

การจัดการทางโภชนาการสำหรับการเลี้ยงปลา尼ล

Nutritional Management for Culturing Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

พิเชต พลายเพชร*

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง
ตำบลโพแทeng อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13290

Pichet Plaipetch*

Inland Aquaculture Research Institute, Department of Fisheries,
Potaeng, Baang Sai, Pra Nakorn Sri Ayutthaya 13290

บทคัดย่อ

ปลานิลมีราคาจำหน่ายไม่สูงเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการลดต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าอาหารเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลตอบแทนให้แก่เกษตรกรได้ การลดต้นทุนค่าอาหารอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับสารอาหารและวิธีการให้อาหารที่เหมาะสม โดยอาหารปานิชกรรมมีระดับโปรตีน 25-45 % ไขมัน 5-12 % คาร์โบไฮเดรต 20-50 % ไขอาหาร ≤ 6 % กรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 0.5-1.0 % แคlc เชียม 0.3 % และฟอสฟอรัส 0.7 % นอกจากสารอาหารแล้ววิธีการให้อาหารมีความสำคัญ เช่นเดียวกัน โดยควรให้อาหารปานิชvary อย่างน้อย 2 ครั้งต่อวัน และแต่ละเม็ดมีระยะห่างประมาณ 4-5 ซัมโน่ง การลดต้นทุนวัสดุดิบอาหารของทั้งโรงงานผลิตอาหารและเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เอง อาจทำได้โดยการแทนที่ปลาป่นด้วยเนื้อและกระดูกป่น ไก่ป่นหรือโปรตีนข้าวโพด และแทนที่น้ำมันปลาที่เหลวด้วยน้ำมันชนิดอื่นได้ แต่ปริมาณกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหารต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่ปานิชต้องการ การลดต้นทุนค่าอาหารอาจทำได้โดยการเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เช่น การเสริมอาหารด้วยวิตามินซี *Schizochytrium* sp. ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เอนไซม์ย่อยอาหารที่รีอเบตากลูแคน รวมทั้งการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนพืชในระบบเลี้ยงสามารถเร่งการเจริญเติบโตของปลาและประหยัดค่าอาหารได้

คำสำคัญ : ปลานิล; โภชนาการ; ความต้องการสารอาหาร; การให้อาหาร

Abstract

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) has low farm gate price because there has been widely cultured. Therefore, reducing production cost particularly feed cost is one of methods which can increase fish farmer benefit. Efficient reducing feed cost requires appropriate managements of

*ผู้รับผิดชอบบทความ : pichet28@yahoo.com

DOI 10.14456/tstj.2016.2

both nutrient and feeding method. The diet should contain the required nutrients, namely protein (25-45 %), lipid (5-12 %), carbohydrate (20-50 %), fiber (<6 %), total n-6 and n-3 fatty acids (0.5-1.0 %), calcium (0.3 %) and phosphorus (0.7 %). In addition to nutrients, feeding method is also critical, for example feeding juvenile fish at least twice a day with an interval time of 4-5 hours should be practiced. Reducing feedstuff costs of both feed mill and home-made feed famer may be done by replacing dietary fishmeal with meat and bone meal, poultry meal or corn gluten. Also, marine fish oil can be replaced by another oil, but dietary n-6 and n-3 fatty acids should not lower than the requirements. Reducing feed cost may be done by increasing feed utilization to accelerate fish growth such as dietary supplementation of vitamin C, *Schizochytrium* sp., yeast *Saccharomyces cerevisiae*, digestive enzyme or β -glucan. Also, increasing phytoplankton in the culture system can accelerate fish growth and indirectly saves feed cost.

Keywords: *Nile tilapia*; nutrition; nutrient requirement; feeding

1. บทนำ

ปลา尼ลเป็นสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเลี้ยงง่ายและราคาไม่แพง FAO [1] รายงานว่าปลา尼ลเป็นปลาชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงในทุกทวีปทั่วโลกรวม 135 ประเทศ นอกจากราชการเลี้ยงมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากตลาดห้าวโถกต้องการปลา尼ลเพิ่มขึ้นเพื่อทดแทนปลาเนื้อขาวชนิดอื่น ๆ ปัจจุบันปลา尼ลมีผลผลิตจากการเลี้ยงมากเป็นอันดับสองโลกของจากปลากรดปลาร้าร์พ [2] สำหรับประเทศไทยปลา尼ลเป็นปลาที่มีปริมาณมากที่สำคัญและมีผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งในบรรดาสัตว์น้ำจีดทั้งหมด [3] และทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตปลา尼ลอันดับ 5 ของโลก [4-5] อย่างไรก็ตาม ปลา尼ลที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศไทยทำให้ราคาจำหน่ายไม่สูง โดยราคาขายส่งหน้าฟาร์มของภาคกลางในปี พ.ศ. 2556 ของปลา尼ลขนาด 5, 3-4 และ 1-2 ตัวต่อ กิโลกรัม มีราคาเฉลี่ยเพียง 25.22, 37.30 และ 47.82 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งในปี พ.ศ. 2557 ราคาจำหน่ายมีแนวโน้มทรงตัวหรือสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย

เท่านั้น [6] ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงมีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงปลา尼ลเพื่อการส่งออกให้มากขึ้น เพื่อช่วยยกระดับราคาผลผลิตที่จะทำให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงได้รับผลตอบแทนมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2551 กรมประมงได้ตอบสนองนโยบายดังกล่าวโดยการจัดทำองค์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะและอนุบาลปลา尼ล ซึ่งเนื้อหาได้ครอบคลุมการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของการเลี้ยงปลา尼ลในประเทศไทย [7] ต่อมากรมประมงได้จัดทำโครงการยกระดับมาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงเพื่อการส่งออกที่มีระยะเวลา 4 ปี ซึ่งได้เริ่มโครงการในปี พ.ศ. 2554 [8] ซึ่งโครงการเหล่านี้อยู่ภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาปลา尼ลปี พ.ศ. 2553-2557 และโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลา尼ลเพื่อการส่งออกที่มีเป้าหมายการส่งออกปลา尼ลให้ได้ปีละ 50,000 ตันจากการวิเคราะห์การเลี้ยงปลา尼ลในประเทศไทยพบว่าจุดอ่อนที่สำคัญคือต้นทุนการผลิตที่สูงโดยเฉพาะค่าอาหาร [9] ซึ่งหากเป็นการเลี้ยงปลา尼ลแบบพัฒนาค่าอาหารจะคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 50 % ของต้นทุนรวม [10] ทั้งนี้ปัจจุบันดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการจัดการอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น จากการสำรวจ

