเสือตอลายเล็กมีสัดส่วนของกิจกรรมเอนไซม์ทั้งสามชนิดคล้ายคลึงกับปลาช่อนซึ่งเป็นในกลุ่มปลากินสัตว์ โดยการศึกษาของ สุดาวรรณ กาญจนวรกุล และคณะ (2548) [10] และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ กาญจนา พยุหะ และคณะ (2558) [11] ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบในกระเพาะอาหารในปลาเสือตอลายเล็กที่รวบรวมจากแม่น้ำโขงและแม่น้ำมูล พบว่าในกระเพาะอาหารมีอาหารประเภทกุ้งมากที่สุด การพบกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ในปลาเสือตอลายเล็ก ซึ่งการศึกษาของ เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542) [12] รายงานว่าการย่อยสารอาหารโปรตีนจะเริ่มที่กระเพาะอาหาร และโปรตีนบางส่วนจะถูกย่อยต่อที่ลำไส้ การที่กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสในกระเพาะอาหารและลำไส้ มีค่าใกล้เคียงกัน อาจมีสาเหตุจากค่า pH ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ ใช้ pH 7.2 ตามวิธีการศึกษาของ Bezerra et al. (2005) [4] โดยเอนไซม์ในกระเพาะอาหารจะทำงานได้ดีในสภาวะเป็นกรด วิกรม รังสินธุ์ และคณะ (2558) [13] รายงานว่า ในเนื้อเยื่อส่วนกระเพาะอาหารของปลาเสือตอลายเล็กพบ gastric glands เป็นจำนวนมาก Natalia et al. (2004) [14] รายงานว่าปลาตะพัด (*Scleropages formosus*) มีค่ากิจกรรมของ Acidic pepsin-like enzyme สูงสุดในกระเพาะอาหารที่ pH 1.5-2.0 สอดคล้องกับ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย (2536) [15] การทำงานของเอนไซม์เปปซินจะมีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ลำไส้ปลาส่วนมากมี pH อยู่ในช่วง 7-9 ส่วนในลำไส้จะทำงานได้ดีในสภาวะเป็นด่าง [9]

กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากกระเพาะอาหาร พบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด มีค่ากิจกรรมเป็น 13.94±0.72 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 100, 45 และ 200 กรัม ตามลำดับส่วนในลำไส้ พบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 200 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด มีค่ากิจกรรมเป็น 38.8±0.26 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 75, 100 และ 45 กรัม ตามลำดับกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากลำไส้มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงกว่าในกระเพาะอาหาร การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ตามวิธีของ Harshini et al. (2003) [5] ศึกษาที่ pH 8.8 ซึ่งจากการศึกษากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสจากปลาเสือตอลายเล็ก พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ สอดคล้องกับ De Silva and Anderson (1995) [16] รายงานว่าในปลาหลายชนิด พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ อะไมเลสทั้งในลำไส้ตับอ่อน กระเพาะอาหาร และถุงน้ำดี กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในปลาเสือตอลายเล็กที่สกัดจากลำไส้มีค่ากิจกรรมสูงกว่าในกระเพาะอาหาร สอดคล้องกับ เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542) [12] การย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำจะเกิดที่ลำไส้ โดยเอนไซม์อะไมเลสจากตับอ่อนจะทำหน้าที่ย่อยแป้งและไกลโคเจนให้เป็นโอลิโกแซคคาร์ไรด์ มอลโตไตรโอส และมอลโตส การพบกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในปลาเสือตอลายเล็กที่เป็นปลาล่าเหยื่อ กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในกระเพาะอาหารอาจเกิดจากการปนเปื้อนจากภายนอกกิจกรรมในลำไส้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเริ่มต้นที่กระเพาะอาหารอย่างเช่นในปลา turbot *(Scophthalmus maximus)* ซึ่งเป็นกลุ่มปลากินสัตว์ พบกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในกระเพาะอาหาร โดยเอนไซม์ อะไมเลสทำหน้าที่ย่อยแป้งและไกลโคเจน ซึ่งไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อสัตว์ เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ อะไมเลสในกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็ก ปลาสวาย และปลานิล ที่มีขนาดและพีเอช (pH) ใกล้เคียง พบว่า ปลาสวาย ซึ่งเป็นปลากินพืชและสัตว์เป็นอาหาร มีกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด ทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาเสือตอลายเล็ก และปลานิล ตามลำดับ โดยกิจกรรมของเอนไซม์ในปลาสวาย สอดคล้องกับผลการศึกษาในปลาเสือตอลายเล็กที่กิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้สูงกว่าในกระเพาะอาหาร

