KKU Res.j. 2014; 19(4) : 571-584
http://resjournal.kku.ac.th

ความก้าวหน้าของงานวิจัยอาหารปลากะพงขาว

Advances in Nutritional Researches on Asian Sea Bass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790)

พิเชต พลายเพชร
Pichet Plaipetch

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
Correspondent author: pichet28@yahoo.com

บทคัดย่อ

นับตั้งแต่การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวเชิงพาณิชย์ประสบความสำเร็จในปี พ.ศ. 2520 มีการวิจัยเกี่ยวกับอาหารมีชีวิตและอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปลาชนิดนี้มาอย่างต่อเนื่อง โดยโรติเฟอร์ อาร์ทีเมียและไรแดงเป็นอาหารมีชีวิตที่ศึกษากันมากสำหรับการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนหรือปลาขนาดนิ้ว ซึ่งงานวิจัยได้ครอบคลุมการศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาล การเสริมสารอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและการทดแทนชนิดเพื่อลดต้นทุน อย่างไรก็ตามงานวิจัยอาหารมีชีวิตที่ควรศึกษาเพิ่มเติมคือการใช้ประโยชน์โคพีพอดวัยอ่อนและโทรโคฟอร์ของหอยนางรมเพื่อเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อน ส่วนงานวิจัยอาหารสำเร็จรูปได้ครอบคลุมการศึกษาความต้องการสารอาหาร วัตถุดิบอาหารและการจัดการการให้อาหาร โดยเฉพาะความต้องการโปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น ไขมันและกรดไขมันจำเป็นเป็นหัวข้อที่ศึกษากันมากและมีข้อสรุปชัดเจน แม้ว่าการศึกษาความต้องการวิตามินและแร่ธาตุของปลากะพงขาวจะมีน้อย แต่สามารถใช้วิตามินและแร่ธาตุรวมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบได้เน้นเกี่ยวกับแหล่งวัตถุดิบทดแทนปลาป่นและน้ำมันจากสัตว์ทะเล ขณะที่ความถี่และรูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมเป็นหัวข้อการจัดการการให้อาหารที่นิยมศึกษากัน งานวิจัยอาหารสำเร็จรูปที่น่าสนใจและควรศึกษาเพิ่มเติมมี 5 หัวข้อ ได้แก่ การศึกษาความต้องการสารอาหารของปลากะพงขาวที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น 100 กรัม ขึ้นไปและพ่อแม่พันธุ์ การจัดการสารอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตหรือลดระยะเวลาการเลี้ยง การปรับปรุงแหล่งโปรตีนพืชด้วยวิธีการที่ไม่แพงเพื่อเพิ่มระดับการแทนที่ปลาป่น การใช้สารดึงดูดการกินสำหรับอาหารที่มีการใช้แหล่งโปรตีนพืชในระดับสูงและการใช้ประโยชน์ไขมันจากวัตถุดิบที่เป็นจากผลพลอยได้จากการแปรรูปสัตว์ทะเล เช่น กุ้ง หอยสองฝา หมึกและอื่นๆ

Abstract

After commercial culture of Asian sea bass achieved in 1977, there is continuity of researches on live and artificial feeds for this species. Rotifer, brine shrimp and water flea are the main live feeds which have been extensively tested for nursing fish larvae or fingerling. Studies cover optimum density for nursing, nutritional enrichment and type replacement to reduce the production cost. However, the further studies on utilization of copepod larvae and trochophore stage of oyster for nursing fish larvae are recommended to increase survival rate of fish larvae. Researches on artificial feed cover nutrient requirement, feed ingredient and feeding manipulation. Especially, requirements of dietary protein, essential amino acids, lipid and essential fatty acid have been mostly studied and clearly conclusive.

Determinations on requirement of dietary vitamin and mineral have been rare, but commercially available vitamin and mineral premixes seem to be useful without an adverse impact on growth of this species. The topics of feed ingredient have been mainly based on the alternative sources for both fishmeal and marine oil. Meanwhile, studies on the optimum feeding frequency and regime are mostly preferred for feeding manipulation. There are five topics of artificial feed which are interested and should be determined. These include nutrient requirements of the higher 100 g fish and broodstock, also nutrient manipulation to reduce production cost or culture period. The others are nutritional improvement of plant protein with the cheap method to increase fishmeal replacement level, using a feed attractant for high plant protein based feed and utilization of lipid derived from byproducts of marine animal processing such as shrimp, bivalves, squid and others.

คำสำคัญ: ความก้าวหน้า งานวิจัยด้านอาหาร ปลากะพงขาว

Keywords: advance, nutritional research, Asian sea bass

1. คำนำ

ปลากะพงขาว (Asian sea bass หรือ Barramundi *Lates calcarifer* Bloch, 1790) เป็นปลาทะเลเขตร้อนที่พบแพร่กระจายในเขตมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก (Indo-Pacific region) ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ชายฝั่งไต้หวัน ประเทศออสเตรเลียไปจนถึงอ่าวเปอร์เซีย (1) ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี เช่น ทนต่ออุณหภูมิและความเค็มได้ในช่วงกว้างและสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำทะเล (2) ประเทศไทยเป็นประเทศแรกที่ประสบความสำเร็จในการผสมเทียมปลาชนิดนี้เมื่อปี พ.ศ. 2516 (3) จากนั้นได้มีการทดลองเพาะพันธุ์ด้วยวิธีการอื่นๆ จนสามารถเหนี่ยวนำให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันเองภายในบ่อได้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2520 หน่วยงานของกรมประมงสามารถผลิตลูกปลาได้ปริมาณมากและจำหน่ายให้แก่เกษตรกรนำไปเลี้ยงเชิงพาณิชย์ได้ รวมทั้งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงให้แก่เกษตรกรสำหรับนำไปประกอบเป็นอาชีพเพาะพันธุ์ปลาชนิดนี้ และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมาประเทศไทยสามารถผลิตปลากะพงขาวที่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศและส่งออกผลผลิตได้บางส่วน จากความสำเร็จของประเทศไทยทำให้เป็นที่สนใจของเกษตรกรในประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทำให้การเลี้ยงปลาชนิดนี้แพร่หลายมากขึ้นจนกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของภูมิภาคนี้ (4-5) นอกจากนี้การเลี้ยงปลากะพงขาวกำลังเป็นที่นิยมในประเทศออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา (6) อย่างไรก็ตามเกษตรกรในสองประเทศนี้เลี้ยงปลาแบบหนาแน่นสูงในระบบน้ำจืดหมุนเวียน (Recirculating aquaculture system, RAS) ซึ่งต่างจากเกษตรกรในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไต้หวันที่นิยมเลี้ยงปลาในกระชังและบ่อดินในเขตน้ำกร่อยหรือทะเล ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตปลากะพงขาวอันดับ 1 ของโลก รองลงมาคือไต้หวัน อินโดนีเซียและมาเลเซีย ตามลำดับ (7) โดยเกษตรกรไทยนิยมเลี้ยงปลาชนิดนี้ในกระชังแต่ปัจจุบันการเลี้ยงในบ่อดินกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากการเลี้ยงในบ่อดินทำให้ปลาเจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงได้หนาแน่นมากขึ้น เช่น ในจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเลี้ยงปลากะพงขาวมากที่สุดของประเทศมีอัตราส่วนของการเลี้ยงปลาในกระชังและในบ่อดินที่ใกล้เคียงกัน (8) และเนื่องจากมีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวเชิงพาณิชย์มาไม่น้อยกว่า 30 ปี ทำให้มีงานวิจัยด้านอาหารเพื่อสนับสนุนการขยายตัวของการเพาะเลี้ยงมากพอสมควร งานวิจัยส่วนใหญ่มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ 2 ประการ คือ 1) เพื่อเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อน เช่น การใช้อาหารมีชีวิตเพื่ออนุบาลลูกปลากะพงขาวระยะหลังฟักจนถึงขนาดปลานิ้ว และ 2) เพื่อเลี้ยงลูกปลานิ้วจนได้ปลาขนาดตลาด ทั้งการใช้อาหารสด อาหารผสมและอาหารสำเร็จรูปแบบเม็ด และเนื่องจากอาหารเป็นต้นทุนหลักของการเลี้ยงสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดรวมทั้งปลาชนิดนี้ ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความก้าวหน้าของงานวิจัยทั้งสองด้านที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการทำวิจัย