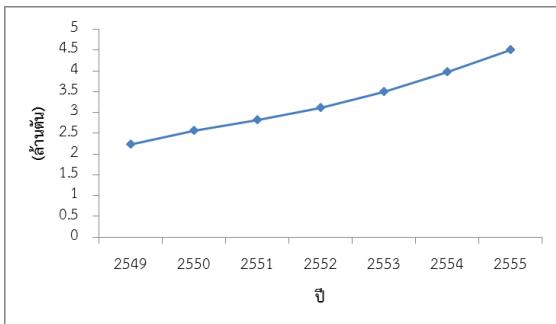
ของกรมประมงพบว่าอัตราแลกเปลี่ยนของปลา尼ลที่เลี้ยงในบ่อคิดด้วยอาหารสำเร็จรูปจนได้ปลาขนาดประมาณ 3-4 ตัวต่อกิโลกรัม มีค่าสูงถึง 1.4 [9] หากคิดที่ราคาอาหารกิโลกรัมละ 20 บาท ตันทุนค่าอาหารจะมีค่าเท่ากับ 28 บาท และเมื่อเปรียบเทียบกับราคาขายส่งหน้าฟาร์มในปี พ.ศ. 2556 ที่มีค่าเพียง 37.30 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเกษตรกรรมมีผลตอบแทนเบื้องต้นไม่ถึง 10 บาทต่อกิโลกรัม และหากคำนวณตันทุนอย่างอื่นด้วยยังทำให้ผลตอบแทนน้อยลงไปอีก นอกจากนี้ผลตอบแทนของเกษตรกรอาจลดน้อยลงอีกหากจำนำยได้ในราคาน้ำมันจากผลผลิตออกสู่จำหน่ายเป็นจำนวนมาก เกษตรกรจึงจำเป็นต้องปรับตัวโดยการลดต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุดโดยเฉพาะค่าอาหาร ซึ่งการที่จะลดต้นทุนค่าอาหารอย่างมีประสิทธิภาพนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการอาหารสำหรับการเลี้ยงปลา尼ล ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความรู้จากการเอกสารและงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับโภชนาการอาหารของปลา尼ลนี้ เพื่อเป็นแนวทางหรือข้อมูลในการจัดการหรือควบคุมต้นทุนค่าอาหารให้อยู่ระดับที่เกษตรสามารถมีผลตอบแทนมากขึ้น รวมทั้งการลดต้นทุนค่าอาหารด้วยวิธีการอื่น เช่น การแทนที่ปลาปันและน้ำมันปลาทะเลในสูตรอาหารด้วยวัตถุทดแทน อีก ๑ และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารและการเจริญเติบโต นอกจากนี้รายงานนี้ได้นำเสนอความเป็นมาและการพัฒนาสายพันธุ์ของปลา尼ลที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์หรือเลือกใช้สายพันธุ์ที่สามารถเพิ่มผลตอบแทนให้แก่เกษตรกรได้มากขึ้น

2. แหล่งกำเนิดสายพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์

ปลา尼ล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลา

ในวงศ์ปลาหม้อสี (Family Cichlidae) ซึ่งประกอบด้วยปลามากกว่า 600 ชนิด [7] แต่ที่อยู่ในกลุ่มปลา尼ล (*Tilapia*) มีอยู่จำนวน 70 ชนิด (species) [11] ปลาในกลุ่มนี้มีแหล่งกำเนิดตั้งแต่บริเวณตอนกลางค่อนไปทางใต้ของทวีปแอฟริกาไปจนถึงประเทศไทยและจีน รวมถึงประเทศไทย [12] โดยปลาในกลุ่มปลา尼ลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแบ่งออกเป็น 3 สกุล (*genus*) ตามพฤติกรรมการดูแลไปร่วมกับปลาที่อยู่อ่อน ดังนี้ (1) *Sarotherodon* มีการสร้างรังและพ่อแม่ปลาเมียพุตติกรรมมองไข่และลูกปลาไว้ย้อม (2) สกุล *Oreochromis* มีการสร้างรังแต่เฉพาะแม่ปลาที่มีพุตติกรรมมองไข่และลูกปลาไว้ย้อม และ (3) สกุล *Tilapia* มีการสร้างรังแต่พ่อแม่ปลาไม่มีพุตติกรรมดังกล่าว โดยปลาหม้อเทศ (*O. mossambicus*) เป็นปลาชนิดแรกที่ถูกนำ入ไปเลี้ยงนอกแหล่งกำเนิด คือประเทศไทยในปี พ.ศ. 2482 และต่อมาการเลี้ยงได้แพร่หลายไปยังแถบอเมริกากลาง ตอนใต้ของอเมริกาเหนือ หมู่เกาะแคริบเบียน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้ และตอนเหนือของประเทศไทย สเตเตอร์เลีย แต่ปลาชนิดนี้เจริญติดடือชาและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทำให้ในเวลาต่อมาการเลี้ยงปลา尼ลน้ำจืดแทนด้วยปลา尼ล (*O. niloticus*) และปลา尼ลอิสราเอล (*O. aureus*) [12,13] ในบรรดาปลากลุ่มปลา尼ลซึ่งทั้งหมด 70 ชนิด ปลา尼ล (*O. niloticus*) เป็นปลาที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคิดเป็น 83 % ของปลาที่เลี้ยงทั่วโลก รองลงมาคือปลาหม้อเทศคิดเป็น 4 % และปลา尼ลชนิดอื่น ๆ รวมกันอีก 13 % ได้แก่ ปลา尼ลอิสราเอล ปลา尼ลซาบากิ (*O. spilurus*) ปลา尼ลแซนซิบาร์ (*O. urolepis homorom*) ปลา尼ลแกลลี (*S. galilaeus*) ปลาหม้อเทศข้างลาย (*S. melanotheron*) ปลา尼ลอกแดง (*T. rendalli*) และปลา尼ลห้องแดง (*T. zillii*) [14] ปัจจุบันปลากลุ่มปลา尼ลมีผลผลิตจากการเลี้ยงมากเป็นอันดับสองโลกรองจาก

