วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบจากกล้วยด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทย

In vitro digestibility of feed ingredients from bananas with digestive enzymes of the climbing perch (*Anabas testudineus*)

โฉมอนันต์ โพธิวงค์[1], ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล[1], สุดาพร ตงศิริ[1] และ ชนกันต์ จิตมนัส[1]*

Chomanan potiwong[1], Sudaporn Tongsiri[1], Tipsukhon pimpimol[1] and Chanagun Chitmanat[1]*

[1] *คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290*
[1] *Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290*

บทคัดย่อ: ปลาหมอไทย (*Anabas testudineus*) เป็นปลาที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตไว และเป็นที่ต้องการของตลาด จึงมีการพัฒนาอาหารที่เลี้ยงให้มีต้นทุนต่ำเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทย ด้วยวิธี *in vitro* digestibility เพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่ถูกย่อยได้ดีที่สุด นำไปผลิตอาหารปลาหมอ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนอาหารและเลือกวัตถุดิบที่ใช้ต้นทุนต่ำมาทดแทน การศึกษาการย่อยวัตถุดิบ โดยใช้วัตถุดิบจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว กล้วยน้ำว้าดิบ กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยหอมสุก กล้วยไข่ดิบ และกล้วยไข่สุก ด้วยเอนไซม์จากลำไส้ของปลาหมอไทย ผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของวัตถุดิบอาหารได้ดีที่สุด 3 อันดับ คือ กล้วยไข่สุก ค่าเท่ากับ 556.4242 µmol/g/ amylase activity ปลายข้าว ค่าเท่ากับ 274.1800 µmol/g/ amylase activity และกล้วยน้ำว้าสุก ค่าเท่ากับ 120.9618 µmol/g/ amylase activity ตามลำดับและประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของวัตถุดิบอาหารได้ดีที่สุด 3 อันดับ คือ กากถั่วเหลือง ค่าเท่ากับ 0.125064 µmol/g/ trypsin activity ปลาป่น ค่าเท่ากับ 0.105317 µmol/g/ trypsin activity กล้วยน้ำว้าสุกและกล้วยหอมดิบมีค่าเท่ากัน คือ 0.085570 µmol/g/ trypsin activity ตามลำดับ การทดลองนี้สรุปได้ว่า วัตถุดิบที่เอนไซม์ของปลาหมอไทย สามารถย่อยได้ดี และเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นอาหารปลาหมอไทย คือ กล้วยไข่สุก กล้วยน้ำว้าสุก และกล้วยหอมดิบ เพราะประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับปลาป่น ปลายข้าว และกากถั่วเหลือง นอกจากนี้กล้วยยังเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย จึงน่าจะนำไปสร้างและปรับสูตรอาหารให้เหมาะสมกับปลาหมอไทย ทั้งด้านโภชนาการและราคา
คำสำคัญ: *In Vitro* digestibility; ปลาหมอไทย; กล้วย

ABSTRACT: Climbing perch (*Anabas testudineus*) is a popular local freshwater fish cultured in Thailand. Because of easy-to-raise, fast growing and high demand of the market, the low cost feed has been developed for the benefit of farmers. The purpose of this research was to study *in vitro* digestibility of feed ingredients with digestive enzymes of the Climbing perch to select the best digestible raw materials used to produce a feed. The *in vitro* digestibility of 10 raw materials including fish meal, soybean meal, rice bran, broken rice, raw cultivated banana, ripe cultivated banana, raw cavendish banana, ripe cavendish banana, raw golden banana and ripe golden banana was conducted using crude enzymes from the digestive organs of climbing perch. The results showed that the top 3 carbohydrate digestion