ที่จะเติมเต็มความรู้ด้านโภชนาการของปลากะพงขาว และเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการด้านอาหารสำหรับเกษตรเลี้ยงที่ปลาชนิดนี้

2. งานวิจัยด้านอาหารมีชีวิต

2.1 ความก้าวหน้าของงานวิจัยเกี่ยวกับอาหารมีชีวิต

งานวิจัยอาหารมีชีวิตในช่วงแรกเน้นเรื่องการใช้โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักเพื่ออนุบาลลูกปลากะพงขาวระยะหลังฟักเป็นระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ก่อนเปลี่ยนไปเป็นอาหารชนิดอื่นๆ เช่น อาร์ทีเมียที่มีขนาดโตขึ้น ไรแดง ปลาสดสับหรืออาหารสำเร็จรูป โดยงานวิจัยการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนด้วยโรติเฟอร์สามารถสรุปได้ดังนี้ ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลากะพงขาวระยะหลังฟักควรมีค่าอยู่ในช่วง 4-32 ตัวต่อปริมาตรน้ำ 1 ซีซี (9) และควรเพิ่มความหนาแน่นของโรติเฟอร์ให้มากขึ้นตามจำนวนวันของการอนุบาลเนื่องจากลูกปลามีความต้องการอาหารมากขึ้นตามขนาดตัวที่ใหญ่ขึ้น (10) สอดคล้องกับการทดลองในปี พ.ศ. 2547 ที่พบว่าการเพิ่มความหนาแน่นของโรติเฟอร์สำหรับการอนุบาลลูกปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นช่วยเพิ่มอัตรารอดตายได้ โดยความหนาแน่นของโรติเฟอร์อาจเพิ่มเป็น 40 ตัวต่อน้ำ 1 ซีซี (11) นอกจากการใช้โรติเฟอร์แล้วยังมีความพยายามในการอนุบาลลูกปลากะพงขาวด้วยโคพีพอดซึ่งรวบรวมจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล และพบว่าการใช้โคพีพอดในช่วงเวลาที่เหมาะสมทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายดีกว่าการใช้โรติเฟอร์เพียงอย่างเดียว (12) เนื่องจากโคพีพอดมีขนาดใหญ่กว่าโรติเฟอร์ทำให้ลูกปลาที่มีขนาดใหญ่สามารถจับกินได้ดียิ่งขึ้น แม้ว่าโรติเฟอร์จะเป็นอาหารที่ดีสำหรับการอนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อนแต่บางครั้งอาจเกิดการขาดแคลนได้ ดังนั้นจึงมีการทดลองเพื่อทดแทนโรติเฟอร์ด้วยการใช้อาหารรูปแบบอื่นๆ เช่น โรติเฟอร์แช่แข็ง ไข่แดงต้มสุกและไข่ตุ๋นเสริมนมผง ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้อาหารเหล่านี้ทดแทนโรติเฟอร์ได้เป็นระยะเวลา 2-3 วัน โดยไม่กระทบการเจริญเติบโตและอัตรารอดตาย (13) ปัญหาสำคัญอีกประการของการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์คือลูกปลามีอัตรารอดตายต่ำโดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการอนุบาล ทำให้มีการพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์และแนวทางที่จะเพิ่มคุณค่าของโรติเฟอร์ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา Rimmer และ Reed (14) รายงานว่าการเสริมสารอาหารโดยเฉพาะกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงชนิด Poly unsaturated fatty acid (PUFA, คาร์บอน 18 อะตอมขึ้นไป) ให้แก่โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักช่วยเพิ่มอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลาได้ ขณะที่อีกการทดลองพบว่าการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลล่าก่อนนำไปเลี้ยงลูกปลามีผลให้ลูกปลามีอัตรารอดตายดีกว่าการเลี้ยงลูกปลาด้วยยีสต์หรือยีสต์ที่เสริมด้วยน้ำมันตับปลา (15) ทั้งนี้เนื่องจากคลอเรลลามีการสะสมกรดไขมันที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลา (16) ส่วนการอนุบาลลูกปลากะพงขาวอายุ 14-30 วัน ไปเป็นลูกปลาขนาดนิ้วหน่วยงานของกรมประมงและเกษตรกรนิยมใช้ทั้งอาร์ทีเมียแรกฟักและตัวเต็มวัย แต่การใช้อาร์ทีเมียเพียงอย่างเดียวทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากไข่อาร์ทีเมียราคาแพงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีความพยายามในการลดต้นทุนโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่นๆ ทดแทนอาร์ทีเมีย เช่น ไรแดงและไรน้ำกร่อย

อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ไรแดงทดแทนอาร์ทีเมียได้เพียงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น เนื่องจากการเลี้ยงลูกปลาด้วยไรแดงเป็นระยะนานทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายต่ำ (17-18) สาเหตุหนึ่งน่าจะเกิดจากไรแดงมีกรดไขมันจำเป็น เช่น Eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) และ Docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) ในปริมาณต่ำ แต่เมื่อเสริมน้ำมันปลาทะเลแก่ไรแดงก่อนนำไปอนุบาลมีผลให้ลูกปลามีอัตรารอดตายดีขึ้นและสามารถลดต้นทุนการผลิตได้เมื่อเทียบกับการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียเพียงอย่างเดียว (19) ส่วนการใช้ไรน้ำกร่อยนั้นพบว่าสามารถได้ในช่วงรอยต่อของการเปลี่ยนจากการให้โรติเฟอร์ไปเป็นอาร์ทีเมีย แรกฟักและทำให้ปริมาณอาร์ทีเมียที่จะใช้ลดลงไปด้วย (20)

นอกจากนี้ได้มีความพยายามในการใช้อาหารมีชีวิตชนิดอื่นๆ อนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อน เช่น ไส้เดือนน้ำ (Tubiflex) แต่พบว่าทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายต่ำ (21) ทั้งนี้น่าจะเกิดจากไส้เดือนน้ำมีกรดไขมันจำเป็นที่สัตว์ทะเลหรือสัตว์น้ำกร่อยต้องการในปริมาณน้อยเช่นเดียวกับไรแดง ขณะเดียวกันมีงานวิจัยเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มศักยภาพการใช้อาร์ทีเมียซึ่งพบว่าการใช้อาร์ทีเมียอายุ 1-13

วัน สามารถเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลากะพงขาวได้ดีกว่าการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักและช่วยลดปริมาณการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักได้ประมาณ 14 เท่า (22) เป็นไปได้ว่าอาร์ทีเมียขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ปลากินอิ่มเร็วขึ้นจากการกินเพียงไม่กี่ตัว ขณะที่ลูกปลาต้องเสียพลังงานในการกินอาร์ทีเมียขนาดเล็กเพื่อให้ได้รับสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้สามารถเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาให้สูงขึ้นได้อีกโดยการเสริมสไปรูไลน่าให้แก่อาร์ทีเมีย (23) ทั้งนี้สไปรูไลน่าเป็นแหล่งสารสารอาหารที่สำคัญ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน วิตามินและแร่ธาตุ ดังนั้น การเสริมสไปรูไลน่าให้แก่อาร์ทีเมียทำให้ลูกปลาได้รับสารอาหารจากอาร์ทีเมียมากขึ้นซึ่งช่วยให้การเจริญเติบโตดีขึ้นตามไปด้วย การใช้อาร์ทีเมียราคาถูกนับเป็นอีกแนวทางหนึ่งสำหรับการลดต้นทุนการผลิตลูกปลา จากการทดลองพบว่าสามารถใช้อาร์ทีเมียสายพันธุ์จีนและไทย (เลี้ยงในประเทศไทยหลายชั่วอายุ) ทดแทนอาร์ทีเมียจากสหรัฐอเมริกาได้ และมีอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาได้คือการฆ่าเชื้อไข่อาร์ทีเมียก่อนนำไปฟักเพื่อลดปริมาณเชื้อโรคที่อาศัยบนผิวไข่ที่อาจปนเปื้อนกับอาร์ทีเมียที่ฟักและเป็นสาเหตุให้ลูกปลาตายจากการเป็นโรค (24) เช่น การฟอกไข่ด้วยคลอรีนทั้งแบบน้ำ (NaOCl) และแบบผง ($Ca(OCl)_2$) วิธีการนี้ทำให้การฟักตัวเร็วขึ้นและอัตรารอดตายของอาร์ทีเมียสูงขึ้น เนื่องจากตัวอ่อนได้รับออกซิเจนมากขึ้นเพราะสารเคมีเหล่านี้ทำให้เปลือกไข่บางลง

