

**ผลของการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ (*Smallanthus sonchifolius*)
ในอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยในหลอดทดลอง การเจริญเติบโต
และการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาเก๋า (*Labeo chrysophekadion*)
Dietary Supplementation Effect of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)
Tubers on *In Vitro* Digestibility, Growth Performance and Feed
Utilization in Greater Black Shark (*Labeo chrysophekadion*)**

จุลทรรศน์ คีรีแลง^{1,2*} เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน² ชนกันต์ จิตมนัส² Hien Van Doan³ และ สุดาพร ตงศิริ²
Julatat Keereelang^{1,2*}, Kriangsak Mangumphan², Chanagun Chitmanat², Hien Van Doan³
and Sudaporn Tongsiri²

Received: 25 March 2020, Revised: 25 March 2021, Accepted: 8 April 2021

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมในการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ (*Smallanthus sonchifolius*) ในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาเก๋า (*Labeo chrysophekadion*) และประสิทธิภาพในการย่อยคาร์โบไฮเดรต และ โปรตีนในหลอดทดลองของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลาเก๋า และในสูตรอาหารปลาเก๋าที่เสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะในระดับที่ต่างกัน โดยทำการศึกษาในปลาเก๋าที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 3.09 ± 0.61 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 7.05 ± 0.60 เซนติเมตร ภายใต้นแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย 1 ชุดควบคุม และ 3 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ปลาที่ได้รับอาหารเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีนในอาหารเท่ากับ 36.70 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำต้นใต้ดินของบัวหิมะโดยเอนไซม์ที่สกัดได้จากทางเดินอาหารปลาเก๋ามีค่าสูงที่สุด ($62.48 \pm 15.89 \mu\text{mol maltose/g feed/amylase activity}$, P0.05)

¹ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand.

² สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน 55000

² Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Sciences and Agricultural, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan 55000, Thailand.

³ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

³ Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): junlatat999@hotmail.com Tel: 08 6101 1606

ส่วนประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาป่น ($50.74 \pm 2.47 \mu\text{mol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity}$) มีค่าสูงที่สุด และใกล้เคียงกันกับลำต้นไต้ดินของบัวหิมะ ($48.55 \pm 1.74 \mu\text{mol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity}$) ซึ่งมีความสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ($p < 0.05$) ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารที่เสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากอาหารในชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในสูตรอาหารดังกล่าวมีค่าสูงเช่นเดียวกัน และแตกต่างจากชุดควบคุม ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของปลาพบว่าอาหารที่เสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลากาดำที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: ปลากาดำ, ลำต้นไต้ดินของบัวหิมะ, ประสิทธิภาพการย่อยได้, การเจริญเติบโต

ABSTRACT

This study aimed to investigate the optimal supplementation level of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tubers in diets on growth performance of greater black shark (*Labeo chrysophekadion*) and *in vitro* digestibilities of carbohydrate and protein from feed ingredients and the diets containing yacon tubers. Greater black shark (3.09 ± 0.61 g initial weight, 7.05 ± 0.60 cm length) was assigned into four treatments comprising three experimental treatments (2, 4 and 6% yacon tubers) and one control fish group (0% yacon tubers). Triplicate observations under completely randomized design treatment were performed and the fish were fed by isonitrogenous diets (36.70% protein) containing different supplementation levels of yacon tubers over 16 weeks. Across various types of feed ingredients tested using digestive enzymes from greater black shark, the highest carbohydrate digestibility ($62.48 \pm 15.89 \mu\text{mol maltose/g feed/amylase activity}$, $p < 0.05$) was observed in yacon tubers, while protein digestibility was the highest and similar ($p > 0.05$) between fish meal ($50.74 \pm 2.47 \mu\text{mol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity}$) and yacon tubers ($48.55 \pm 1.74 \mu\text{mol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity}$), relative to other feed ingredients. In diets, carbohydrate digestibility was significantly increased when supplementing with 2% yacon tubers, followed by control diet (0%, $p > 0.05$). Also, protein digestibility was significantly higher in this diet in comparison with the control group ($p < 0.05$). For *in vivo* measurements, superior growth was observed in fish fed by diet containing 2% yacon tubers relative to control group ($p < 0.05$), while feed conversion and protein efficiency ratios did not differ between these two groups ($p > 0.05$). Results from the current study indicated the optimal supplementation level of yacon tubers (2%) in diet for greater black shark.