แตกต่างจากในปลานิลที่กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ในกระเพาะอาหารจะสูงกว่าในลำไส้ [17], [18], [14]

กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่สกัดจากกระเพาะอาหาร พบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด มีค่ากิจกรรมเป็น 0.62±0.09 mU/mg protein/min รองลงมา คือ ปลาขนาด 100, 200 และ 45 กรัม ตามลำดับส่วน ในลำไส้พบกิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด มีค่ากิจกรรมเป็น คือ 0.42±0.05 mU/mg protein/min รองลงมา คือปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75, 100 และ 200 กรัม ตามลำดับ การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในครั้งนี้ทำการศึกษาตามวิธีของ Markweg-Hanke et al. (1995) [6] โดยศึกษาที่ pH 7.0 พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากกระเพาะอาหารและลำไส้ มีค่ากิจกรรมต่ำกว่าเอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์โปรติเอสตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่าในปลาทุกขนาดที่ศึกษาครั้งนี้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารกับลำไส้มีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าการย่อยไขมันในสัตว์น้ำเกิดขึ้นในลำไส้การพบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารน่าเกิดมาปลาเหยื่อที่กินเข้าไปเป็นอาหารและถูกย่อย คล้ายกับที่พบในปลานิลที่ได้รับไขมันจากพืชที่ปลานิลกินเข้าไปในธรรมชาติ ปลากลุ่มกินสัตว์เป็นอาหารสามารถย่อยอาหารประเภทไขมันได้ในปริมาณสูง โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในท่อทางเดินอาหาร แต่ก็มีกลุ่มปลากินสัตว์บางชนิดที่ไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหาร เช่น ปลา common dentex (*Dentex dentex*) [19] อย่างไรก็ตาม ชนิดปลาและนิสัยการกินอาหารที่มีความแตกต่างกันทำให้พบรูปแบบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสแตกต่างกันด้วย เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาเสือตอลายเล็ก ปลาสวาย และปลานิล ที่มีขนาดและพีเอชใกล้เคียง พบว่า ปลานิล ซึ่งเป็นปลากินพืชและสัตว์เป็นอาหาร มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุดทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาสวาย และปลาเสือตอลายเล็กตามลำดับ โดยในปลานิลกิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้จะสูงกว่าในกระเพาะอาหาร ส่วนปลาเสือตอลายเล็กและปลาสวาย กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะอาหารจะสูงกว่าในลำไส้ [12]

จากผลการศึกษา พบว่า ภาพรวมของกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสามชนิด ได้แก่ เอนไซม์โปรติเอส อะไมเลส และไลเปสในปลาเสือตอลายเล็กขนาดแตกต่างกัน 4 ขนาด ได้แก่ 45, 75, 100 และ 200 กรัม ปลาเสือตอลายเล็กขนาด 200 กรัม มีค่ากิจกรรมสูงสุด รองลงมา คือปลาขนาด 75, 45 และ 100 กรัม โดยกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสมีค่ากิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 45 กรัม รองลงมาคือ ปลาเสือตอลายเล็กขนาด 100, 200 และ 75 กรัม แสดงให้เห็นว่าเมื่อปลาเสือตอลายเล็กโตขึ้นมีแนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ โปรติเอส มีกิจกรรมลดลง สอดคล้องกับ เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542) [12] ระบุว่าความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อสัตว์น้ำโตขึ้นขึ้นเมื่อปลาโตขึ้นส่วนกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีค่ากิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 200 กรัม รองลงมาคือ ปลาขนาด 75, 45 และ100 กรัม ตามลำดับ Kuz'mina (1996) [20] รายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสกับอายุปลามีความหลากหลายมากกว่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส เช่นกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในปลา pike และ pearch ซึ่งเป็นปลากินเนื้อที่ชอบล่าเหยื่อ (predator) กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสจะลดลงเมื่อปลามีอายุมากขึ้นในขณะที่ปลา bream และ roach ซึ่งเป็นปลากินสัตว์หน้าดิน กิจกรรมของเอนไซม์จะมีค่าผันแปรไม่สัมพันธ์กับอายุ และกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสมีค่ากิจกรรมสูงสุดในปลาเสือตอลายเล็กขนาด 75 กรัม รองลงมาคือ ปลาขนาด 100, 200 และ 45 กรัม ซึ่งภาพรวมดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Fernández et al. (2011) [23] ได้รายงานผลการศึกษาว่า รูปแบบของกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ มีความสัมพันธ์กับอายุและนิสัยการกินอาหารของปลาและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาปลานิลขนาด 5.7, 35.8 และ 92.1 กรัม

ผลรวมของกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับ พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ ไลเปสของปลาขนาด 5.7 และ 35.8 กรัม มีค่ากิจกรรมสูงกว่าปลาขนาด 92.1 กรัม ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปว่า เนื่องจากปลาในระยะดังกล่าว มีการเจริญเติบโต การสังเคราะห์โปรตีน รวมทั้งมีความต้องการโปรตีน และพลังงานสูง ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสและ ไลเปสจึงมีมากเพื่อตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์จากโปรตีนและไขมันที่ได้รับจากอาหารในการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับในปลาสวายวัยรุ่น พบว่า มีค่ากิจกรรมสูงขึ้นตามอายุของปลาที่เพิ่มมากขึ้นการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในปลา *Limia vittata* ซึ่งเป็นปลากินซากพืชซากสัตว์ และปลา *Gambusia punctata* ซึ่งเป็นปลากินเนื้อ ในปลาอายุต่างๆ พบว่า ปลาทั้งสองชนิดมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ทริปซินและไคโมทริปซินเพิ่มขึ้นตามอายุ แต่เอนไซม์ อะไมเลสมีกิจกรรมลดลงตามอายุ ในการศึกษาครั้งนี้ ความแปรปรวนดังกล่าว อาจมีผลมาจากช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างปลา และกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้ภายหลังจากปลามีการถูกจับโดยชาวประมง รวมทั้งปริมาณอาหารในกระเพาะอาหารของปลาในช่วงเวลาที่ปลาถูกจับ ก็อาจส่งผลต่อความแปรปรวนดังกล่าวได้ การศึกษาการอดอาหารในปลา Atlantic cod (*Gadus morhua*) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการอดอาหารระยะเวลา 10-25 วัน ไม่มีผลกระทบที่เห็นได้อย่างชัดด้านเอนไซม์ย่อยอาหารในปลา Atlantic cod ซึ่งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหารในกลุ่มปลากินสัตว์เป็นอาหาร จะมีเอนไซม์คงเหลืออยู่ในระดับสูงในช่วงระหว่างการอดอาหาร โดยปลาประเภทกินเนื้อเป็นอาหาร จะมีเอนไซม์โปรติเอส เตรียมพร้อมปริมาณสูง เพื่อประสิทธิภาพการย่อยเหยื่อได้ตลอดเวลา [3] แสดงให้เห็นว่า การอดอาหาร ระยะเวลา 7-21 วัน ไม่มีผลต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน ในปลา ปลา roach (*Rutilus rutilus caspicus*) ขนาดวัยรุ่น แต่มีผลต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส โดยเอนไซม์อะไมเลสมีกิจกรรมลดลงในช่วงเวลาอดอาหาร ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงการอดอาหารระยะเวลา 7 วัน แต่กิจกรรมของเอนไซม์มีค่าต่ำที่สุดในการอดอาหาร 14 วัน การอดอาหารมีผลกระทบอย่างสำคัญต่อโครงสร้างของลำไส้ในปลา roach ขนาดวัยรุ่น [21], [22], [23], [24]

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ปลาเสือตอลายเล็กมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสามชนิด คือ เอนไซม์โปรติเอส อะไมเลส และไลเปสซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาเสือตอลายเล็กสามารถที่จะย่อยอาหารได้หลากหลายประเภท ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสูตรอาหารเพื่อเหมาะสมกับปลาเสือตอลายเล็ก พร้อมทั้งลดต้นทุนค่าอาหาร เนื่องจากปลาเสือตอลายเล็กเป็นปลากลุ่มกินสัตว์เป็นอาหาร สูตรอาหารจำเป็นต้องมีโปรตีนในปริมาณสูงส่งผลให้ต้นทุนอาหารสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่ระดับพีเอชต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลกิจกรรมสูงสุดของเอนไซม์แต่ละชนิดในแต่ละอวัยวะในท่อทางเดินอาหาร โดยการศึกษาครั้งมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนตัวอย่างปลาจึงไม่สามารถทำการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่ระดับพีเอชต่างๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนวิจัย ซึ่งการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ การกินอาหาร และการประเมินอายุของปลาเสือตอลายเล็กในบริเวณลำน้ำสาขาของแม่น้ำโขง เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาวิธีการเพาะและขยายพันธุ์ ซึ่งได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือเพื่อทำการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] Baird, I. 2013. *Datnioides undecimradiatus*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2013**. http://www.iucnredlist.org/details /180679/0. 08 ธันวาคม