2.2 หัวข้องานวิจัยเกี่ยวกับอาหารมีชีวิตที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าขนาดของอาหารมีชีวิตเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการกินอาหารและอัตรารอดตายของลูกปลา และนอกจากโรติเฟอร์ อาร์ทีเมียและไรแดงที่เป็นอาหารมีชีวิตชนิดหลักแล้วโคพีพอดวัยอ่อน (ขนาดประมาณ 120 ไมครอน) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าโรติเฟอร์ (ss-type ขนาดประมาณ 80 ไมครอน) แต่เล็กกว่าอาร์ทีเมียแรกฟัก (ขนาดประมาณ 400 ไมครอน) สามารถถูกนำมาใช้อนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อนในช่วงรอยต่อระหว่างการเปลี่ยนโรติเฟอร์ไปเป็นอาร์ทีเมียแรกฟักได้ แต่ยังมีงานวิจัยและการเพาะเลี้ยงเพื่อใช้ประโยชน์โคพีพอดในการอนุบาลลูกปลากะพงขาวหรือปลาชนิดอื่นๆ น้อยมาก ดังนั้นควรศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์แพลงก์ตอนสัตว์ชนิดนี้ให้มากขึ้น เช่น ความหนาแน่นที่เหมาะสมและการเสริมคุณค่าทางโภชนาการก่อนนำไปเลี้ยงลูกปลา ขณะเดียวกันเกษตรกรบางรายโดยเฉพาะในจังหวัดจันทบุรีนิยมใช้ตัวอ่อนระยะโทรโคฟอร์ของหอยนางรมในการอนุบาลลูกปลากะรัง ซึ่งตัวอ่อนระยะนี้ควรมีอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมงหลังการผสม (ขนาดประมาณ 50 ไมครอน) และพบว่าสามารถเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเมื่อเทียบกับการใช้โรติเฟอร์เพียงอย่างเดียว ดังนั้นอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวการใช้อาหารมีชีวิตชนิดนี้ในการอนุบาลลูกปลากะพงขาวด้วยเช่นกัน โดยหัวข้องานวิจัยอาจเน้นเรื่องระยะเวลาหลังการฟัก (ขนาด) เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาตามช่วงอายุต่างๆ

3. งานวิจัยด้านอาหารสำเร็จรูป

3.1 ความก้าวหน้าของงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาความต้องการสารอาหาร

โดยทั่วไปเกษตรกรในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมใช้ปลาสดเลี้ยงปลากะพงขาวรวมทั้งปลาทะเลชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามการใช้ปลาสดเพื่อเลี้ยงปลาทะเลถูกมองว่าเป็นการแย่งชิงปลาที่เป็นอาหารมนุษย์ เนื่องจากบางครั้งมีการใช้ปลาทะเลเศรษฐกิจในการเลี้ยงปลาด้วย เช่น ปลาข้างเหลือง ปลาหลังเขียวหรือปลาทู และยังถูกมองว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำลายวงจรชีวิตของปลาเศรษฐกิจ เนื่องจากเกษตรกรบางรายนิยมซื้อลูกปลาเศรษฐกิจขนาดเล็กที่ได้จากการทำประมงผิดกฎหมาย เช่น การจับปลาด้วยอวนที่มีตาขนาดเล็ก เพราะมีราคาถูกและมีคุณภาพดีกว่าปลาเป็ด ทำให้หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลกพยายามส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงปลาทะเลด้วยอาหารสำเร็จรูปให้มากขึ้น (25) ปัจจุบันเกษตรกรในภูมิภาคนี้ได้เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารสำเร็จรูปมากขึ้นแต่เหตุผลสำคัญคือปลาสดมีราคาแพงและหายากขึ้นซึ่งทำให้ต้นทุนการเลี้ยงด้วยปลาสดสูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม เกษตรกรเริ่มเห็นข้อดีของการใช้อาหารสำเร็จรูปคือหาซื้อได้ง่ายและสามารถเก็บรักษาอาหารสำเร็จรูปได้ง่ายกว่าโดยไม่มีค่าใช้จ่าย เมื่อพิจารณาในส่วนของงานวิจัยด้านอาหารสำเร็จรูปปลากะพงขาวทั้งในและต่างประเทศพบว่ามีมา

อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 20 ปี สำหรับประเทศไทยสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติเป็นหน่วยงานหลักที่ทำงานวิจัยด้านนี้และมีการดำเนินการอย่างเข้มข้นในช่วงปี พ.ศ. 2531-2533 (1988-1990) งานวิจัยที่มีการศึกษาแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน คือ ความต้องการสารอาหาร แหล่งวัตถุดิบและการจัดการการให้อาหาร ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

Glencross (1) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นของปลากะพงขาวซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ปลาต้องการโปรตีนจากอาหารประมาณ 45-55% โดยความต้องการโปรตีนอาจขึ้นอยู่กับระดับพลังงานในอาหาร ขนาดปลาและสภาพการเลี้ยง เช่น ปลาขนาดนิ้วมีความต้องการโปรตีนประมาณ 45-47% (26-27) แต่ปลาวัยอ่อนมีความต้องการโปรตีนสูงกว่าคือประมาณ 50% (28) งานวิจัยหลายเรื่องแนะนำว่าอาหารปลาควรมีระดับพลังงานประมาณ 6.0-7.3 Kcal/กรัมโปรตีน (1,26,29) โดยหากเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มีพลังงานต่ำอาจทำให้ปลามีความต้องการโปรตีนมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนและไขมันเป็นแหล่งพลังงานสำคัญสำหรับปลากินเนื้อ (30) อย่างไรก็ตามปลากะพงขาวมีความสามารถใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานได้จำกัด ดังนั้นอาหารที่มีพลังงานต่ำกว่าค่าที่แนะนำอาจทำให้ปลามีความต้องการโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 46-60 % (29,31) ในส่วนของการศึกษาความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลากะพงขาวนั้นยังมีน้อยซึ่งกรดอะมิโนจำเป็นที่มีการศึกษาแล้ว ได้แก่ เมทไทโอนีน (Methionine, Met) ไลซีน (Lysine, Lys) อาร์จินีน (Arginine, Arg) และทริปโตเฟน (Tryptophan, Trp) โดยปลากะพงขาวต้องการกรดอะมิโนจำเป็นเหล่านี้ในอัตรา 2.2, 4.9, 3.8 และ 0.5% ของระดับโปรตีนในอาหาร ตามลำดับ (32-33) อย่างไรก็ตามอาจประมาณการความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลากะพงขาวได้ทางอ้อมโดยใช้ค่ากรดอะมิโนที่พบในตัวปลา เช่น ความต้องการกรดอะมิโนชนิดฮีสติดีน (Histidine, His) ไอโซลิวซีน (Isoleucine, Ile) ลิวซีน (Leucine, Leu) ฟีนิลอะลานิน (Phenylalanine, Phe) ทรีโอนีน (Threonine, Thr) และวาลีน (Valine, Val) ควรมีค่าประมาณ 1.5, 3.6, 7.1, 4.2, 4.5 และ 4.4% ของระดับโปรตีนในอาหาร ตามลำดับ (1) และหากคำนวณที่ระดับโปรตีนในอาหารเท่ากับ 45% ซึ่งค่าที่แนะนำโดยทั่วไป กรดอะมิโนชนิด Met, Lys, Arg, Trp, His, Ile, Leu, Phe, Thr และ Val ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.99, 2.20, 1.71, 0.22, 0.68, 1.62, 3.19, 1.89, 2.02 และ 1.98% ของอาหาร ตามลำดับ

นอกจากไขมันจะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับปลากะพงขาวแล้ว ไขมันยังเป็นแหล่งกรดไขมันที่จำเป็น เช่น Highly unsaturated fatty acid (HUFA, C 20 อะตอม ขึ้นไป) โดยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45-50% ควรมีไขมันในอาหารประมาณ 15-18% (34) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำโดยนักวิจัยท่านอื่นๆ (27-28,35) ขณะที่ Williams และคณะ (31) รายงานว่าระดับไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มอัตราแลกเนื้อเนื่องจากทำให้เกิดจากการสะสมของไขมันในตัวปลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหากระดับไขมันในอาหารสูงเกินกว่า 20% มีผลให้การเจริญเติบโตของปลาลดลงได้ (29) ในส่วนของความต้องการกรดไขมันจำเป็นของปลานั้นมีคำแนะนำว่าอาหารปลากะพงขาวควรมีกรดไขมันชนิด EPA และ DHA ประมาณ 1.0-1.7% ของอาหาร (36) ปัจจุบันมีงานวิจัยยืนยันว่าระดับ DHA ที่เหมาะสมสำหรับอาหารปลากะพงขาวคือ 1% (37) และปลาเจริญเติบโตดีขึ้นหากอาหารมี EPA อยู่ด้วย เมื่อพิจารณาในสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 (n-3/n-6) อัตราส่วนที่แนะนำคือ 1.5-1.8 (29) และแม้ว่าปลากะพงขาวจะสามารถเปลี่ยนกรดไขมันชนิด Linolenic acid (LNA, 18:3n-3) ไปเป็นกรดไขมันชนิด EPA และ DHA ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการ (38) ดังนั้น อาหารจึงควรมีวัตถุดิบจากทะเล เช่น ปลาป่น น้ำมันปลาทะเล ตับหมึกหรืออื่นๆ สำหรับเป็นแหล่ง EPA และ DHA ที่เพียงพอแก่ปลากะพงขาว

โดยทั่วไปปลากินเนื้อสามารถใช้ประโยชน์คาร์โบไฮเดรตจากอาหารได้น้อย (30) อย่างไรก็ตามคาร์โบไฮเดรตโดยเฉพาะแป้งเป็นแหล่งพลังงานราคาถูก มีคุณสมบัติเป็นสารเหนียวที่ช่วยให้วัตถุดิบอาหารเกาะตัวกันได้ดียิ่งขึ้นและช่วยลดการใช้พลังงานจากโปรตีนได้บางส่วน (Protein sparing effect) ซึ่งเป็นการช่วยให้ปลามีโปรตีนเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต แต่อาหารปลากะพงขาวควรมีคาร์โบไฮเดรตไม่เกิน 20% (3,39-40) นอกจากนี้ Catacutan และ Coloso (39) รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่เหมาะสมช่วยลดระดับไขมันในอาหารได้ เช่น ระดับไขมันในอาหารเพียง 6% เพียงพอต่อความต้องการของ

ปลาหากอาหารมีระดับคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 20% ส่วนการศึกษาระดับใยอาหาร (Crude fiber) พบว่าระดับเซลลูโลสในอาหารประมาณ 5-6% ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว (26-27) สอดคล้องกับ Gatlin (30) ที่แนะนำว่าอาหารสัตว์น้ำไม่ควรมีระดับใยอาหารเกิน 7% เพื่อลดผลกระทบต่อการย่อยอาหารของปลา

ความต้องการวิตามินของปลากะพงขาวยังมีการศึกษากันน้อยสาเหตุหนึ่งเกิดจากความยุ่งยากในการทำวิจัยเพราะปลากะพงขาวไม่ค่อยยอมรับอาหารที่เตรียมจากวัตถุดิบอาหารสังเคราะห์ (Purified diet) (1) ขณะเดียวกันการทดลองโดยใช้อาหารที่เตรียมจากวัตถุดิบอาหารทั่วไป (Practical diet) ก็ให้ข้อสรุปที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากมีอิทธิพลร่วมจากวิตามินที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหาร โดยความต้องการวิตามินที่มีการศึกษาแล้วได้แก่ ไทอะมีน (B_1) แพนโทตินิก (B_5) ไพริดอกซิน (B_6) และวิตามินซี (Ascorbic acid) แม้ไม่มีข้อสรุปชัดเจนแต่มีคำแนะนำว่าอาหารปลากะพงขาวควรมีวิตามินเหล่านี้ในอัตรา 2.5, 15-90, 5-10 และ 500-1,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ (1,41-45) อย่างไรก็ตามสามารถใช้วิตามินรวมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอัตรา 0.5-1% สำหรับการผลิตอาหารโดยไม่กระทบการเจริญเติบโตของปลา (46-47) ทั้งนี้วิตามินรวมมีส่วนผสมของวิตามินแต่ละชนิดในระดับที่สูงกว่าความต้องการของปลา ส่วนการศึกษาความต้องการแร่ธาตุของปลากะพงขาวนั้นยังมีน้อยเช่นเดียวกันกับวิตามิน โดยแร่ธาตุที่มีการศึกษากันมากคือฟอสฟอรัสและมีข้อสรุปที่ชัดเจนว่าปลากะพงขาวมีความต้องการฟอสฟอรัสประมาณ 0.6% ของอาหาร (48) และการใช้แร่ธาตุรวมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดประมาณ 0.5-2% มีผลให้ปลาเจริญเติบโตเป็นปกติเช่นเดียวกันกับการใช้วิตามินรวม

3.2 ความก้าวหน้าของงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาวัตถุดิบอาหาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบอาหารปลากะพงขาวหลายเรื่องโดยเฉพาะการหาแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนปลาป่นซึ่งครอบคลุมการทดสอบประสิทธิภาพการย่อย ระดับการแทนที่ปลาป่นและผลกระทบของวัตถุดิบทดสอบต่อคุณลักษณะของอาหารที่ผลิต การทดสอบการย่อยของแหล่งโปรตีนบางชนิดของปลากะพงขาวโดย McMeniman (49) พบว่าปลากะพงขาวสามารถย่อยโปรตีนจากหวีดกลูเต้นได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กากถั่วอานม้า (Lupin meal) กากถั่วลิสง กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน กากถั่วเหลืองไขมันเต็ม กากคาโนล่า (เรปสีด) เครื่องในไก่และเนื้อป่นที่มีปริมาณเถ้าต่ำ ตามลำดับ ในบรรดาแหล่งโปรตีนเหล่านี้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันนับเป็นวัตถุดิบอาหารที่หาง่ายที่สุด แม้ว่าปลาจะมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากกากถั่วเหลืองชนิดนี้ต่ำกว่ากากถั่วเหลืองไขมันเต็มแบบเอกทรูดและกากถั่วเหลืองไขมันเต็มแบบนึ่งก็ตาม โดยสามารถใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ประมาณ 40% ของสูตรอาหารปลากะพงขาวที่มีการใช้ปลาป่นอัตรา 40% (50) ในทางตรงข้าม Williams (51) รายงานว่าการแทนที่โปรตีนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันไม่ควรเกิน 20% ทั้งนี้ความแตกต่างของงานวิจัยทั้งสองเรื่องนี้น่าจะเกิดจากการใช้ปลาป่นในระดับที่แตกต่างกัน โดยหากใช้ปลาป่นระดับต่ำก็น่าจะสามารถทดแทนด้วยแหล่งโปรตีนอื่นๆ ได้ในอัตราส่วนที่ต่ำ ดังเช่นการทดลองของ Pongmaneerat และ Boonyaratpalin (52) ที่พบว่าเมื่อลดปลาป่นในสูตรอาหารปลากะพงขาวเหลือ 20% ทำให้ใช้กากถั่วเหลืองและคอร์นกลูเต้นได้ไม่เกิน 17 และ 10% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการใช้กากถั่วเหลืองกับกากถั่วอานม้าพบว่าสามารถใช้กากถั่วอานม้าในอาหารปลากะพงขาวได้ถึง 40% ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าการใช้กากถั่วเหลือง (51) ทั้งนี้น่าจะเกิดจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณสารยับยั้งโภชนาการ (Anti-nutritional factors, ANFs) ที่สูงกว่ากากถั่วอานม้า เช่นเดียวกันเมื่อแทนที่โปรตีนปลาป่นด้วยเนื้อป่นซึ่งที่ไม่มีสารต้านโภชนาการในสูตรอาหารที่มีการใช้ปลาป่นอัตรา 35% พบว่าสามารถแทนที่ได้ 70% โดยไม่กระทบการเจริญเติบโตและการกินอาหาร (53) ดังนั้นการลดสารต้านโภชนาการในกากถั่วเหลืองหรือแหล่งโปรตีนพืชอื่นๆ อาจเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มอัตราการใช้แหล่งโปรตีนพืชในสูตรอาหารปลากะพงขาวได้ ดังเช่น Plaipetch และ Yakupityage (54) ที่รายงานว่ากากคาโนล่าที่หมักด้วยยีสต์ขนมปังซึ่งมีผลให้มีปริมาณไฟเตทลดลงสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ 50% ของสูตรอาหารที่มีปลาป่น 35% แต่เมื่อใช้แหล่งโปรตีนพืชในระดับสูงอาจทำให้อาหารมีกรดอะมิโนจำเป็นโดยเฉพาะเมทไทโอนีนและไลซีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลาได้ การแก้ไขอาจทำได้โดยการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ทั้ง