ปลากลุ่มปลาкар์พ ซึ่งเลี้ยงกันมากในประเทศจีน โดยผลผลิตของปลากลุ่มปลานิลทั่วโลกระหว่างปี พ.ศ. 2549-2555 แสดงในรูปที่ 1 [15]



รูปที่ 1 ผลผลิตของปลากลุ่มปลานิลทั่วโลกในระหว่างปี พ.ศ. 2549-2555 [15]

การเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยได้เริ่มต้นขึ้น เมื่อสมเด็จพระจักรพรรดีอาคิชิโต ขณะดำรงพระอิสริยศเป็นมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่นได้ถวายลูกปลา尼ลแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ จำนวน 50 ตัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 จากนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เลี้ยงปลา尼ลในบ่อติดภายในพระตำหนักสวนจิตรลดานาจได้ลูกปลาเป็นจำนวนมาก และเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 ได้ทรงพระราชนาดีอุปราชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานลูกปลา尼ลจำนวนหนึ่งให้แก่กรมป্রழมเพื่อเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ต่อมาปลา尼ลที่มีต้นกำเนิดจากสวนจิตรลดานาจได้มีการแพร่กระจายพันธุ์ไปทั่วโลกและมีการเรียกว่า “ปลานิลจิตรลดานาจ” [16] ทั้งนี้ปลา尼ลที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันมี 4 สายพันธุ์ คือ

2.1 ปลานิลจิตรลดานาจ 1 เป็นปลานิลจิตรลดานาจที่คัดพันธุ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (within family selection) จำนวน 5 ช่วงอายุ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ และได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วย

งานรัฐและเกษตรกรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536

2.2 ปลานิลจิตรลดานาจ 2 เป็นการนำพ่อพันธุ์ปลา尼ลสายพันธุ์อิยิปต์ที่มีการเปลี่ยนพันธุกรรมใหม่โดยโครโมโซมเพศเป็น “YY” ที่เรียกว่า “YY-male” หรือ “Super male” ซึ่งผลิตโดยความร่วมมือระหว่าง FISHGEN ของ University of Wales ประเทศสหราชอาณาจักร กับ Central Luzon State University ประเทศฟิลิปปินส์ มาผสมกับแม่ปลานิลปกติ (XX-female) ได้ลูกปลาเพศผู้ 100 % ที่มีโครโมโซมเพศเป็น XY หรือที่เรียกว่าปลานิล GMT (Genetically male tilapia) ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วยงานรัฐและเกษตรกรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538

2.3 ปลานิล GIFT (Genetically improved farmed tilapia) เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์โดยความร่วมมือของ World Fish Center หรือชื่อเดิมคือ International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM) กับ Central Luzon State University ประเทศฟิลิปปินส์ ระหว่างปี พ.ศ. 2531-2540 โดยระหว่างการปรับปรุงพันธุ์พบว่าปลาเมื่อติดการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นประมาณ 12-17 % ต่อช่วงอายุ ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำได้นำเข้าปลานิล GIFT รุ่นที่ 5 เมื่อ พ.ศ. 2537 และรุ่นที่ 9 เมื่อ พ.ศ. 2537 เพื่อทดสอบ ปรับปรุงพันธุ์ และกระจายพันธุ์ ซึ่งพบว่าปลานิลชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วกว่าปลานิลปกติ 85 %

2.4 ปลานิลจิตรลดานาจ 3 เป็นปลานิลที่พัฒนาสายพันธุ์มาจากปลานิล GIFT รุ่นที่ 5 ได้ทดสอบพันธุ์ และรักษาพันธุ์ให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงในประเทศไทย

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาปลานิลขึ้นอีก 1 สายพันธุ์ คือ “ปลานิลจิตรลดานาจ 4” ซึ่งเป็นปลานิลที่คัดพันธุ์มาจากปลานิล GIFT รุ่นที่ 9 จำนวน 2 ช่วงอายุ จนได้ลักษณะเด่นคือส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง สันหนา มี

การเจริญเติบโตเร็วและให้ผลผลิตสูง ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วยงานรัฐและเกษตรกรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 [17]

นอกจากปลานิลแล้ว ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลแดงซึ่งเป็นปลาที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างชนิดกลุ่มปลานิล เนื่องจากมีสีคล้ำยับลักษณะแดงทำให้มีราคาจำหน่ายสูงกว่าปลานิล มีการพับปลานิลแดงครั้งแรกที่ได้หัวในช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 และเรียกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงได้หัว” โดยเป็นการผสมข้ามระหว่างปลาหมblendomorphichthys และเรียกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงฟลอริด้า” โดยเป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลแซนซิบาร์เพซเมียที่มีสีปกติกับปลาหมblendomorphichthys ที่มีสีทองอมแดง และอีกสายพันธุ์หนึ่งเกิดจากการพัฒนาสายพันธุ์ในประเทศไทยอิสราเอลที่เรียกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงอิสราเอล” เป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลแซนซิบาร์เพซเมียที่มีสีชมพูกับปลานิลอิสราเอลที่จับจากธรรมชาติ [12] ส่วนปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยมีการค้นพบครั้งแรกที่สถานีประมงน้ำจืดอุบลราชธานีในปี พ.ศ. 2511 ต่อมา มีการพิสูจน์จนทราบว่าเป็นการผสมข้ามระหว่างปลาหมblendomorphichthys กับปลานิลเพซเมีย อีกชนิดคือปลานิลแดงทนเค็มซึ่งเป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลแดง 4 สายพันธุ์ คือปลานิลแดงไทย ปลานิลแดงได้หัว ปลานิลแดงสเตอร์ลิง (ปลานิลลายพันธุ์มีสีแดงอมชมพู) และปลานิลแดงมาเลเซีย (ผสมข้ามระหว่างปลาหมblendomorphichthys กับปลานิลเพซเมีย ปลา มีสีชมพูอมขาว) โดยสายพันธุ์นี้สามารถเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มสูง (25-30 ส่วนต่อพันส่วน) ต่อมา มีการตั้งชื่อว่า “ปลานิลแดงทนเค็มสายพันธุ์ปทุมธานี” ขณะเดียวกันบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด ได้พัฒนาสายพันธุ์ปลานิลแดงและได้รับ

พระราชทานนามจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ว่า “ปลาทับทิม” [16]

3. ศีววิทยาการกินอาหาร ระบบการย่อยอาหารและการปรับตัวต่อสภาพสิ่งแวดล้อม

ปลานิลมีฟันขนาดเล็กบริเวณคอหอยและขากรรไกร ทางเดินอาหารมีความยาวประมาณ 5-8 เท่าของลำตัวและไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริง แต่มีส่วนของลำไส้ที่โป่งเป็นรูป喇叭เรียกว่ากระเพาะอาหารตัดแปลง (modified stomach) ที่มีประสิทธิภาพคล้ายคลึงกับกระเพาะอาหารจริง เช่น สามารถสร้างกรดที่มีความเป็นกรดสูงทำให้สามารถย่อยซากรังษีและแพลงก์ตอนพืชได้ และสามารถอดิทิตด่างสำหรับปรับความเป็นกรดด่างของอาหารก่อนการย่อยอาหารในกระบวนการถัดไป [18] ปลานิลสามารถกรองกินอาหารจากมวลน้ำได้แม้จะไม่ประสิทธิภาพเท่ากับปลาที่มีพฤติกรรมกรองกินอย่างแท้จริง เช่น ปลาแอร์ง ปลากรด ปลาชาร์ตินหรือปลาเกล็ดเงิน (ปลาเล่น) โดยปลานิลสร้างเมือกบนเหงือกเพื่อดักจับแพลงก์ตอนพืชจากน้ำเมื่อได้แพลงก์ตอนพืชปริมาณมากพอปลาจะกลืนก้อนเมือกนี้เข้าสู่ทางเดินอาหารทั้งนี้ปลานิลสามารถถักจับแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 5 มิลลิเมตร ได้ [12,13] ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารตลอดเวลาในปริมาณมากเนื่องจากไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริงเหมือนปลากินเนื้อแต่พฤติกรรมการกินอาหารจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดและอายุ เช่น ปลาขนาดเล็กจะกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หรือตัวอ่อนของสัตว์ขนาดเล็กปลาขนาดน้อยกว่า 35 กรัม มีแนวโน้มกินแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่เป็นหลักและเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถกินชาดพืชชาดสัตว์ได้แต่ส่วนใหญ่จะกินแพลงก์ตอนพืช [18,19] เมื่อพิจารณาถึงกลไกการย่อยแพลงก์ตอนพืชและชาดพืชของปลานิลเกิดจากการ

ทำงานของ 2 ส่วน คือ แผ่นฟันขนาดเล็กบริเวณคอหอยที่ทำหน้าที่บดอาหารและความเป็นกรดด่างที่น้อยกว่า 2 ชั้งกลไกเหล่านี้ช่วยย่อยผนังของเซลล์แพลงก์ตอนพีช แบคทีเรีย [รวมถึงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือที่เรียกว่าไซยาโนแบคทีเรีย (*Cyanobacteria*)] และพีชได้ นอกจากนี้ปลานิลมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากสัตว์ได้ใกล้เคียงกับปลาดองเมริกันหรือที่ประเทศไทยเรียกว่าปลากดหลวง (*Channel catfish, Ictalurus punctatus*) แต่มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนจากพีชได้ดีกว่าโดยเฉพาะพีชที่มีも多いอาหารมากในสภาพการเลี้ยงที่มีการให้อาหารเป็นครั้งคราวอาหารธรรมชาตินับเป็นแหล่งของสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของปلانิลได้ถึง 30-50 % และอาหารธรรมชาติยังเป็นแหล่งของสารอาหารประมาณหนึ่งในสามของสารอาหารที่ปلانิลได้รับเมื่อเลี้ยงแบบพัฒนาที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำหรือเปลี่ยนน้ำทุกวัน [13]

ปلانิลสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี เช่น ทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนต่อพันส่วน แต่เจริญเติบโตดีที่ระดับความเค็ม 15 ส่วนต่อพันส่วน ขณะที่ปLANILOL อิสราเอลเจริญเติบโตดีที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนต่อพันส่วน นอกจากนี้ความเค็มที่เหมาะสมต่อการสืบทพปLANILOL คือไม่ควร

เกิน 5 ส่วนต่อพันส่วน เม็ดปLANILOL จะทนต่ออุณหภูมิที่สูงถึง 40 องศาเซลเซียส แต่จะอ่อนแอกและติดเชื้อง่ายหากอุณหภูมิสูงกว่า 37-38 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิต่ำที่ทำให้ปLANILOL ตายได้คือ 10-11 องศาเซลเซียส ขณะที่ปLANILOL อิสราเอลสามารถทนต่ออุณหภูมิที่ 8-9 องศาเซลเซียสได้ ทั้งนี้ปLANILOL จะหยุดสืบทพเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และหยุดกินอาหารหากอุณหภูมิต่ำกว่า 16-17 องศาเซลเซียส นอกจากความเค็มและอุณหภูมิแล้ว ออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เม็ดปLANILOL สามารถอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสามารถขับอากาศได้จากผิวน้ำ อย่างไรก็ตาม ออกซิเจนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปLANILOL คือต้องมากกว่า 2-3 มิลลิกรัมต่อลิตร [12,13] นอกจากนี้คุณภาพน้ำอีกด้วย ที่เหมาะสมสำหรับปLANILOL แสดงในตารางที่ 1 [20]