* corresponding author: chomananpotiwong@gmail.com

Received: date; November 20, 2019 Accepted: date; October 10, 2020 Published: date June 15, 2021

efficiency were ripe golden banana, 556.4242 µmol/g/ amylase activity, broken rice, 274.1800 µmol/g/ amylase activity and ripe cultivated banana, 120.9618 µmol/g/amylase activity, respectively. The top 3 protein digestion efficiency were soybean meal, 0.125064 µmol/g/ trypsin activity, fish meal, 0.105317 µmol/g/trypsin activity, while ripe cultivated banana and raw cavendish banana were equal to 0.085570 µmol/g/trypsin activity, respectively. The suitable feed ingredients for the climbing perch based on its digestibility were ripe golden banana, ripe cultivated banana and raw cavendish banana, because the efficiency of digestion of protein and carbohydrate was similar to fish meal, rice bran and soybean meal. Since banana has relatively low cost and easily available, it could be used to formulate and improve climbing perch feed both in terms of nutrition and price.
Keywords: *In Vitro* digestibility; climbing perch (*Anabas testudineus*); bananas

บทนำ

ปลาหมอไทย *(Anabas testudineus)* เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ เพราะเป็นที่ต้องการบริโภคอย่างแพร่หลาย จากรายงานในปี พ.ศ. 2560 ผลผลิตปลาหมอไทยทั้งหมด 277 ตัน คิดเป็นมูลค่า 423.7 ล้านบาท (กรมประมง, 2562) สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู อีกทั้งยังเป็นปลาที่มีความทนทานสูง เพราะมีอวัยวะพิเศษช่วยหายใจ (labyrinth organ) จึงอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีน้ำน้อยหรือที่ชุ่มชื้นได้เป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม ผลผลิตส่วนใหญ่ได้จากการเพาะเลี้ยง (กรมประมง, 2550) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลาหมอกันมากขึ้น ซึ่งในการเลี้ยงปลาหมอมีต้นทุนที่สูง ดังนั้นการเลี้ยงเพื่อผลิตจำหน่าย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในด้านอาหารปลาที่จะนำมาใช้เลี้ยงเป็นหลัก กล่าวคือ ต้องเป็นอาหารที่หาได้ง่าย ราคาต่ำ เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด ปัจจุบันอาหารสำหรับสัตว์น้ำนั้นมีหลากหลายชนิด จึงสามารถทำการตรวจสอบได้ว่าวัตถุดิบอาหารนั้นเหมาะสมในการเลี้ยงปลาหมอไทย โดยใช้วิธีการ *in vitro* digestibility เป็นการทดลองในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์เพื่อศึกษาความสามารถในการย่อย ได้ดัดแปลงมาใช้ในวัตถุดิบอาหารที่มีราคาถูก จึงนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ การที่ใช้กล้วยมาวัตถุดิบ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการปลูกกล้วยไว้ตามบ้าน บ่อปลา หรือร่องสวนอยู่แล้ว อาจจะปลูกไว้เพื่อจำหน่ายหรือรับประทานเอง อย่างไรก็ตามกล้วยบางส่วนอาจจะมีการช้ำระหว่างการเก็บเกี่ยว ทำให้จำหน่ายไม่ได้ หรืออาจมีมากเกินไปจนเน่าเสีย ทำให้ต้องทิ้งผลผลิตไป จึงเห็นว่าน่าจะนำกล้วยเหล่านี้มาทำให้เกิดประโยชน์ มีงานวิจัยของ Wutti และ Winton (2015) ได้ทดลองใช้กล้วยระยะสุกงอมผสมอาหาร เลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่า ประสิทธิภาพการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งสูงขึ้น มีการเพิ่มขึ้นในการตอบสนองภูมิคุ้มกัน ความต้านทานต่อการติดเชื้อ *Lactococcus garvieae* และเสริมสร้างความสามารถในการป้องกันความเครียดจากภาวะตัวเย็นเกิน (hypothermal)

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการย่อยวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์น้ำด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทย โดยนำวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว กล้วยน้ำว้าดิบ กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยหอมสุก กล้วยไข่ดิบ และกล้วยไข่สุก เพื่อพิจารณาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบอาหารที่ดีที่สุด

วิธีการศึกษา

1.การเตรียมสัตว์ทดลอง

เก็บตัวอย่างลำไส้ของปลาหมอ โดยใช้ปลาหมอขนาด 13 - 15 กรัม จำนวน 10 - 15 ตัว จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ หลังจากให้อาหารเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการสกัดเอนไซม์ย่อยอาหาร