ชนิด Crystalline และ Protein bounded (55) ส่วนการศึกษาผลของระดับปลาป่นในสูตรอาหารพบว่าระดับปลาป่นต่ำสุดที่ไม่มีผลกระทบการเจริญเติบโตของปลาคือ 15% และสามารถลดระดับปลาป่นลงเหลือ 11% ได้โดยไม่กระทบการกินอาหาร (56) อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของปลาที่เลี้ยงด้วยเนื่องจากการใช้แหล่งวัตถุดิบอื่นๆ ทดแทนปลาป่นในอัตราสูงทำให้รูปแบบสารอาหารที่สะสมในตัวปลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น การใช้เนื้อป่นทำให้มีการสะสมของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวขนาดโมเลกุลสายสั้นในตัวปลาเพิ่มขึ้น (57)

เนื่องจากการใช้แหล่งโปรตีนพืชเพื่อทดแทนปลาป่นยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น มีสารต้านโภชนาการที่ยับยั้งการใช้ประโยชน์อาหารของปลา (58) ดังนั้นจึงมีความพยามในการปรับปรุงคุณภาพของแหล่งโปรตีนพืชด้วยวิธีทางเคมี เช่น การทำโปรตีนคอนเซนเตรตหรือไอโซเลต อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีราคาแพงกว่าปลาป่น (59) ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการผลิตอาหารสัตว์น้ำโดยเฉพาะในทวีปเอเชีย และการปรับปรุงด้วยวิธีการเหล่านี้ยังทำให้มีการสูญเสียกรดอะมิโนอิสระซึ่งเป็นสารดึงดูดการกินอาหาร ปัญหานี้อาจแก้ไขโดยการปรับปรุงโภชนาการของแหล่งโปรตีนพืชด้วยวิธีการที่ไม่แพงและยังคงคุณค่าของสารดึงดูดการกินได้ เช่น การหมักด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกแบคทีเรียหรือยีสต์ นอกจากนี้อาจมีการใช้สารดึงดูดการกินอาหาร เช่น บีเทนหรือโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเศษเหลือของการแปรรูปสัตว์น้ำในสูตรที่มีการใช้แหล่งโปรตีนพืชในอัตราสูง รวมทั้งควรเพิ่มการใช้ประโยชน์แหล่งโปรตีนสัตว์บกให้มากขึ้นเนื่องจากไม่มีสารต้านโภชนาการ ซึ่งในประเทศไทยการใช้โปรตีนจากสัตว์บกในอาหารปลาหรือกุ้งทะเลยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก

ส่วนงานวิจัยเพื่อหาแหล่งไขมันทดแทนน้ำมันจากสัตว์ทะเลนั้นพบว่าหากมีการใช้ปลาป่นคุณภาพดีซึ่งหมายถึงมีระดับโปรตีนและไขมันสูงแล้วสามารถใช้น้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันปาล์มทดแทนน้ำมันจากสัตว์ทะเลในสูตรอาหารปลาได้ในอัตราสูง (60) เนื่องจากปลาป่นเป็นแหล่งกรดไขมันจำเป็นที่เพียงพอต่อความต้องการของปลา แต่หากมีการใช้ปลาป่นคุณภาพต่ำจำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันจากสัตว์ทะเลให้มากขึ้น เช่น น้ำมันปลาทูน่าและน้ำมันตับปลาคอด งานวิจัยเรื่องหนึ่งพบว่าการแทนที่น้ำมันสัตว์ทะเลด้วยน้ำมันถั่วเหลืองมีผลให้ปลากะพงขาวเจริญเติบโตและกินอาหารดีกว่าการใช้น้ำมันคาโนล่าและลินสีด (61) ทั้งๆ ที่น้ำมันทั้งสองชนิดนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด LNA สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง เป็นไปได้ว่าการมีไขมันชนิดนี้ในร่างกายมากเกินไปอาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากปลากะพงขาวสามารถเปลี่ยนกรดไขมันชนิดนี้ไปเป็น DHA หรือ EPA ได้น้อย (38) และเช่นเดียวกันหากมีการใช้แหล่งโปรตีนพืชหรือโปรตีนจากสัตว์บกทดแทนปลาป่นมากขึ้นจำเป็นต้องใช้น้ำมันจากสัตว์ทะเลในสูตรอาหารมากขึ้นเพื่อรักษาสมดุลกรดไขมันจำเป็นให้เพียงพอสำหรับความต้องการของปลา อย่างไรก็ตามราคาน้ำมันปลาทะเลมีแนวโน้มสูงขึ้นและมีการรณรงค์ให้ลดการใช้น้ำมันปลาทะเลทำให้ปัจจุบันเริ่มมีการให้ความสำคัญกับการค้นหาแหล่งไขมันอื่นๆ เพื่อทดแทนน้ำมันปลาทะเล เช่น มีการทดลองใช้ *Schizochytrium* sp. เป็นแหล่ง DHA สำหรับปลานิล ปลากดหลวง กุ้งขาว ปลากะพงขาวและปลาเรดซีบรีม (62-66) ซึ่งพบว่าได้ผลดีแต่ผลิตภัณฑ์นี้ยังคงมีราคาแพงและยังไม่แพร่หลาย รวมทั้งการผลิตให้ได้เชิงพาณิชย์ที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีราคาถูกลงยังคงต้องอาศัยระยะเวลา นอกจากนี้ยังมีแพลงก์ตอนพืชทะเลหลายชนิดที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งกรดไขมันจำเป็นได้ เช่น ไดอะตอม เนื่องจากเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้มีการสะสมสารอาหารในรูปไขมันแต่ยังคงต้องอาศัยระยะเวลาในการศึกษาค้นคว้าเช่นกัน ส่วนงานวิจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับปลากะพงขาวนั้นยังมีน้อยเช่นเดียวกันกับวิตามินและแร่ธาตุ เนื่องจากปลากะพงขาวไม่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตที่จำเพาะเจาะจงและใช้ประโยชน์คาร์โบไฮเดรตได้น้อย (1,30) และเหตุผลอีกประการคือมีการใช้วัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตไม่กี่ชนิดสำหรับผลิตอาหารสัตว์น้ำ เช่น แป้งสาลี ข้าวโพด รำข้าวสาลี รำข้าวและมันสำปะหลัง งานวิจัยส่วนใหญ่จึงเน้นการแทนที่แหล่งคาร์โบไฮเดรตราคาแพงด้วยแหล่งที่ราคาถูกกว่า เช่น มีรายงานว่าสามารถใช้มันสำปะหลังป่นในสูตรอาหารลูกปลากะพงขาวได้ถึง 20% ซึ่งสามารถทดแทนแป้งสาลีได้ 100% (67)

3.3 ความก้าวหน้าของงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการการให้อาหาร