Key words: greater black shark, yacon tubers, digestibility, growth performance

บทนำ

ปลาเก๋า (*Labeo chrysophekadion*) เป็นปลาพื้นเมืองของไทย ตัวโตเต็มวัยมีขนาด 5 - 8 กิโลกรัม สามารถพบทั้งในแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหลทั่วประเทศ (Uk-katawewat and Pongchawee, 2000) มีพฤติกรรมว่ายแพะเล็มตามหิน และชอบกัดเกล็ดของปลาอื่น กินตะไคร่น้ำ และซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร (Vidthayanon, 2004) เป็นปลาที่มีรสชาติดี นิยมบริโภคสด และเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม ในภาคเหนือประชาชนนิยมนำมาประกอบอาหาร รากขายกิโลกรัมละ 80 - 180 บาท ขึ้นอยู่กับขนาด ปัจจุบันปลาเก๋ามีการเพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเป็นปลาสวยงามทั้งใน และต่างประเทศ ปลาที่ผลิตได้จะส่งออกในลักษณะปลาสวยงามเป็นส่วนใหญ่ โดยเป็นปลาที่มีขนาดเล็ก ส่วนปลาขนาดใหญ่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นปลาที่จับจากธรรมชาติ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการบริโภค ในปัจจุบันได้มีการทดลองเลี้ยงปลาเก๋าคำในบ่อดินโดยปล่อยที่ความหนาแน่น 2 ตัวต่อตารางเมตร โดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 9 เดือน ได้ปลาน้ำหนักตัวละ 200 กรัม ได้ผลผลิต 290 กิโลกรัมต่อไร่ (Ingram and Lasasimma, 2008) ซึ่งผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำเนื่องจากปลามีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า และใช้ระยะเวลาเลี้ยงนาน จึงทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยง สำหรับการเจริญเติบโตของปลาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้านเช่น อาหาร คุณภาพน้ำ และพันธุกรรมของปลา ซึ่งอาหารถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลา ที่ส่งผลให้ปลาโตเร็ว มีอัตราแลกเนื้อต่ำ ปลาสามารถนำอาหารไปใช้ได้มากที่สุด และทำให้ปลามีสุขภาพดี (Chitmanat, 2008) การใช้ประโยชน์ของอาหารขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบย่อยอาหารในสัตว์น้ำ ถ้าระบบย่อยอาหารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อประสิทธิภาพใช้อาหารที่สูงขึ้น

การใช้พรีไบโอติก (Prebiotics) เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้การทำงานของระบบย่อยอาหารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพรีไบโอติกคือ อาหารซึ่งร่างกายสัตว์น้ำไม่สามารถย่อย และไม่ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหารทั้งในกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ โดยจะกระตุ้นการทำงานของ และส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยในปลาพรีไบโอติกสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหาร กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และเพิ่มการต้านทานโรค (Dawood *et al.*, 2015)