4. ความต้องการสารอาหารของปLANILOL

4.1 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น

โปรตีนในอาหารเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมและที่สามารถอาศัยอยู่ได้สำหรับปLANILOL [20]

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่สามารถอาศัยอยู่ได้
ความเค็ม (salinity)	ส่วนต่อพันส่วน	0-20	3-25
อุณหภูมิ (temperature)	องศาเซลเซียส	26-32	12-35
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen)	มิลลิกรัมต่อลิตร	3.0-5.0	2.0-8.0
ความเป็นกรดด่าง (pH)	-	6.5-8.5	5-10
แอมโมเนียม (NH_3)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.0125
ไนโตรท (nitrite, NO_2^-)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.1-0.2
ไนเตรท (nitrate, NO_3^-)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.0-3.0

สำคัญสำหรับการสร้างกล้ามเนื้อ เอนไซม์ หรือเอนไซม์ติดอัตโนมัติ ในสัตว์ [18] แต่การศึกษาความต้องการกรดอะมิโนนั้นทำได้ยากและต้องใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นงานวิจัยจำนวนมากได้นำเสนอความต้องการโปรตีนซึ่งเป็นการศึกษาทางอ้อม โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับอายุ ขนาดและสภาพน้ำ เช่น ความเค็ม ออกรูจีเจนและลักษณะน้ำและอุณหภูมิ [21] โดย Jauncey [22] รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลาชนิดน้ำ 0.5, 0.5-10, 1-30 และ 30 กรัมขึ้นไป ควรมีค่าเท่ากับ 40-45, 30-35, 25-30 และ 25-30 % ตาม ลำดับ ขณะที่ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลาชนิดน้ำมีค่าแนะนำดังแสดงในตารางที่ 2 [23-25] ทั้งนี้ข้อมูลส่วนใหญ่คำนวณจากปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในตัวปลา นิล ปัจจุบันมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิด เช่น ปลาชนิดน้ำ ประมาณ 5.6 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 28 % ต้องการเมไทโอนีนจากอาหารเท่ากับ 1.75 % ของโปรตีน หากมีการกำหนดให้มีซีสทีนในอาหารเท่ากับ 1.61 % ของโปรตีน (ผลกระทบของเมไทโอนีนและซีสทีนเท่ากับ 3.36 % ของโปรตีน) [26] และจากแนวคิดโปรตีนในอุดมคติที่อาหารปลาจะมีสัดส่วนของผลรวมของเมไทนีนและซีสทีนต่อโลชีนเท่ากับ 0.6 ดังนั้นอาหารสำหรับปลาชนิดน้ำเด็กควรมีโลชีนเท่ากับ 5.6 % ของโปรตีน [27] แต่เมื่อทดลองในปลาชนิด 550-700 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 26.2 % พบร่วมกับความต้องการของเมไทโอนีนและซีสทีน สำหรับการเจริญเติบโตลดลงเหลือเพียง 2.36 % ของโปรตีน แต่หากต้องการให้ปลา มีปริมาณเนื้อ (fillet yield) ที่ดีควรกำหนดปริมาณของกรดอะมิโนทั้งสองเพิ่มเป็น 2.59 % ของโปรตีน [28] อีกงานวิจัยหนึ่งเป็นการศึกษาความต้องการโลชีนที่ย่อยได้ของปลาชนิด 1.4 กรัม ซึ่งพบว่าปลา มีความต้องการโลชีน

ประมาณ 5.41 % ของโปรตีน เมื่อเลี้ยงอาหารที่มีระดับโปรตีนที่ย่อยได้ประมาณ 28 % และมีการกำหนดอัตราส่วนของอาร์จีนต่อโลชีน เท่ากับ 1.3:1 [29] ส่วนปลาชนิดน้ำ 3 กรัม ต้องการทริโอนีนจากอาหารประมาณ 4.74 % ของโปรตีน [30]

4.2 ความต้องการไขมันและกรดไขมันจำเป็น

โดยทั่วไปอาหารปลาที่จำหน่ายในห้องตลาดมีไขมันประมาณ 5 % ซึ่งเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตแต่ระดับไขมันในอาหารอาจสูงถึง 10-15 % ได้ [31] ซึ่งใกล้เคียงกับคำแนะนำสำหรับอาหารปลาที่ระบุว่าควรมีระดับไขมันประมาณ 5-12 % การเพิ่มระดับไขมันสามารถช่วยลดระดับโปรตีนได้ในอาหารหรือช่วยให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์โปรตีนได้อย่างเต็มที่ (protein sparing effect) สำหรับลูกปลา วัยอ่อนหรือขนาดเล็กควรเพิ่มระดับไขมันในอาหารเป็น 8-12 % และลดลงเหลือ 6-8 % เมื่อปลาโตขึ้นใหญ่ขึ้น [32] จากการทดลองของ Hooley [33] พบร่วมกับเพิ่มระดับไขมันในอาหารจาก 6 เป็น 9 % ทำให้ปลาชนิดน้ำเด็กที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 28, 32 และ 36 % มีการเจริญเติบโตดีขึ้น และเมื่อเทียบระหว่างระดับโปรตีนนั้นพบว่าการเพิ่มระดับไขมันในอาหารจาก 6 เป็น 9 % ทำให้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 28 % เจริญเติบโตใกล้เคียงกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 32 และ 36 % ที่มีระดับไขมันเท่ากับ 6 % เมื่อพิจารณาในส่วนของความต้องการกรดไขมันจำเป็นนั้นปลานิลไม่สามารถสร้างกรดไขมันจำเป็น เช่น กรดไลโนเลอิก (18:2n-6, linoleic acid, LOA) และกรดไลโนเลนิก (18:3n-3, linolenic acid, LNA) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร แต่ปลาชนิดน้ำสามารถใช้กรดไขมันเหล่านี้ในการสร้างกรดไขมันจำเป็นที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้นได้ เช่น LOA สำหรับการสร้างกรดอะ rakidonic acid, ARA) และ LNA สำหรับการสร้างอีพีเอ (20:5n-