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาจะบ่งชี้ว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเจริญเติบโตได้ไม่ต่างจากการเลี้ยงด้วยปลาสด (68-70) แต่เกษตรกรไทยเพิ่งนิยมเลี้ยงปลาด้วยอาหารสำเร็จรูปในรอบไม่กี่ปีที่ผ่านมา สาเหตุหลักคือปลาสดมีราคาแพงและหายากขึ้น ทั้งนี้ความถี่และรูปแบบการให้อาหารปลากะพงขาวเป็นหัวข้อวิจัยด้านการจัดการการให้อาหารที่มีการศึกษากันมากที่สุด ผลการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความถี่ในการให้อาหารมีแนวโน้มลดลงตามขนาดและอายุปลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากปลามีระบบการย่อยและการดูดซึมสารอาหารที่พัฒนาดียิ่งขึ้น โดยควรให้อาหารลูกปลากะพงขาวขนาด 1 นิ้ว วันละ 3 ครั้ง และลดลงเหลือวันละครั้งหรือสองครั้งเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น (29,71-75) และความถี่ในการให้อาหารอาจลดเหลือวันละครั้งหรือครั้งเดียวแบบวันเว้นวันสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาด (69,76) นอกจากนี้มีอีกวิธีการที่ช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงปลากะพงขาวได้คือการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนสูงและต่ำสลับกัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและทำให้ได้รับผลตอบแทนมากกว่าการให้อาหารที่มีโปรตีนสูงเพียงอย่างเดียว (77) รูปแบบการให้อาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลาและการควบคุมต้นทุนการผลิต โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมให้อาหารปลาแบบให้กินจนอิ่ม หรือกำหนดอัตราการให้ อย่างไรก็ตามหากใช้วิธีการกำหนดอัตราการให้ควรมีค่าประมาณ 4% ของน้ำหนักตัวต่อวัน (78-79) ซึ่งอัตราดังกล่าวนี้ใกล้เคียงกับการให้แบบกินจนอิ่มเมื่อคิดเทียบกลับเป็นค่า % ของน้ำหนักตัวต่อวัน (80) และดังที่กล่าวมาข้างต้นอัตราการกินอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น โดย Plaipetch และคณะ (70) รายงานว่าการเลี้ยงลูกปลากะพงขาวขนาดนิ้วจนได้ขนาดตลาดด้วยอาหารสำเร็จรูปแบบให้กินจนอิ่ม ปลามีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยประมาณ 2% ของน้ำหนักตัวต่อวัน

3.4 หัวข้องานวิจัยด้านอาหารสำเร็จรูปที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

การศึกษาความต้องการสารอาหารส่วนใหญ่ทดลองกับปลากะพงขาวขนาดเล็กแต่ยังขาดการศึกษาในปลาขนาดใหญ่ เช่น ปลาขนาด 100 กรัม ขึ้นไปจนถึงปลาขนาดตลาด (600-800 กรัม) ปลาขนาดใหญ่ (2-3 กิโลกรัม) และพ่อแม่พันธุ์ ทั้งนี้น่าจะเกิดจากความยุ่งยากในการทดลองเพราะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น กระชังขนาดใหญ่ บ่อคอนกรีตหรือบ่อดิน รวมทั้งการชั่งวัดที่ทำได้ยากขึ้น แต่ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมปลาขนาดเหล่านี้ด้วยโดยเฉพาะการศึกษาความต้องการสารอาหารของพ่อแม่พันธุ์ซึ่งยังมีการศึกษาน้อย อีกแนวทางหนึ่งคือการจัดการสารอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตหรือลดระยะเวลาการเลี้ยง เช่น การเพิ่มระดับไขมันและลดระดับโปรตีน ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบเพื่อทดแทนปลาป่นและน้ำมันจากสัตว์ทะเลนั้นแบ่งออกได้เป็น 3 หัวข้อ อันแรกคือการปรับปรุงแหล่งโปรตีนพืชด้วยวิธีการที่ไม่แพงและไม่ลดสารดึงดูดการกินอาหาร (กรดอะมิโนและกรดไขมันบางชนิด) เพื่อเพิ่มระดับการแทนที่ปลาป่นในสูตรอาหาร เช่น อาจใช้วิธีการหมักด้วยจุลินทรีย์เพื่อลดสารต้านโภชนาการ หัวข้อที่สองคือการใช้สารดึงดูดการกินสำหรับอาหารที่มีการใช้แหล่งโปรตีนพืชในอัตราสูง และหัวข้อสุดท้ายคือการใช้ประโยชน์ไขมันจากวัตถุดิบที่เป็นจากผลพลอยได้จากการแปรรูปสัตว์ทะเล เช่น กุ้ง หอยสองฝา หมึกและอื่นๆ

4. บทสรุป

งานวิจัยด้านอาหารปลากะพงขาวได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องเกือบ 40 ปี นับตั้งแต่การเพาะเลี้ยงลูกปลาเชิงพาณิชย์ประสบความสำเร็จ โดยงานวิจัยด้านอาหารมีชีวิตเพื่อเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาได้เน้นไปที่การใช้โรติเฟอร์ อาร์ทีเมียและไรแดง ซึ่งงานวิจัยได้ครอบคลุมถึงการเสริมสารอาหารให้แก่อาหารมีชีวิตเหล่านี้เพื่อเพิ่มอัตรารอดตายให้สูงขึ้นด้วยและการใช้ทดแทนกันเพื่อลดต้นทุนการผลิต งานวิจัยด้านอาหารมีชีวิตที่ควรศึกษาเพิ่มเติมคือการใช้ประโยชน์โคพีพอดวัยอ่อนและโทรโคฟอร์ของหอยนางรมเพื่อเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อน เนื่องจากอาหารมีชีวิตเหล่านี้มีขนาดเล็กซึ่งน่าจะเหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาในช่วงแรก ส่วนงานวิจัยอาหารสำเร็จรูปได้ครอบคลุมการศึกษาความต้องการสารอาหาร วัตถุดิบอาหารและการจัดการการให้อาหาร โดยเฉพาะความต้องการโปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น ไขมันและกรดไขมันจำเป็น การแทนที่ปลาป่น การแทนที่น้ำมันจาก

สัตว์ทะเล รวมทั้งการศึกษาเรื่องความถี่และรูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมเป็นหัวข้อที่ศึกษากันมากและมีข้อสรุปชัดเจน ขณะที่งานวิจัยอาหารสำเร็จรูปที่ควรศึกษาเพิ่มเติมได้แก่ การศึกษาความต้องการสารอาหารของปลากะพงขาวที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น 100 กรัม ขึ้นไป และพ่อแม่พันธุ์ การจัดการสารอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตหรือลดระยะเวลาการเลี้ยง การปรับปรุงโปรตีนพืชด้วยวิธีการที่ไม่แพง เพื่อเพิ่มระดับการแทนที่ปลาป่น เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ Dr. George Britton อดีตอาจารย์มหาวิทยาลัยลิเวอร์พูล และ ดร. สุพิศ ทองรอด อดีตผู้อำนวยการสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งที่ให้ความรู้และคำแนะนำเกี่ยวกับโภชนาการอาหารสัตว์น้ำรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปลากะพงขาว และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งทุกท่านทั้งภาคสนามและการวิเคราะห์โภชนาการที่ช่วยเหลือในงานวิจัยทุกเรื่องโดยเฉพาะงานวิจัยเกี่ยวกับปลากะพงขาว

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Glencross B. The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer*-a review. Aquac Nutr. 2006;12(4): 291-309.

(2) Turchini GM, Torstensen BE, Ng WK. Fish oil replacement in finfish nutrition. Rev Aquaculture. 2009;1: 10-57.

(3) Wongsomnuek S, Maneewong S. Experiment on artificial breeding and larval rearing of the sea bass (*Lates calcarifer* Bloch). Department of Fisheries, Thailand: Songkhla marine fisheries station; 1973. 22 p. Technical report No.:5/1973. Thai.

(4) Boonyaratpalin M. Asian seabass, *Lates calcarifer*. In: Wilson RP, editor. Handbook of nutrient requirements of finfish. Florida, USA: CRC Press; 1991. p. 5-11.

(5) Tucker JW, Russell DJ, Rimmer MA. Barramundi culture: A success story for aquaculture in Asia and Australia. World Aquaculture. 2002;33: 53-59.

(6) Peet C. Farmed barramundi *Lates calcarifer*. Seafood watch and the seafood report. Australia: Monterey Bay Aquarium; 2006.

(7) FIGIS. Global aquaculture production 1950-2004. Rome, Italy: FAO; 2006.

(8) Information technology center. Fisheries statistics of Thailand 2010. Bangkok, Thailand: Department of Fisheries; 2012. 96 p. Report No.:12/2012. Thai.

(9) Petchmanee T, Pongmaneerat J, Iizawa M. The relationship between the density of rotifer, *Brachionus plicatilis* and the amount of rotifer ingested by 4-14 day seabass larvae. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1984. 8 p. Technical report. Thai.

(10) Thongrod S, Sutheemeechaikul N. Experiment on feeding rate of rotifer by seabass larvae. Department of Fisheries, Thailand: Satun brackishwater fisheries station; 1983. 22 p. Technical report No.:8/1983. Thai.