ลำต้นใต้ดินของบัวหิมะเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้ในรูปของผลไม้ โดยบริเวณส่วนของราก คุณค่าทางโภชนาการประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในรูปของ β (2 $\rightarrow$ 1) fructooligosaccharides ซึ่งช่วยควบคุม และปรับปรุงของเหลวในเลือด ช่วยการทำงานของระบบขับถ่ายในกระเพาะลำไส้ และทางเดินปัสสาวะ และช่วยย่อยอาหารได้ดี (Andrade *et al.*, 2014) โดยจากข้อมูลในปัจจุบันพบว่าลำต้นใต้ดินของบัวหิมะที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ซึ่งจะช่วยลดปริมาณพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียที่ไม่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่บริเวณลำไส้ได้ (Shengjie *et al.*, 2014) ดังนั้นนอกจากนี้ยังมีผลช่วยให้การทำงานของระบบย่อยอาหารของปลามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลต่อการใช้อาหารในการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ดังนั้นในการศึกษารังนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของการใช้ลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ ในสูตรอาหารปลาเก๋า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อย การใช้ประโยชน์จากอาหาร และการเจริญเติบโตของปลาเก๋า ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการเลี้ยงให้น้อยลง และได้อาหารที่มีต้นทุนต่ำในการเลี้ยงปลาเก๋าเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบ และอาหารทดลอง

1.1 การเตรียมตัวอย่างกระเพาะอาหารและลำไส้ปลา

นำตัวอย่างปลากาดำตัวโตเต็มวัยขนาดความยาว 15 เซนติเมตร น้ำหนัก 20 กรัม ที่ได้จากการเลี้ยงที่สาขาวิชาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน มาทำการสับด้วยน้ำมันกานพลู (clove oil) ความเข้มข้น 20 ppm. จากนั้นทำการผ่าท้องปลาเพื่อเก็บตัวอย่างกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก จากนั้นนำตัวอย่างกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กมาทำการบดละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer ขณะที่บดจะแช่ในอ่างน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว $10,000 \times g$ เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บส่วนใสที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น Crude extract สำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบอาหาร และสูตรอาหารทดลอง ตามวิธีของ Rungruangsak-Torrissen *et al.* (2002)

1.2 การศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบ และอาหารทดลองด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารที่สกัดจากทางเดินอาหารปลากาดำ

ทำการศึกษการย่อยได้ในวัตถุดิบอาหารจำนวน 5 ชนิดได้แก่ ปลาป่น แป้งสาลี กากถั่วเหลือง กากถั่วขาวสาลี และลำต้นไต้ดินของบัวหิมะ และสูตรอาหารทดลองที่ผสมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี *in vitro* digestibility โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหาร และประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ตามวิธีของ Rungruangsak-Torrissen *et al.* (2002) ดังนี้

1) การศึกษาการย่อยโปรตีนด้วยวิธี

Trinitrobenzene sulphonic acid (TNBS)

นำ Digested solution ที่เตรียมไว้จากข้อ 1.1 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมด้วย 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer นำไปพักไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 ชั่วโมงทำการเติม 1 M HCl ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง และนำไปวัดค่าการดูดแสงที่ 420 นาโนเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณ Free amino group โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ DL-alanine

2) การศึกษาการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี

Dinitrosalicylic acid (DNS)

นำ Digested solution ที่เตรียมไว้จากข้อ 1.1 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว $10,000 \times g$ เป็นเวลา 10 นาที นำมาเติม 1% DNS (ละลายใน 2 M NaOH และ 0.6% Sodium potassium tartrate) ปริมาตร 250 ไมโครมิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer และนำไปวัดค่าการดูดแสงที่ 540 นาโนเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณ Reducing sugar โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Maltose

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากาดำ

2.1 การเตรียมปลาทดลอง

ปลากาดำที่ใช้ในการศึกษาเป็นลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดแพร่ มีอายุประมาณ 2 เดือน นำมาเลี้ยงไว้ที่สาขาวิชาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ในถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 1,000 ลิตร เพื่อปรับสภาพปลาให้คุ้นเคยกับการทดลอง และให้

อาหารเม็ดสูตรควบคุม วันละ 2 มื้อ (9.00 น. และ 17.00 น.) ในระหว่างการเลี้ยงทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ และดูดตะกอนทุกวัน จนได้ลูกปลา น้ำหนักประมาณ 3 กรัม