3, eicosapentaenoic acid, EPA) และดีอีชโอ (22:6n-3, docosahexaenoic acid, DHA) โดยงานวิจัยในอดีตรายงานว่าปานิลต้องการ LOA ประมาณ 0.5 % ของอาหาร และระบุว่าปานิลมีความมีความต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากกว่ากลุ่มน-3 [34] แต่ Ng [31] แนะนำว่าอาหารปานิลควรมีกรดไขมันกลุ่มน-6 และกรดไขมันกลุ่มน-3 ที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 2 ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปานิล (% ของโปรตีน)

กรดอะมิโน	[23]	[24]	[25]
อาร์จินีน (Arginine, Arg)	4.20	3.50-4.40	4.10
ซีสทีน (Cystine, Cys)	0.53	-	2.10
ไฮสติดีน (Histidine, His)	1.72	1.30-1.90	1.50
ไอโซเลูซีน (Isoleucine, Ile)	3.11	3.20	2.60
ลีวีซีน (Leucine, Leu)	3.39	2.80-3.60	4.30
ไลซีน (Lysine, Lys)	5.12	4.60-5.60	-
เมทีโโนนีน (Methionine, Met)	2.68	3.20	1.30
ฟีนิลอะลามีน (Phenylalanine, Phe)	3.75	5.00-6.10	3.20
ทรีโอนีน (Threonine, Thr)	3.75	3.60	3.30
ทริปโตเฟน (Tryptophan, Trp)	1.00	0.70-1.30	0.60
ไทโรซีน (Tyrosine, Tyr)	1.79	-	1.60
วาลีน (Valine, Val)	2.80	2.30-3.00	3.00

หมายเหตุ : Cys และ Tyr เป็นอนุพันธ์ของ Met และ Phe ตามลำดับ ซึ่งต้องคำนึงถึงเพื่อลดการสังเคราะห์ Met ไปเป็น Cys และ Phe ไปเป็น Tyr

กัน โดยผลกระทบของกรดไขมันทั้งสองกลุ่มควรมีค่าประมาณ 0.5-1 % ของอาหาร งานวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยในปี พ.ศ. 2556 ที่พบว่าปานิลขนาดเล็กต้องการ LNA ประมาณ 0.45-0.64 % ของอาหาร (เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 %) จากการกำหนดระดับ

ของ LOA เท่ากับ 0.61 % ของอาหาร [35] ขณะที่ความต้องการกรดไขมันจำเป็นอื่นๆ เช่น ARA นั้น Teshima และคณะ [36] พบว่าปานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกรดไขมันจำเป็น LOA เพียงอย่างเดียว เจริญเติบโตดีกว่าการใช้ ARA เป็นกรดไขมันจำเป็น เพียงอย่างเดียว ดังนั้นแสดงเห็นว่าปานิลสามารถสังเคราะห์ ARA ได้จาก LOA ได้อย่างเพียงพอ [31] ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเสริม ARA หรือเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นแหล่งกรดไขมันชนิดนี้ลงในสูตรอาหารอีก

4.3 ความต้องการพลังงานและคาร์บอไฮเดรต

ปานิลต้องการพลังงานที่ย่อยได้ประมาณ 8.2-9.4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัมโปรตีน [12] ทั้งนี้ความต้องการพลังงานของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิน้ำและขนาดสัตว์ เช่น สัตว์น้ำมีอัตราใช้พลังงานสูงขึ้นหากอุณหภูมิน้ำสูงขึ้น เช่นเดียวกับกับขนาดของสัตว์น้ำโดยสัตว์น้ำขนาดเล็กใช้พลังงานในอัตราที่สูงกว่าสัตว์น้ำขนาดใหญ่ ทั้งนี้พลังงานที่สัตว์น้ำได้รับนั้นได้จากโปรตีน ไขมัน และคาร์บอไฮเดรตอย่างไรก็ตาม อาหารควรมีไขมันและคาร์บอไฮเดรตในระดับที่เหมาะสมเพื่อลดการสร้างพลังงานจากโปรตีน [18] แม้ไม่มีหลักฐานชัดเจนว่าสัตว์น้ำต้องการคาร์บอไฮเดรตแต่สัตว์น้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีคาร์บอไฮเดรตเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีคาร์บอไฮเดรต เนื่องจากการบีบอัดเป็นสารตั้งต้นในการสร้างกรดนิวคลีอิกและกรดอะมิโนรวมทั้งมีหน้าที่ช่วยให้มีด้อหาระเกะตัวกันดียิ่งขึ้น นอกจากนี้มีรายงานว่าปานิลสามารถผลิตเอนไซม์อะมิเลส (Amylase) ในทางเดินอาหารได้ ดังนั้นปานิลจึงใช้ประโยชน์การบีบอัดได้ดี [18] สำหรับอาหารปานิลนั้นสามารถมีแป้งได้ถึง 46 % แต่ระดับที่เหมาะสมสำหรับปานิลขนาดเล็กไม่ควรเกิน 22 % [37] จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้สรุปได้ว่าแป้งในอาหารปานิลควรมีค่าอยู่ในช่วง 20-50 % และสามารถเพิ่มระดับแป้งใน

สูตรอาหารได้มากขึ้นเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น แม้ว่าปานิลไม่สามารถย่อยไข้อาหารได้ซึ่งส่วนใหญ่คือเซลลูโลส [13] แต่ระดับไข้อาหาร 7-10 % ไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารของปานิลอย่างไรก็ตาม อาหารสำหรับปานิลขนาดเล็กไม่ควรมีไข้อาหารเกิน 5-6 % [38-40]