(11) Petchmanee T, Maneewong S, Akkayanont P. Feeding levels of early stage seabass larvae, *Lates calcarifer* (Bloch) on rotifer *Brachionus plicatilis*. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 2004. 19 p. Technical report. Thai.

(12) Thongrod S, Tamtin M, Plaipetch P, Kuekaew J, Chaikul SL. Feeding trial on seabass (*Lates calcarifer*) larviculture using zooplankton harvested from shrimp pond. Proceedings of annual seminar on fisheries; 2006 Jun 25-27; Bangkok, Thailand; 2006. p. 269-280. Thai.

(13) Maneewong S, Ruengpanich N, Tatthanon T, Kraisinghadeja P. Experiment on feeding seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch) age 3-12 days with different kind of food. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 2004. 13 p. Technical report No.:3/2004. Thai.

(14) Rimmer MA, Reed A. Effects of nutritional enhancement of live food organisms on growth and survival of Barramundi/Seabass *Lates calcarifer* (Bloch) larvae. Adv Trop Aquac. 1989;9: 611-623.

(15) Petchmanee T, Assavaaree M. Effect of using rotifer (*Brachionus plicatilis*) fed with different feeds for nursing seabass larvae (*Lates calcarifer*). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1991. 11p. Technical report No.:3/1991. Thai.

(16) Tanasomwang V, Rittitum S, Thongrod S. Production and nutrition of rotifers (*Brachionus plicatilis*) fed *Chlorella* sp. and supplemented feeds. Thai Fisheries Gazette 2006;59(4): 310-322.

(17) Panichsook P. Possibility of using rotifer (*Brachionus plicatilis*) and water flea (*Moina macrocopa*) for nursing of seabass (*Lates calcarifer*) of using the nauplii of brine shrimp (*Artemia* sp.). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1996. 11 p. Technical report No.:12/1996. Thai.

(18) Keanduang C, Hemtanon P, Mala A. Experiment on using water flea (*Moina macrocopa*) to replace brine shrimp (*Artemia* sp.) for nursing seabass (*Lates calcarifer*). Department of Fisheries, Thailand: Nakornsrithammarat coastal fisheries research and development center; 2000. Technical report. Thai.

(19) Youngvanitset K, Teawsee K, Junmuang P. Comparison on nursing of 15-28 days seabass larvae (*Lates calcarifer*) with 3 different feeds. Department of Fisheries, Thailand: Narathiwat coastal fisheries research and development center; 2004. 19 p. Technical report No.:39/2004. Thai.

(20) Petchmanee T, Rojanapittayakul S, Gate A. Technique of using rotifer (*Brachionus rotundiformis*) and brackish cladoceran (*Diaphanosoma* sp.) to replace newly hatched brine shrimp (*Artemia* sp.) for nursing seabass (*Lates calcarifer*). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1999. 10 p. Technical report No.:9/1999. Thai.

(21) Vartak VR, Kumar S. Effects of live food organisms and formulated diets on growth survival, and body protein of Asian sea bass fry (*Lates calcarifer* Bloch). Isr J Aquacult-Bamid. 2009;61(1): 63-67.

(22) Rojanapittayakul S, Kongkumnerd J, Petchmanee T. Cost reduction of 15-28 days old sea bass (*Lates calcarifer*) larval rearing fed with ongrown Artemia. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 2000. 12 p. Technical report No.:6/2000. Thai.

(23) Hemtanon P, Keanduang C, Hemtanon I. Survival and growth rate of seabass (*Lates calcarifer*) using brine shrimp adult enriched with *Spirulina platensis*. Department of Fisheries, Thailand: Nakornsrithammarat coastal fisheries research and development center; 2004. 9 p. Technical report No.:17/2004. Thai.

(24) Worajin A, Homchong T, Tansutapanich A. Rearing of white seabass *Lates calcarifer* (Bloch), fingerling with three strains of Artemia. Chonburi, Thailand: Srinakharinwirot University, Bangsaen campus; 1986. 9 p. Technical report. Thai.

(25) Williams KC, Rimmer MA. The future of feeds and feeding of marine finfish in the Asia-Pacific region: the need to develop alternative aquaculture feed. The regional workshop on low value/"trash fish" in the Asia-Pacific region; 2005 Jun 7-9; Hanoi, Vietnam; 2005.

(26) Sakares W, Boonyaratpalin M, Unprasert N, Kumpang P. Optimum dietary protein energy ratio in seabass feed I. Department of Fisheries, Thailand: Rayong brackishwater fisheries station; 1988. 20 p. Technical report No.:7/1988. Thai.

(27) Sakares W, Boonyaratpalin M, Unprasert N., Kumpang P. Optimum dietary protein energy ratio

in seabass feed II. Department of Fisheries, Thailand: Rayong brackishwater fisheries station; 1989. 22 p. Technical report No.:8/1989. Thai.

(28) Catacutan MR, Coloso RM. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. Aquaculture. 1995;131: 125-133.

(29) Williams KC, Barlow CG. Dietary requirement and optimal feeding practices for barramundi (*Lates calcarifer*). Research report. Canberra, Australia: Fisheries R&D Corporation; 1999.

(30) Gatlin DM. Principles of fish nutrition. Mississippi, USA: Southern Regional Aquaculture Center; 2010 Jul. 8 p. Publication No.:5003.

(31) Williams KC, Barlow CG, Rodgers L, Hockings I, Agcopra C, Ruscoe I. Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pellet diets high in protein and lipid. Aquaculture. 2003;225: 191-206.

(32) Coloso RM, Murillo DP, Borlongan IG, Catacutan MR. Requirement of juvenile seabass *Lates calcarifer* Bloch for tryptophan. The VI international symposium on fish nutrition and feeding; 1993 Oct 4-7; Hobart, Australia; 1993.

(33) Millamena OM. Review of SEAFDEC/AQD fish nutrition and feed development research. In: Santiago CB, Coloso RM, Millamena OM, Borlongan IG, editors. Feeds for small-scale aquaculture. Proceedings of the national seminar-workshop on fish nutrition and feeds; 1994 Jun 1-2; Iloilo, Philippines: SEAFDEC Aquaculture Department; 1994. p. 52-63.

(34) Walton MJ. Aspect of amino acid metabolism in teleost fish. In: Cowey CB, Mackie AM, Bell JG, editors. Nutrition and feeding in fish. London, England: Academic Press; 1985. p. 47-67.

(35) Srirayaporn T. Suitable protein and lipid levels in dry pellet for juvenile white sea bass, *Lates calcarifer* [Msc thesis]. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University; 1996. Thai.

(36) Boonyaratpalin M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. Aquaculture. 1997;151: 283-313.

(37) Glencross B, Rutherford N. A determination of the quantitative requirements for docosahexaenoic acid for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). Aquac Nutr. 2011 Apr;17(2): 536-548.
Epub 2010 Sep 14.

(38) Tu WC, Mุhlhไusler BS, James MJ, Stone DAJ, Gibson RA. Dietary alpha-linolenic acid does not enhance accumulation of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in barramundi (*Lates calcarifer*). Comp Biochem Physiol-B. 2013;164: 29-37.

(39) Catacutan MR, Coloso RM. Growth of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. Aquaculture. 1997;149: 137-144.

(40) Ambasankar K, Ahamad AS, Syamadayal J. Nutritional requirements of Asian seabass, *Lates calcarifer*. National training on cage culture of seabass; 2009 Dec 14-23; Kochi, India: Central marine fisheries research institute; 2009.

(41) Pimoljinda T, Boonyaratpalin M. Study on vitamin B1 requirement of seabass *Lates calcarifer* Bloch. Department of Fisheries, Thailand: Phuket brackishwater fisheries station; 1990. 15 p. Technical report No.: 6/1990. Thai.

(42) Wanakowat J, Boonyaratpalin M, Donyadont Y, Assavaaree M, Pakirana S. The optimal level vitamin B6 in seabass, *Lates calcarifer* diet. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1989. Technical report. Thai.

(43) Boonyaratpalin M, Wanakowat J. Effect of thiamine, riboflavin, pantothenic acid and inositol on growth, feed efficiency and mortality of juvenile seabass. In: Kaushik SJ, Luget P, editors. Fish nutrition in practice. Biarritz, France; 1993. p. 819-828.

(44) Boonyaratpalin M, Unprasert N, Buranapanidgit J. Optimal supplementary vitamin C level in seabass fingerling diet. In: Takeda M, Watanabe T, editors. The current status of fish nutrition in aquaculture. Tokyo, Japan: Tokyo University of Fisheries; 1989. p. 149-157.