2.2 การเตรียมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะ

นำลำต้นไต้ดินของบัวหิมะมาทำการล้างให้สะอาด และปอกเปลือก จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปตากแดดที่อุณหภูมิ 33 - 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จนกระทั่งลำต้นไต้ดินของบัวหิมะแห้ง จากนั้นนำลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่แห้งแล้วมาทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และนำไปใส่ไว้ในถุงโพลีเอทิลีน โดยปิดให้สนิทแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง

สูตรอาหารที่ใช้ได้ปรับปรุงมาจากสูตรของ Roghieh *et al.* (2017) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ใช้ศึกษาในปลาไนมาใช้เป็นสูตรอาหารชุดควบคุม (control) โดยนำส่วนผสมทั้งหมดในแต่ละสูตรการทดลองมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปอัดเป็นเม็ดได้อาหารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องอัดอาหารเม็ดลอย และนำไปผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารแต่ละสูตร และนำอาหารส่วนที่เหลือไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป โดยสูตรอาหารแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบของอาหารทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)			
	0	2	4	6
ปลาป่น	40.00	40.00	40.00	40.00
แป้งสาลี	21.00	19.00	17.00	15.00
กากถั่วเหลือง	13.50	13.50	13.50	13.50
กลูเตนข้าวสาลี	5.50	5.50	5.50	5.50
น้ำมันถั่วเหลือง	6.00	6.00	6.00	6.00
น้ำมันปลา	6.00	6.00	6.00	6.00
แร่ธาตุรวม	3.00	3.00	3.00	3.00
วิตามินรวม	2.00	2.00	2.00	2.00
สารเหนียว	2.00	2.00	2.00	2.00
สารกันเชื้อรา	0.50	0.50	0.50	0.50
สารต้านอนุมูลอิสระ	0.50	0.50	0.50	0.50
ลำต้นไต้ดินของบัวหิมะแห้ง	0.00	2.00	4.00	6.00
องค์ประกอบในอาหาร (เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง)				
ความชื้น	10.39	10.43	10.17	10.28
โปรตีน	36.88	36.76	36.70	36.65
ไขมัน	10.55	10.29	10.35	10.39

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบของอาหารทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)			
	0	2	4	6
เต้า	4.11	4.16	4.09	4.19
ไขมัน	1.67	1.64	1.87	2.04
คาร์โบไฮเดรต	36.40	36.72	36.82	36.45

หมายเหตุ: แร่ธาตุรวมประกอบไปด้วย กรดนิโคตินิก 9.0 มก/กก, ทองแดง 1.5 มก/กก, เหล็ก 150 มก/กก, ไอโอดีน 2.25 มก/กก, แมงกานีส 132 มก/กก, สังกะสี 132 มก/กก, โคบอลต์ 1.95 มก/กก, แคลเซียม 792 มก/กก, วิตามินรวมประกอบไปด้วย วิตามินเอ 30,000 IU/กก, วิตามินดี 3 4,800 IU/กก, วิตามินอี 30 มก/กก, วิตามินเค 3 4.95 มก/กก, วิตามินบี 1 3.3 มก/กก, วิตามินบี 2 6.75 มก/กก, วิตามินบี 12 67.5 มก/กก

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของอาหารในปลา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 1 ชุดควบคุม และ 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยอาหารทดลองแต่ละสูตรประกอบด้วย ชุดควบคุมใช้อาหารที่มีลำดับได้ดินของบัวหิมะเป็นส่วนผสม 0 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 1 - 3 อาหารที่มีลำดับได้ดินของบัวหิมะเป็นส่วนผสม 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทดสอบอาหารโดยใช้ลูกปลากาดำ น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 3 กรัม เลี้ยงในตู้กระจก ขนาด 36×16×18 นิ้ว จำนวน 12 ตู้ ใส่น้ำ 30 ตัว ในระหว่างการเลี้ยงให้อาหาร 2 มื้อ (9.00 น. และ 17.00 น.) โดยให้ปลากินจนอิ่ม พร้อมทั้งบันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินในแต่ละวัน และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกวัน ในระหว่างการทดลองทำการสูบน้ำหนัก และวัดความยาวปลาทุกชุดการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหาร และการ

เจริญเติบโตของปลาในแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple rang test โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 24 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง กากถั่วขาวสาธิต แป้งสาธิต และลำดับได้ดินของบัวหิมะ ด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากทางเดินอาหารปลากาดำ (ตารางที่ 2) พบว่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำดับได้ดินของบัวหิมะมีค่าสูงที่สุด และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับวัตถุดิบชนิดอื่น ($p<0.05$) และเอนไซม์ในทางเดินอาหารปลากาดำมีความสามารถในการย่อยโปรตีนในปลาป่น และลำดับได้ดินของบัวหิมะได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาธิต กากถั่วเหลือง และกากถั่วขาวสาธิต พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต (μmol maltose/g feed/amylase activity) และโปรตีน (μmol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity) ในวัตถุดิบอาหารด้วยเอนไซม์ที่สกัดได้จากทางเดินอาหารของปลากาดำ

วัตถุดิบ	ประสิทธิภาพการย่อย	
	คาร์โบไฮเดรต (μmol maltose/g feed/amylase activity)	โปรตีน (μmol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity)
ปลาป่น	15.05 ± 2.86^c	50.74 ± 2.47^a
แป้งสาลี	43.96 ± 2.96^b	38.77 ± 2.28^c
กากถั่วเหลือง	22.47 ± 1.62^c	40.10 ± 0.38^c
กลูเตนข้าวสาลี	Nd	44.56 ± 0.47^b
ลำต้นไต้ดินของบัวหิมะ	62.48 ± 15.89^a	48.55 ± 1.74^a
<i>p</i> - value	0.0037	0.0059

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

Nd = ตรวจวัดไม่พบ (not detected)

ทั้งนี้เนื่องจากปลากาดำเป็นปลาที่กินทั้งพืชทั้งสัตว์ (omnivorous) (Rainboth, 1996; Uk-katawewat and Pongchawee, 2000; Vidthayanon, 2004) มีความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าปลากินเนื้อ (Chuapochuk, 2000) ซึ่งจากวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีแป้งสาลี และลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่เป็นพืช และมีส่วนประกอบของแป้งมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น จึงส่งผลต่อความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ส่วนประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนพบว่ามีความสูงในปลาป่น เนื่องจากปลากาดำเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจะมีค่าน้อยกว่าปลากินเนื้อ แต่จะมีค่าสูงกว่าในปลากินพืช (De Silva and Anderson, 1994) ซึ่งคล้ายกับปลานิลที่เป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ ดังนั้นจึงส่งผลให้ปลากาดำย่อยโปรตีนจากปลาป่นได้ดีกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น อีกทั้งปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพทั้งปริมาณ

โปรตีนที่สูง และโปรตีนในปลาป่นเป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายกว่าโปรตีนที่พบในพืช ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาป่นสูงกว่าโปรตีนในพืช โดยเฉพาะปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ที่มีระดับเอนไซม์กลุ่มโปรติเอส ต่ำกว่าปลากินเนื้อ ทำให้สามารถย่อยโปรตีนในปลาป่นได้ดีกว่าโปรตีนจากแหล่งวัตถุดิบชนิดอื่นๆ

จากการศึกษาค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของสูตรอาหารทดลองที่มีการเสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 3) พบว่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่เสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 2 เปอร์เซนต์ มีค่าสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอาหารที่เสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 0 และ 2 เปอร์เซนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับสูตรอาหารที่เสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 4 และ 6 เปอร์เซนต์ ($p<0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน

ในสูตรอาหารที่เสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ
2 เปอร์เซนต์ มีค่าสูงสุด และแตกต่างกันทางสถิติ
กับชุดควบคุม ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต (μmol maltose/g feed/amylase activity) และโปรตีน (μmol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity) ในสูตรอาหารด้วยเอนไซม์ที่สกัดได้จากทางเดินอาหารของปลาเก๋า

ระดับการเสริม ลำต้นใต้ดินของ บัวหิมะ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพการย่อย	
	คาร์โบไฮเดรต (μmol maltose/g feed/amylase activity)	โปรตีน (μmol DL-alanine equivalent/g feed/trypsin activity)
0	6.33 ± 0.66^a	19.84 ± 0.32^b
2	6.66 ± 0.47^a	27.25 ± 0.00^a
4	4.33 ± 0.56^b	23.54 ± 0.91^{ab}
6	3.77 ± 0.91^b	26.68 ± 0.53^a
<i>p</i> - value	0.0086	0.0229

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันตามแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาเก๋าที่ได้รับอาหารเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4) พบว่าอาหารที่มีการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะมีค่าการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ 2 เปอร์เซนต์ มีค่าการเจริญเติบโตสูงสุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($p < 0.05$) ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าอาหารที่เสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อาหารชุดควบคุมมีค่าต่ำกว่าอาหารที่เสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในส่วนของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

มีค่าค่อนข้างต่ำ และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ค่อนข้างสูง เนื่องมาจากการทดลองเลี้ยงในตู้กระจกที่มีพื้นที่น้อย และมีการปล่อยที่หนาแน่น ส่งผลให้ปลามีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำ และมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่สูง ประกอบกับปลาเก๋าเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างช้า การเลี้ยงต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงที่นานกว่าจะได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ เมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นในกลุ่มเดียวกัน (Ng *et al.*, 2008) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน พบว่าในอาหารที่มีการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะที่ระดับ 2 เปอร์เซนต์ มีค่าดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นทั้งสองค่า และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนของลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ พบว่ามีค่าสูงกว่าวัตถุดิบ

ชนิดอื่นเช่นกัน จึงส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอาหารของปลากาต้าที่ได้รับอาหารเสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่ระดับต่างๆ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

พารามิเตอร์	ระดับการเสริมลำต้นไต้ดินของบัวหิมะในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				p - value
	0	2	4	6	
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	8.38 ± 0.26 ^b	9.57 ± 0.03 ^a	8.42 ± 0.60 ^b	8.82 ± 0.13 ^{ab}	0.0364
ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร/ตัว)	8.10 ± 0.10 ^c	8.85 ± 0.07 ^a	8.76 ± 0.15 ^{ab}	8.40 ± 0.26 ^{bc}	0.0188
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	5.26 ± 0.25 ^c	6.45 ± 0.07 ^a	6.00 ± 0.42 ^{ab}	5.56 ± 0.25 ^{bc}	0.0133
ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร/ตัว)	1.76 ± 0.14 ^b	2.51 ± 0.07 ^a	2.42 ± 0.15 ^a	2.21 ± 0.07 ^a	0.0058
การเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	0.82 ± 0.02 ^c	0.94 ± 0.00 ^a	0.89 ± 0.03 ^{ab}	0.85 ± 0.02 ^{bc}	0.0120
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.04 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	0.0012
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	4.28 ± 0.05 ^b	4.51 ± 0.07 ^{ab}	4.82 ± 0.14 ^a	4.63 ± 0.17 ^a	0.0492
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	0.64 ± 0.03 ^a	0.61 ± 0.02 ^a	0.60 ± 0.04 ^a	0.62 ± 0.04 ^a	0.0388

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันตามแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว) = น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง, ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร/ตัว) = ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความยาวเริ่มต้นการทดลอง, การเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน) = $((\ln \text{ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง}) / \text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}) \times 100$, อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) = $(\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง}) / \text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}$, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ = น้ำหนักอาหารที่ให้/น้ำหนักสัตว์ น้ำที่เพิ่ม, ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น/น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน

นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติของลำต้นไต้ดินของบัวหิมะที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโน แร่ธาตุหลักและธาตุรองอีกหลายชนิด โดยเฉพาะแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และซีลีเนียม ซึ่งมีอยู่ในสัดส่วนที่สูง ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของ

ร่างกายของสัตว์ได้ นอกจากนี้ลำต้นไต้ดินของบัวหิมะยังช่วยในเรื่องการทำงานของกระเพาะอาหารและลำไส้ ลำต้นไต้ดินของบัวหิมะยังเป็นแหล่งของ fructooligosaccharides (Goto *et al.*, 1995) และเต็มไปด้วยสารประกอบ phenolic, chlorogenic acid และ

caffeic acid (Takenaka *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของสุขภาพ รวมไปถึงการมีคุณสมบัติเป็น prebiotic, antidiabetic, antioxidative และ antimicrobial (Ojansivu *et al.*, 2011) David *et al.* (2012) ได้ศึกษาคุณสมบัติของ fructooligosaccharides จากลำต้นใต้ดินของบัวหิมะในการเป็นพรีไบโอติกพบว่า สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของ Bifidobacteria และ Lactobacilli เมื่อเปรียบเทียบกับที่ได้ในครั้งนี้นับกับการทดลองของ Kim *et al.* (2019) ที่ทำการทดลองเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ จิง และบลูเบอร์รี่ในอาหารสำหรับปลา olive flounder ระยะวัยรุ่น พบว่าการเจริญเติบโตของปลาไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง แต่อัตราการรอดตายสะสมของปลาจะน้อยกว่าในกลุ่มควบคุม ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากการทดลองที่พบในปลากาดำครั้งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตที่ชัดเจนมีการเสริมที่ 2 เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลให้เห็นการเจริญเติบโตที่ชัดเจนมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Akrami *et al.* (2013) ได้ทำการศึกษาผลของอาหารเสริม fructooligosaccharide ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และจำนวนของ lactobacillus bacteria และ ภูมิคุ้มกันในกลุ่มปลาสเตอร์เจียน (*Acipenser stellatus*) ผลการศึกษาพบว่าการใช้ fructooligosaccharide 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต เป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียในลำไส้ และสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกลุ่มปลาสเตอร์เจียนได้ และสอดคล้องกับการทดลองของ Kim *et al.* (2017) ที่ทำการทดลองเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะ จิง และบลูเบอร์รี่ในอาหารสำหรับปลา rockfish ระยะวัยรุ่น พบว่าผลที่ได้คล้ายกับการทดลองในครั้งนี้คือการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะในสูตรอาหารมีผลให้ปลา rockfish มีการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มทดลองอื่น ถึงแม้จะทำการเสริมเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร และลำไส้ของปลากาดำสามารถย่อยลำต้นใต้ดินของบัวหิมะได้ดี โดยมีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ($p < 0.05$) และมีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนมีค่าที่สูงและใกล้เคียงกับปลาปน ($p > 0.05$) ส่วนการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะในสูตรอาหารเลี้ยงปลา-กาดำ พบว่าที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีค่าสูงที่สุด โดยที่ค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนแตกต่างจากชุดควบคุม ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเจริญเติบโต โดยการเสริมลำต้นใต้ดินของบัวหิมะในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลากาดำที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Akrami, R., Iri, Y., Rostami, H.K. and Mansour, M.R. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. **Fish & Shellfish Immunology** 35: 1235-1239.
- Andrade, E.F., Leone, R.S., Ellendersen, L.N. and Masson, M.L. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity of extracts of leaves and flowers of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Industrial Crops and Product** 62: 499-506.