4.4 ความต้องการวิตามินและแร่ธาตุ

ในสภาพการเลี้ยงที่มีอาหารธรรมชาติและเลี้ยงด้วยความหนาแน่นสำหรับปานิลได้รับวิตามินจากอาหารธรรมชาติอย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็น ต้องเสริมวิตามินลงในอาหารสำเร็จรูปหากเลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูง ความต้องการวิตามินบางชนิด ทั้งจากการทดลองและคำแนะนำเกี่ยวกับความต้องการวิตามินของปานิลแสดงในตารางที่ 3 [38,39,41,42] วิตามิน 2 ชนิด คือ โคบาลามีน (B_{12}) และอินโซเซตอล ที่ไม่มีคำแนะนำเนื่องจากจุลทรรศน์ในลำไส้ของปานิลสามารถสังเคราะห์วิตามินทั้งสองชนิดนี้ได้และแพลงก์ตอนพืชที่ปลูกินเข้าไปยังเป็นแหล่งของวิตามิน ไธอะมีน (B_1) โรโบทราเวน (B_2) และ ไบโอดิน (B_7) ด้วย [18] จากข้อมูลในตารางที่ 3 [38,39,41,42] จะเห็นได้ว่าความต้องการวิตามินที่มีการศึกษาแล้วได้แก่ วิตามิน เอ อี และซี แต่ยังเหลือวิตามินอีกหลายชนิดที่ยังไม่มีการศึกษาทั้งนี้เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง เช่น ต้องใช้วัตถุดิบสังเคราะห์ที่มีราคาแพงในการผลิตอาหารได้แก่ เคซีนและเดกตริน อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ยังไม่มีข้อมูลความต้องการวิตามินอีกหลายชนิดอย่างชัดเจน อาจมีการใช้ข้อมูลความต้องการวิตามินเหล่านั้นจาก การศึกษาในปลาที่ใกล้เคียงกัน เช่น ปานิโลิสราเอล (*O. aureus*) และปานิลแดงที่เป็นลูกผสมของปานิล กับปลาชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้อาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในห้องทดลองมีวิตามินแต่ละชนิดในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของปานิลอยู่แล้วเนื่องจาก การเติมวิตามินชนิดต่าง ๆ ในระดับที่มากเกินพอกับ

ความต้องการ เพื่อป้องกันการสูญเสียระหว่างการผลิต อาหารสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์และระหว่างการเก็บรักษา อาหาร [42] อย่างไรก็ตาม การศึกษาความต้องการ วิตามินของปานิลให้ครบถ้วนนิดยังคงมีความจำเป็น และมีประโยชน์มากสำหรับการลดต้นทุนการผลิต อาหารปานิล เนื่องจากอาจใช้เป็นค่าตั้งต้นในการคิด สัดส่วนการขาดเชยการสูญเสียวิตามินแต่ละชนิดที่เหมาะสมซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ ความต้องการแร่ธาตุของปานิลทั้งจากการทดลองและคำแนะนำแสดงในตารางที่ 4 [38,39,41,42] ทั้งนี้การศึกษาความต้องการแร่ธาตุของปานิลก็มีน้อยเช่นกัน โดยความต้องการแร่ธาตุที่มีการศึกษาแล้ว ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสี และแมงกานีส ที่มีค่าเท่ากับ $<9,000$, 590-770, 30 และ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาหาร ตามลำดับ เช่นเดียวกับความต้องการวิตามิน ระดับแร่ธาตุสำหรับการผลิตอาหารปานิล อาจใช้ค่าจากการศึกษาในปานิโลิสราเอลและปานิลแดงลูกผสมดังแสดงในตารางที่ 4 หรืออาจอ้างอิงจาก การศึกษาในปานิลแดงลูกผสม อื่น ๆ เช่น (*O. mossambicus* \times *O. niloticus*) ที่มีความต้องการฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 7,600-7,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร [43]

5. การกินอาหารของปานิลและการให้อาหาร

5.1 ผลของพลังงานในอาหารและขนาดของปลาต่อการกินอาหาร

โดยทั่วไปการกินอาหารของสัตว์น้ำในแต่ละวันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างโดยเฉพาะพลังงาน หากอาหารมีพลังงานมากเกินไปทำให้สัตว์น้ำอิ่มเร็ว และนำไปสู่การขาดแคลนสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ ได้ [18] โดยปานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงและมีไข้อาหารต่ำทำให้ปลากินอาหารลดลงแต่ได้รับพลังงานจากอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่

ตารางที่ 3 ความต้องการวิตามินของปลา尼ล (มิลลิกรัมหรือหน่วยสากล (IU) ต่อกิโลกรัมอาหาร)

วิตามิน	ผลการศึกษา [38]	คำแนะนำ [39]	ผลการศึกษา [41]	คำแนะนำ [42]
ไธโอมีน (B_1)	$(4)^1, (2.5)^5$	11	$(2.5)^4$	50
ไรโบฟลาวิน (B_2)	$(5)^4$	20	$(6)^2$	50
ไนอะซิน (B_3)	$(26-121)^3$	88	$(26-121)^3$	150
กรดแพนโททีนิก (B_5)	$(6-10)^2$	35	$(10)^1$	40
ไฟริดอกซีน (B_6)	$(1.7-9.5)^3$	11	$(15.0-16.5)^3$	20
ไบโอลิติน (B_7)	$(0.06)^3$	-	$(0.06)^3$	60
กรดโพเลิก (B_9)	$(0.82)^3$	5	$(0.5)^1$	-
โคบาلامิน (B_{12})	-	0.01	-	0.5
โคลีน	$(1,000)^3$	275	$(1,000)^3$	2,000
อิโนซิตอล	-	-	-	400
ซี (C, กรดแอกโซคอร์บิก)	$(50, 420)^1$	375	$(19)^3$	200
เอ (A, เเรตินอล)	$(5,000)^1$	4400	$(5,850-6,970 \text{ IU})^3$	2,000,000 IU
ดี (D, โคลีแคลซิเฟอรอล)	$(375 \text{ IU})^3$	2200	$(375 \text{ IU})^3$	2,000,000 IU
อี (E, แอลฟ่าໂໂທົກີ່ໂຮອລ)	$(10)^1$ $(10-25)^2$	66 -	$(42-44, \text{ไขมัน } 5\%)^3$ $(60-66, \text{ไขมัน } 12\%)^3$	100 -
เค (K, เมนาไดโนน)	-	4.4	$(5.2)^3$	40