2.การเตรียม Crude enzyme extract

บดลำไส้ปลาหมอ ด้วยเครื่อง Homogenizer เติม Phosphate buffer, pH 8 ลงในสำไส้ที่ทำการบด แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 - 60 นาที แยกส่วนใส (Supernatant) ของ Crude enzyme extract สำหรับ ใช้ศึกษาทั้ง Trypsin และ Chymotrypsin โดยให้แบ่งเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็น portion เล็ก ๆ สำหรับแยกนำมาใช้แต่ละครั้ง

3.ศึกษาความสามารถในการย่อยอาหาร

วิธีหาค่า *In vitro* digestibility

นำวัตถุดิบอาหารทั้ง 10 ชนิด มาบดให้ละเอียดด้วย Homogenizer เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอน *in vitro* digestibility โดยดัดแปลงวิธีการของ Rungruangsak-Torrissen et al. (2002) โดยชั่งน้ำหนักประมาณ 20 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่แน่นอนของวัตถุดิบอาหารที่บดทั้ง 10 ชนิด เติม 40 ml mM Phosphate buffer, pH 8.2 แล้วผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer เติม 200 µl 0.5% Chloramphenical แล้วผสมให้เข้าด้วยกัน vortex mixer นำไป incubate ใน Shaking incubator (200 rpm) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่าง 1.5 ml (Control) เติม 250 µl Dialyzed crude enzyme extract จากชนิดสัตว์ที่ต้องการทดสอบ ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วนำไป incubate ใน Shaking incubator (200 rpm) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่าง 1,000 µl นำไปต้มน้ำเดือดทันที เวลา 10 นาที แล้วแช่แข็งทันทีที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการ DNS (Rungruangsak-Torrissen et al., 2002)

ผสม Control ที่ละลายแล้วให้เข้ากันด้วย vortex mixer นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที ใช้ 250 µl Control เติม 250 µl 1% DNS ละลายใน 2 M NaOH และ 0.6% Sodium potassium tartrate ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่น 2.5 ml ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm หาค่าปริมาณ Reducing sugar โดยเปรียบเทียบกับ Maltose standard curve

วิธีคำนวณ แสดงหน่วยของค่า *in vitro* digestibility ของคาร์โบไฮเดรตโดย µmol maltose/g feed/amylase activity ใช้ค่า Amylase activity ที่ใช้ในการย่อยไปหาร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยโปรตีน โดยวิธี TNBS (Rungruangsak-Torrissen et al., 2002)

ผสม Control ที่ละลายแล้วให้เข้ากันด้วย vortex mixer ใช้ 200 µl Control เติม 2 ml 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 แล้วผสมให้เข้าด้วยกันด้วย vortex mixer เติม 1 ml 0.1% TNBS ใน 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 แล้วผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer นำไป incubate ในที่มืดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 1 ml HCl แล้วผสมให้เข้าด้วยกันด้วย vortex mixer ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm หาค่าปริมาณ Free amino group โดยเปรียบเทียบกับ DL-Alanine standard curve

วิธีคำนวณ แสดงหน่วยของค่า *in vitro* digestibility ของโปรตีนโดย µmol DL-Alanine equivalent/ g feed /trypsin activity (ใช้ค่า Trypsin activity ที่ใช้ในการย่อยไปหารเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ)

วิธีหาค่า Amylase activity

ผสม 50 µl 10% starch + 150 µl 10 mM NaCl + 45 µl buffer + 5 µl enzyme นำไปบ่มเวลา 5 – 10 นาที เช็คค่า OD ก่อน ถ้าค่าไม่ถึง 0.1 ต้องทำใหม่โดยเพิ่มเวลา เติม 250 µl DNS นำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที cool down ในที่มืดสม่ำเสมอ เติมน้ำกลั่น 2 ml เพื่อเจือจาง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Maltose

วิธีหาค่ากิจกรรมจำเพาะของทริปซิน และไคโมทริปซิน

วิธีเตรียม Specific substrates

ละลาย Bensoyl-*L*-arginine-*p*-nitroanilide (1.25 mM) สำหรับ Trypsin substrateหรือ *N*-Succinyl-ala-ala-pro-phe-*p*-nitroanitroanilide (0.10 mM) สำหรับ Chymotrypsin substrate ใน Dimethylformamide ก่อน โดยกำหนดให้ Dimethylformamide มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงปรับปริมาตรด้วย 0.2 M Tris-HCl buffer pH 8.4 สามารถเก็บ Substrates ได้ที่อุณหภูมิห้อง จะตกตะกอนเมื่อเก็บในตู้เย็น และหยุดใช้ Substrates เมื่อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม

วิธีหาปริมาณโปรตีน Crude enzyme extract ใช้วิธีของ Lowry (Lowry et. al., 1951)

วิธีศึกษา Enzyme activity

ดูด 10 µl Crude enzyme extract ใส่ลงในก้น Cuvette แล้วนำ Cuvette ไปใส่ในช่อง Spectrophotometer ที่ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการไว้แล้วโดยใช้ Substrates ของเครื่องวัด ดูด 1000 µl ของ Pre-heated specific substrate ที่อุ่นไว้ที่อุณหภูมิที่ 50-60 องศาเซลเซียส ควรปิดหลอดในขณะที่อุ่น เพื่อไม่ให้ความเข้มข้นของ Substrate เปลี่ยนแปลง เติมลงในด้านข้างของ Cuvette จะช่วยทำให้ผสมกันได้ดีทันทีกับ Crude enzymes extract วัดค่าดูดกลืนแสงทันทีที่ 410 nm โดยวัด Initial reaction ภายในเวลา 10 วินาที ถ้ามีเครื่องวัดธรรมดาให้จดค่าที่เวลา 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 วินาที หาค่า Slope ของ Initial velocity ซึ่งจะแสดงเป็นค่าการเปลี่ยนแปลง A_{410} ต่อ วินาที สร้างกราฟระหว่างค่า เวลาแกน X โดยให้เริ่มต้นที่ 1 วินาที และ A_{410} แกน Y เพื่อหาค่า Slope เปรียบเทียบกับ *p*-Nitroaniline standard curve เพื่อหาค่าปริมาณของ *p*-Nitroaniline ที่เกิดขึ้นต่อวินาที

วิธีคำนวณ แสดงหน่วยของค่า กิจกรรมจำเพาะ ของ Trypsin และ Chymotrypsin โดย µmol *p*-Nitroaniline ที่เกิดขึ้น ต่อ ชั่วโมง ต่อ มิลลิกรัมโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณ Protein โดยวิธีของ Lowry et. al. (1951) และเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟ มาตรฐานของสารละลาย bovine serum albumin (BSA)

ผลการศึกษา

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทยด้วยวิธี *in vitro* digestibility ในวัตถุดิบทั้งหมด 10 ชนิด พบว่า มีประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลาหมอ ดังนี้ กล้วยไข่สุก ค่าเท่ากับ 556.4242 µmol/g/ amylase activity ปลายข้าว ค่าเท่ากับ 274.1800 µmol/g/ amylase activity กล้วยน้ำว้าสุก ค่าเท่ากับ 120.9618 µmol/g/ amylase activity กล้วยหอมสุก ค่าเท่ากับ 88.7053 µmol/g/ amylase activity กล้วยหอมดิบ ค่าเท่ากับ 72.5771 µmol/g/ amylase activity กล้วยน้ำว้าดิบ ค่าเท่ากับ 52.4168 µmol/g/ amylase activity ปลาป่น ค่าเท่ากับ 48.3847 µmol/g/ amylase activity กากถั่วเหลืองและกล้วยไข่ดิบ ค่าเท่ากับ 40.3206 µmol/g/ amylase activity รำละเอียด ค่าเท่ากับ 24.1924 µmol/g/ amylase activity ดัง **Figure 1**