(45) Hangsapreurke K. Optimal level of pantothenic acid in diet of juvenile sea bass [Msc thesis]. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University; 1992. Thai.

(46) Pongmaneerat J. Supplementation of trash fish with different levels of feed concentrates for nursing seabass (*Lates calcarifer*). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1987. 10 p. Technical report No.:3/1987. Thai.

(47) Jeungyampin S, Boonyaratpalin M, Anurakchanachai N. Experiment on the levels of vitamin mix to the growth rate of seabass, Lates calcarifer. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1990. 19 p. Technical report No.:2/1990. Thai.

(48) Boonyaratpalin M, Pongmaneerat J. Requirement of seabass for dietary phosphorus. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1990. 20 p. Technical report No.:4/1990. Thai.

(49) McMeniman N. The apparent digestibility of feed ingredients based on stripping methods. In: Williams KC, editor. Fishmeal replacement in aquaculture feeds for barramundi. Project 93/120-04 final report. Canberra, Australia: Fisheries R&D Corporation; 1998. p. 46-70.

(50) Boonyaratpalin M, Suraneiranat P, Tunpibal T. *Replacement* of fishmeal with various types of soybean products in the diets for the *Asian seabass*, *Lates calcarifer*. Aquaculture. *1998*;161: 67-78.

(51) Williams KC. Fishmeal replacement in aquaculture feeds for barramundi. Project 93/120-04 final report. Canberra, Australia: Fisheries R&D Corporation; 1998.

(52) Pongmaneerat J, Boonyaratpalin M. Use of plant proteins in diet for seabass (*Lates calcarifer*). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1995. 11 p. Technical report No.:14/1995. Thai.

(53) Williams KC, Barlow CG, Rodgers L, Ruscoe I. Potential of meat meal to replace fishmeal in extruded dry diets for barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch) I: Growth performance. Aquac Res. 2003;34(1): 23-32.

(54) Plaipetch P, Yakupitiyage A. Use of yeast-fermented canola meal to replace fishmeal in the diet of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). J Aquac Res Development. 2012;3(125): 1-5.

(55) Williams KC, Barlow CG, Rodgers L. Efficacy of crystalline and protein-bound amino acids for amino acid enrichment of diets for barramundi/Asian seabass (*Lates calcarifer* Bloch). Aquac Res. 2001;32: 415-429.

(56) Glencross B, Rutherford N, Jones B. Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). Aquac Nutr. 2011 Jun;17(3): 722-732. Epub 2010 Nov 4.

(57) Williams KC, Barlow CG, Rodgers L, Ruscoe I. Potential of meat meal to replace fishmeal in extruded dry diets for barramundi *Lates calcarifer* (Bloch) II: Organoleptic characteristics and fatty acid composition. Aquac Res. 2003;34(1): 33-42.

(58) Francis G, Makkar HPS, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternative fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture. 2001;199: 197-227.

(59) Gatlin DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquac Res. 2007;38: 551-579.

(60) Jeungyampin S, Boonyaratpalin M, Ronra S. Experiment on various sources of lipid in seabass pellets. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1990. 24 p. Technical report No.: 10/1990. Thai.

(61) Raso S, Anderson TA. Effects of dietary fish oil replacement on growth and carcass proximate composition of juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). Aquac Res. 2003;34: 813-819.

(62) Saiyasaeng S, Yuangsoi B, Wongmaneeprateep S. Dietary supplementation with *Schizochytrium* sp. on growth performance and survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. Khon Kaen Agr J. 2013;42 Suppl 1: 129-134.

(63) Poungchor P. Effects of *Schizochytrium* sp. on growth and survival of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone) [Msc thesis]. Bangkok, Thailand: Kasetsart University; 2009. Thai.

(64) Li MH, Robinson EH, Tucker CS, Manning BB, Khoo L. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquaculture. 2009;292: 232-236.

(65) Robin JH, Vincent B. Microparticulate diets as first food for gilthead sea bream larva (*Sparus aurata*): study of fatty acid incorporation. Aquaculture. 2003;225(1-4): 463-474.

(66) Limthammahisorn S, Tamtin M, Lawonyawut K. Nutritional enhancement of rotifer (*Brachionus rotundiformis* Tschgunoff, 1921) and brine shrimp (*Artemia* sp.) with spray-dried *Schizochytrium* sp. for nursing of seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) larvae. Department of Fisheries, Thailand: Coastal fisheries research and development bureau; 2008. Technical report No.:53/2008. Thai.

(67) Tunpibal T. Pongmaneerat J. Use of cassava meal in diets for juvenile seabass (*Lates calcarifer*, Bloch). Thai Fisheries Gazette 2012;65(1): 24-33.

(68) Sakares W, Kumpang P. Study on growth and production of seabass *Lates calcarifer* (Bloch) cultured in net cage with fresh and mixed feeds. Department of Fisheries, Thailand: Rayong brackishwater fisheries station; 1987. 14 p. Technical report No.:14/1987. Thai.

(69) Prasertsom S, Musikasung W. 2004. Effect of feeding frequency with formulated feeds on growth performance for marketable size of seabass *Lates calcarifer* (Bloch) in net cage culture. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 2004. 16 p. Technical report No.: 40/2004. Thai.

(70) Plaipetch P, Jitrhlang I, Tamtin M, Chaikul SL, Kuekaew J, Muengyao P, et al. Comparison on growth performance and meat quality of sea bass fed with trash fish and pellets. Proceedings of 46th Kasetsart University annual conference; 2008 Jan 29-Feb 2; Bangkok, Thailand; 2008. p. 156-166. Thai.

(71) Biswas G, Thirunavukkarasu AR, Sundaray JK, Kailasam M. Optimization of feeding frequency of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment. Aquaculture. 2010;305: 26-31.

(72) Wattanakul V, Jeungyampin S, Sirikul B, Tejnarawong S, Juntanachooklin C. Effects of feeding frequency on the growth of sea bass *Lates calcarifer* (Bloch), cultured for marketable size in floating net cages. Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1985. 21 p. Technical report No.:30/1985. Thai.

(73) Jeungyampin S, Juntanachooklin C, Sirikul B, Wattanakul V, Tejnarawong S, Kojasingha S. Experiment on feeding frequency of seabass (*Lates calcarifer* Bloch) at the size of inches.

Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 1985. 19 p. Technical report No.:15/1985. Thai.

(74) Amornsakul T. The feeding frequency and feeding ratio of sea bass, *Lates calcarifer* bloch culture in earth pond. Technical report. Songkhla, Thailand: Prince of Songkhla University; 1996.

(75) Salama AJ. Effects of different feeding frequency on the growth, survival and feed conversion ratio of the Asian sea bass *Lates calcarifer* juveniles reared under hypersaline seawater of the Red Sea. Aquac Res. 2008;39(6): 561–567.

(76) Sakares W, Kumpang P. Effects of feeding frequency on growth performance and production of seabass *Lates calcarifer* (Bloch) cultured in net cage. Department of Fisheries, Thailand: Rayong brackishwater fisheries station; 1989. 21 p. Technical report No.:2/1989. Thai.

(77) Rojanapittayakul S, Kongkumnerd J, Chaimongkol A. Alternation feeding of low and normal dietary protein levels on growth performance and feed utilization of seabass, *Lates calcarifer* (Bloch). Department of Fisheries, Thailand: National institute of coastal aquaculture; 2004. 17 p. Technical report No.:9/2004. Thai.

(78) Harpaz S, Hakim Y, Barki A, Karplus I, Slosman T, Eroldogan OT. Effects of different feeding levels during day and/or night on growth and brush-border enzyme activity in juvenile *Lates calcarifer* reared in freshwater re-circulating tanks. Aquaculture. 2005;248: 325–335.

(79) Salama AJ, Al-Harbi MA. Response of the Asian sea bass *Lates calcarifer* fingerlings to different feeding rates and feeding frequencies reared in hypersaline condition. JKAU: Mar Sci. 2007;18: 63-81.

(80) Tantikitti C, Onkong S, Srisook S, Mahankich S. Effects of feeding level and feeding frequency on growth, feed efficiency and nitrogen and phosphorus loss in seabass (*Lates calcarifer* Bloch) fed diets with defatted soybean meal partially replacing fishmeal. Songklanakarin J Sci Technol. 2007;29(3): 725-736.