[2] Bolasina, S.N. 2007. “Changes on cortisol level and digestive enzyme activity in juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, exposed to differenct salinity regimes”. **Aquaculture**. 266(1-4): 255-261.

[3] Abolfathi, M. and et al. 2012. “Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activites in juvenile roach, *Rutilus rutilus* caspicus”. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**. 161(2): 166-173.

[4] Bezerra, R.S. and et al. 2005. “Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)”, **Proc. Biochem.** 40(50): 1829-1834.

[5] Harshini, S., Reshimi, V. and Sreekumar, S. 2003. “A brain peptide stimulates release of amylase from the midgut tissue of larvae of *Opisina arenosella* Walk. (Lepidoptera: Cryptophasidae)”. **Neuropeptide.** 37(3): 133-139.

[6] Markweg-Hanke, M., Lang, S. and Wagner, F. 1995. “Dodecanoic acid inhibition of a lipase from *Acinetobacter* sp. OPA 55”. **Enz. Microb. Tech.** 17(6): 482-576.

[7] Lowry, O.H. and et al. 1951. “Protein measurement with the folin phenol reagent”. **J. Biol. Chem.** 193(1): 265-275.

[8] R development team. “R Project”. **The R Project for Statistical Computing**. http://www.r-project.org. January 20, 2013.

[9] German, D.P., Horn, M.H. and Gawlicka, A. 2004. “Digestive Enzyme Activities in Herbivorous and Carnivorous Prickleback Fishes (Teleostei: Stichaeidae): Ontogenetic, Dietary, and Phylogenetic Effects”. **Physiological and Biochemical Zoology**. 77(5): 789-804.

[10] สุดาวรรณ กาญจนวรกุล, อรพิน จินตสถาพร และประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ. 2548. “การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของปลาช่อน (*Channa striata*)”, ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.** น. 100-107. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] กาญจนา พยุหะ และคณะ. 2558. **การทำงานของ digestive enzyme และลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของระบบทางเดินอาหารของปลาเสือตอลายเล็ก.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[12] เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ.**กรุงเทพ-มหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[13] วิกรม รังสินธุ์ และคณะ 2558. **เนื้อเยื่อปลาเสือตอลายเล็ก**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[14] Natalia, Y. and et al. 2004. “Characterization of digestive enzymes in a carnivorous ornamental fish, the Asian bony tonge *Scleropages formosus*

(Osteoglossidae)". **Aquaculture**. 233(1-4): 305-320.

[15] วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. **อาหารปลา.** กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

[16] De Silva and Anderson. 1995.**Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman&Hall.

[17] Uys, W and Hecht, T. 1987. "Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae)". **Aquaculture**. 63: 303-313.

[18] Munilla-Moran, R. and Saborido-Rey, F. 1996. "Digestive enzymes in marine species. I. Proteinase activities in gut from redfish (*Sebastes mentella*), seabream*(Sparus aurata*) and turbot (*Scophthalmus maximus*)". **Comp. Biochem. Physiol**. 113(2): 395-402.

[19] Perz-Jimenez and et al. 2009. "Digestive enzymatic profile of *Dentexdentex* and response to different dietary formulations". **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**. 154(1): 157-164.

[20] Kuz'mina, V.V. 1996. "Influence of age on digestive enzyme activity in some freshwater teleosts". **Aquaculture**. 148(1): 25-37.

[21] วรรณนภา รังสินธุ์. 2555.**กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และผลของการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารในปลาสวาย *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[22] รุ่งกานต์ กล้าหาญ.2552.**กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และผลของการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารในปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.).** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[23] Fernández, I. and et al. 2001. "Characterization of α-amylase activity in five species of Mediterranean sparid fishes (Sparidae, Teleostei)". **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 262(1):1-12.

[24] Gildberg, A. 2004. "Digestive enzymes activities in starves pre-slaughter farmed and wild-captured, Atlantic cod (Gadus morhua)". **Aquaculture**. 238 (1-4): 343-353.