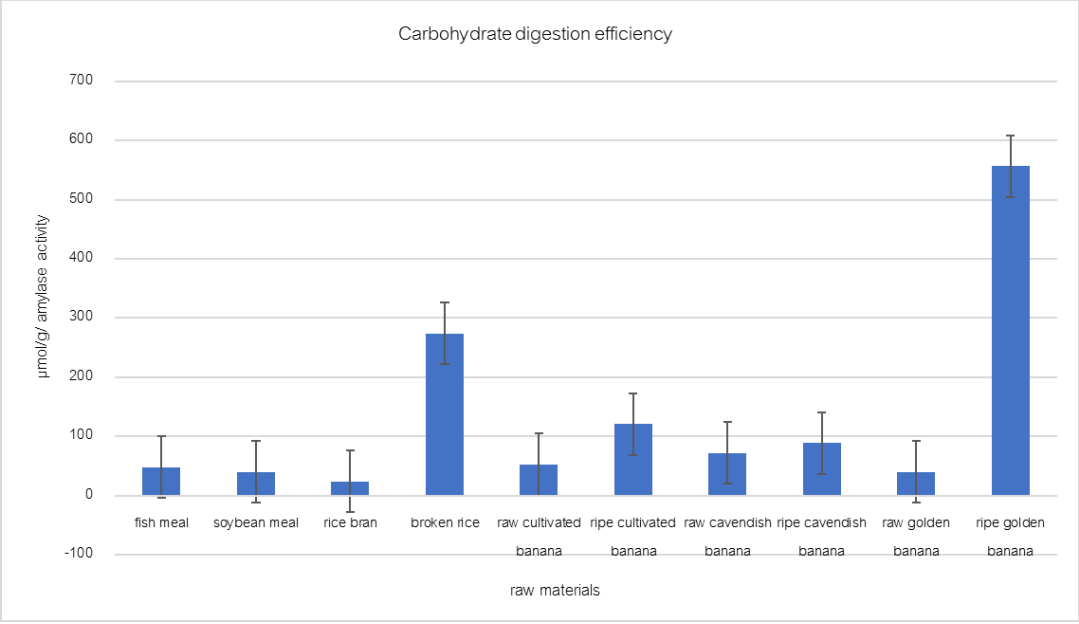


Figure 1 Carbohydrate digestion efficiency with digestive enzymes of the Climbing perch

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทย ด้วยวิธี *in vitro* digestibility ในวัตถุดิบทั้งหมด 10 ชนิด พบว่า มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลาหมอ ดังนี้ กากถั่วเหลือง ค่าเท่ากับ 0.125064 µmol/g//trypsin activity ปลาป่น ค่าเท่ากับ 0.105317 µmol/g//trypsin activity กล้วยหอมสุกและกล้วยหอมดิบ ค่าเท่ากับ 0.085570 µmol/g/trypsin activity ปลายข้าว ค่าเท่ากับ 0.059241 µmol/g/trypsin activity รำละเอียด กล้วยหอมสุกและกล้วยไข่ดิบ ค่าเท่ากับ 0.052659 µmol/g/trypsin activity กล้วยน้ำว้าดิบ ค่าเท่ากับ 0.039494 µmol/g/trypsin activity และกล้วยไข่สุกมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนน้อยที่สุด ค่าเท่ากับ 0.032912 µmol/g/trypsin activity ดัง **Figure 2**