- Chitmanat, C. 2008. **Fish disease handbook**. 1st ed. Maejo University press, Chiangmai. (in Thai)
- Chuapoehek, W. 2000. **Aquatic animal nutrition and feeding**. 2nd ed. Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)
- David, C., Indira, B.P., Rosana, C., Ana, A.G., Giuliana, N. and Romina, P. 2012. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry** 135(3): 1592-1599.
- Dawood, M.A.O., Koshio, S., Ishikawa, M. and Yokoyama, S. 2015. Interaction effects of dietary supplementation of heat-killed *Lactobacillus plantarum* and β -glucan on growth performance, digestibility and immune response of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. **Fish & Shellfish Immunology** 45: 33-42.
- De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1994. **Fish nutrition in Aquaculture**. 1st ed. Chapman & Hall, London.
- Goto, K., Fukai, K., Hikida, J., Nanjo, F. and Hara, Y. 1995. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** 59: 2346-2347.
- Ingram, B.A. and Lasasimma, O. 2008. Production of *Cirrhinus molitorella* and *Labeo chrysophekadion* for culture based fisheries development in Lao PDR. Part 1 Captive spawning. **Aquaculture Asia** 13(2): 24-31.
- Kim, J., Ki, W.L., Hae, S.J., Most, W.R.A., Hee, S.K., Taeho, K., Mun-Gyeong, K. and Sung, H.C. 2019. Oral administration effect of yacon, ginger and blueberry on the growth, body composition and plasma chemistry of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and immunity test against *Streptococcus iniae* compared to a commercial probiotic, *Lactobacillus fermentum*. **Aquaculture Reports** 15: 1-7.
- Kim, H.S., Lee, K.W., Jung, H.S., Kim, J.A., Yun, S.H. and Cho, M.K. 2017. Effects of dietary inclusion of yacon, ginger and blueberry on growth, body composition and challenge test of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*) against *Edwardsiella tarda*. **Aquaculture Nutrition** 24: 1048-1055.
- Ng, W.K., Abdullah, N. and De Silva, S.S. 2008. The dietary protein requirement of the Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker) and the lack of protein-sparing action by dietary lipid. **Aquaculture** 284(1-4): 201-206.
- Ojansivu, I., Ferreira, C.L. and Salminen, S. 2011. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends in Food Science & Technology** 22: 40-46.
- Rainboth, W.J. 1996. **Fishes of the Cambodian Maekong**. 1st ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations press, Rome.

- Roghieh, S., Seyed, H., Hoseinifar, H.V.D. and Maryam, D. 2017. The effects of dietary Myrtle (*Myrtus communis*) on skin mucus immune parameters and mRNA levels of growth, antioxidant and immune related genes in zebrafish (*Danio rerio*). **Fish & Shellfish Immunology** 66: 264-269.
- Rungruangsak-Torrissen, K., Rustad, A., Sunde, J., Eiane, S.A., Jensen, H.B., Opstvedt, J., Nygard, E., Samuelsen, T.A., Mundheim, H., Luzzana, U. and Venturini, G. 2002. *In vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials. **Science of Food and Agriculture** 82: 644-654.
- Shengjie, L., Renhui, H., Nagendra, P., Shah, X.T., Yonghua, X. and Hua, W. 2014. Antioxidant and antibacterial activities of exopolysaccharides from *Bifidobacterium bifidum* WBIN03 and *Lactobacillus plantarum* R315. **Dairy Science** 97(12): 7334-7343.
- Takenaka, M., Yan, X.J., Ono, H., Yoshida, M., Nagata, T. and Nakanishi, T. 2003. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Agricultural and Food Chemistry** 51: 793-796.
- Uk-katawewat, S. and Pongchawee, K. 2000. **Taxonomy of Ornamental Fish for Thailand Exports**. 1st ed. Fisheries Department press, Bangkok. (in Thai)
- Vidthayanon, C. 2004. **Handbook of Freshwater Fishes**. 1st ed. Bangkoksarakadee press, Bangkok. (in Thai)