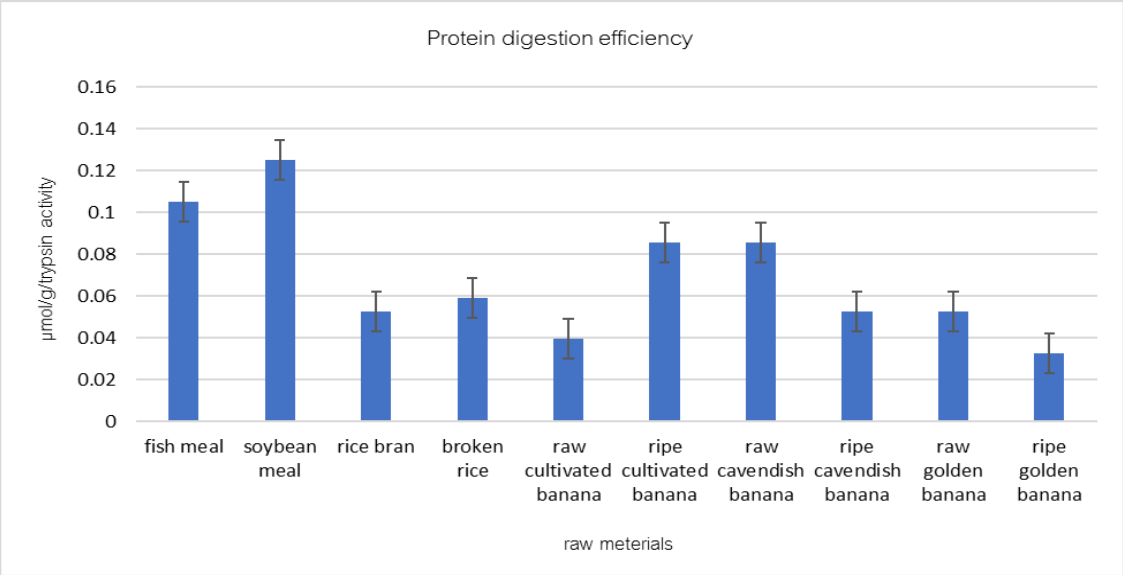


Figure 2 Protein digestion efficiency with digestive enzymes of the Climbing perch

วิจารณ์

การย่อยอาหารเป็นกระบวนการที่สำคัญในการทำให้เกิดสารอาหารเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างภูมิคุ้มกันของสิ่งมีชีวิต (Moyano et al., 2014) การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารของปลาหมอไทยด้วยเทคนิค *in vitro* digestibility มีข้อดี เนื่องจากสามารถควบคุมปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการย่อย สะดวก ใช้เวลาน้อย สามารถนำมาประยุกต์ในการศึกษาวัตถุดิบอาหารและการย่อย (Rungruangsak-Torrissen et al., 2002) โดยตรวจสอบค่าการย่อยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ด้วยวิธีการตรวจสอบคาร์โบไฮเดรตโดยการวัดค่าน้ำตาล maltose และ การตรวจสอบโปรตีนโดยการวัดค่ากรดอะมิโน DL-Alanine จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว กล้วยน้ำว้าดิบ กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยหอมสุก กล้วยไข่ดิบ และกล้วยไข่สุก ด้วยเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารจากปลาหมอไทย พบว่าเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารจากปลาหมอไทย มีประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในกล้วยไข่สุกได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลืองได้ดีที่สุด จันทกานต์ (2550) ได้ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของเอนไซม์อะไมเลสและโปรติเนส พบว่า เอนไซม์อะไมเลสและโปรติเนสสามารถย่อยเนื้อหอย *Corbicula* sp. ได้ดี ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับการที่หอยเป็นอาหารหลักของปลาสวายหนู การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้มุ่งเน้นไปที่ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตมากกว่าไขมัน เนื่องจากปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของปลา คือ สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารประเภทโปรตีนเพื่อการสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอ ในขณะที่ไขมันถือเป็นแหล่งพลังงานสำรอง เอนไซม์โปรติเนสที่สำคัญ คือ เอนไซม์ทริปซิน เนื่องจากเป็นปัจจัย

สำคัญอันดับแรกที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency; FCE) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) มีการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในสูตรอาหาร 6 ชนิดโดยวิธี 6-trinitrobenzene sulfonate (TNBS) ที่มีแหล่งโปรตีนประกอบด้วยปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาหมึกป่น พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหารทั้ง 6 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Divakaran et al., 2004) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ งานวิจัยของ ทิพสุคนธ์ และ จอมสุดา (2557) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของกระเทียม กล้วยน้ำว้า และหอมใหญ่ในการมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติกที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตารอด รวมถึงต้นทุนและความคุ้มทุนในการผลิตปลาหมอไทย พบว่า พรีไบโอติกทั้งสามชนิดไม่มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโต (p>0.05) แต่การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพโปรตีนของปลาหมอเพิ่มขึ้น (p>0.05) การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการเสริมกล้วยน้ำว้าในอาหารปลาหมอไทย สามารถลดต้นทุนการผลิต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงได้ ในทางตรงกันข้าม งานวิจัยของ ธนาวัฒน์ และ คณะ (2557) ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยด้วยวิธี *in vitro* protein digestibility ในวัตถุดิบอาหารได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรา โดยในการศึกษานี้ ทดดลองในปลาโมง 2 ขนาด คือขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ จากผลการศึกษา พบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนในปลาป่น จากเอนไซม์ที่สกัดได้จากกระเพาะอาหาร และลำไส้ในปลาขนาดเล็กมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น แต่ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบอาหารทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกันในปลาโมงขนาดใหญ่ และปลาโมงขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบจากสัตว์ได้ดีกว่าวัตถุดิบจากพืช ส่วนปลาโมงขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพในการ ย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบอาหารทุกชนิด ได้ดี อย่างไรก็ตามปริมาณกล้วยที่เหมาะสมสำหรับปลาหมอไทยอาจจะแตกต่างไปตามอายุและแหล่งที่มาของกล้วย

จากผลการทดลองแหล่งวัตถุดิบชนิดกล้วย พบว่า ความสามารถการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยเอนไซม์อะไมเลสในชนิดกล้วยได้ดีตามลำดับ ดังนี้ กล้วยไข่ดิบ กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยน้ำว้าดิบ และกล้วยไข่สุก และความสามารถการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ทริปซินในชนิดกล้วยได้ดีตามลำดับ ดังนี้ กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยหอมสุก กล้วยไข่ดิบ กล้วยน้ำว้าดิบ และกล้วยไข่สุก ดังนั้น ความสามารถการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยเอนไซม์อะไมเลสในกล้วยไข่สุกได้ดีที่สุด และสามารถการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ทริปซินในกล้วยน้ำว้าสุกได้ดีที่สุด กล้วยจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นวัตถุดิบทดแทน ซึ่งมีราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น และเหมาะสมในการเลี้ยงปลาเพื่อลดต้นทุนได้

สรุป

วัตถุดิบที่เอนไซม์ของปลาหมอไทยสามารถย่อยได้ดี และเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นอาหารปลาหมอไทย คือ กล้วยไข่สุก กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมดิบ เพราะประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับปลาป่น ปลายข้าว และกากถั่วเหลือง ซึ่งกล้วยอาจมีราคาถูกกว่า และหาง่ายกว่า ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างและนำไปปรับปรุงสูตรอาหารที่เหมาะสมกับปลาหมอไทย ทั้งด้านโภชนาการและราคา

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2550. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ 2548. เอกสารฉบับที่6/2550. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง.

กรมประมง. 2562. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ 2557. เอกสารฉบับที่9/2562. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง.

จันทกานต์ นุชสุข. 2550. การพัฒนาสูตรอาหารโดยใช้เทคโนโลยีทางเอนไซม์ย่อยอาหารเพื่อการเพาะเลี้ยงปลาสวายหนู *Helicophagus leptorhynchus* Ng & Kottelat. 2000. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และจอมสุดา ดวงวงษา. 2557. การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อ ลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ธนาวัฒน์ ศิริปริญญานันต์, บัณฑิต ยวงสร้อย, สุธี วงศ์มณีประทีป และ สุทธิศักดิ์ บุญยัง. 2557. การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารในปลาโมง ด้วยวิธี *in vitro* protein digestibility. แก่นเกษตร. 42(ฉบับพิเศษ 1): 32-37.

Divakaran, S., I.P. Forster, and M. Velasco. 2004. Limitations on the use of shrimp *Litopenaeus vannamei* midgut gland extract for the measurement of *in vitro* protein digestibility. Aquaculture. 239: 323-329.

Lowry, O, H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr, and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry. 193: 265-275.

Moyano, F.J., M.A. Saénz-de Rodrigáñez, M. Díaz, and A.G.J. Tacon. 2014. Application of in vitro digestibility methodsin aquaculture: constraints and perspectives. Review. Aquaculture. 6:1-20.

Rattanavichai, W., and W. Cheng. 2015. Dietary supplement of banana (*Musa acuminata*) peels hot-water extract to enhance the growth, anti-hypothermal stress, immunity and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Fish and Shellfish Immunology. 43(2): 415-426.

Rungruangsak-Torrissen, K., A. Rustad, J. Sunde, S. Eiane, H. Jensen, J. Opstvedt, E. Nygard, T. Samuelson, H. Mundheim, U. Luzzana, and G. Venturini. 2002. *In vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82: 644-654.