หมายเหตุ : ¹*(Oreochromis niloticus)*, ²*(O. aureus)*, ³*(O. niloticus x O. aureus)*, ⁴*(O. mossambicus x O. niloticus)*, ⁵*(O. mossambicus x O. urolepis honorum)*

มีพลังงานต่ำและไขอาหารสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงจะพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขอาหารต่ำมีอัตราการกินอาหารที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าและได้รับพลังงานจากอาหารลดลงมากกว่าปลาที่เลี้ยงอาหารที่มีไขอาหารสูง ทั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับระดับกลูโคสในเลือดที่เป็นตัวควบคุมการกินอาหาร [44] โดยปริมาณสารอาหารในเลือด เช่น กลูโคส เป็นสื่อสัญญาณระหว่างกระเพาะอาหารและสมอง โดยเมื่อระดับกลูโคสในเลือดสูงจะมีการส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนไฮโปทาลามัสเพื่อสั่งการให้ปลายุดกินอาหาร นอกจากนี้ขนาดของปลาจะ

มีผลต่อการกินอาหารเนื่องจากปลาขนาดเล็กมีความต้องการสารอาหารและพลังงานที่สูงกว่าปลาขนาดใหญ่เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า โดยอัตราการกินอาหารของปลา尼ลขนาดเล็ก (1 กรัม) อาจสูงถึง 30 % ของน้ำหนักตัว จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงเมื่อปลาโตขึ้น เช่น เหลือ 3 % เมื่อปลา尼ลมีน้ำหนักมากกว่า 100 กรัม [18]

5.2 ผลกระทบของก้าชออกซิเจนที่ละลายน้ำต่อการกินอาหาร

การกินอาหารยังสัมพันธ์กับปริมาณก้าชออกซิเจนละลายน้ำและขนาดของสัตว์น้ำ โดยปกติ

ตารางที่ 4 ความต้องการแร่ธาตุของปลา尼ล (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร)

แร่ธาตุ	ผลการศึกษา [38]	คำแนะนำ [39]	ผลการศึกษา [41]	คำแนะนำ [42]
ฟอสฟอรัส (P)	(<9,000) ¹	-	-	-
	(10,000) ²	7,000	-	6,000
แคลเซียม (Ca)	(7,000-7,500) ²	3,000	(7,500) ²	3,000
แมกนีเซียม (Mg)	(500) ²	500	(500-650) ²	500
	(590) ³	-	(590-770) ¹	-
โปแทสเซียม (K)	(2,000-3,000) ³	-	(2,000-3,000) ³	-
สังกะสี (Zn)	(20) ²	200-300	(30) ¹	300
	(30) ¹	-	-	-
เหล็ก (Fe)	-	150	(150-160) ³	150
แมงกานีส (Mn)	-	13	(12) ¹	13
ทองแดง (Cu)	-	3	-	3
ไอโอดีน (I)	-	1	-	1
ซีลีเนียม (Se)	-	0.4	-	0.4
โครเมียม (Cr)	(2-140) ³	-	-	-

หมายเหตุ : ¹(*Oreochromis niloticus*), ²(*O. aureus*) ³(*O. niloticus* x *O. aureus*)

อัตราการกินอาหารของปลา尼ลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ ก้าชออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงปลา尼ลขนาดใหญ่มีอัตราการกินอาหารที่ลดลงมากกว่าปลา尼ลขนาดเล็ก เนื่องจากปลาขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการรับออกซิเจนมากกว่าปลาขนาดใหญ่ เพราะมีพื้นที่ผิวของเหวือกเมื่อเทียบกับขนาดมากกว่าปลาขนาดใหญ่ [45] โดยระดับก้าชออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมสำหรับการกินอาหารของปลา尼ลขนาดเล็กกว่า 100 กรัม ไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ปลา尼ลขนาดใหญ่กว่า 200 กรัม จะกินอาหารเมื่อมีก้าชออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่าที่เหมาะสมคือการกินอาหารและการเจริญเติบโตคือไม่ต่ำกว่า 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อก้าชออกซิเจนละลายน้ำลดลงทำ

ให้ปลา尼ลต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพลดลงและระดับก้าชออกซิเจนละลายน้ำที่ลดลงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลงด้วย [46]

5.3 ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหาร

อุณหภูมน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกินอาหารเข่นกันเนื่องจากปลา尼ลเป็นสัตว์เลือดเย็นที่มีการปรับอุณหภูมิของร่างกายให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมน้ำสูงขึ้นปลา尼ลจะกินอาหารมากขึ้นเพื่อสร้างพลังงานความร้อนที่ทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในทางตรงข้ามหากอุณหภูมน้ำลดลงปลา尼ลจะกินอาหารลดลงไปด้วย โดยอัตราการกินอาหารของปลา尼ล (%) ของน้ำหนักตัว) อาจคำนวณได้จากการ F = $2T/(100KL)$ เมื่อ F คืออัตราการกินอาหาร T คืออุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) K คือดัชนี

ความอ้วน (W/L^3) เมื่อ W คือน้ำหนัก (กรัม) และ L คือความยาว (เซนติเมตร) [47] อย่างไรก็ตาม สูตรนี้จะความแม่นยำมากขึ้นหากทราบน้ำหนักและความยาวของปลา

5.4 ผลของคุณภาพทางกายภาพและขนาดอาหารต่อการกินอาหาร

คุณภาพทางกายภาพของอาหาร เช่น ความแข็ง มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำ เช่น ปลาดุกจะกินอาหารอาหารอัดเม็ดและตากจนแห้งที่มีความแข็งมากกว่าอาหารอัดเม็ดที่ไม่ตากแต่หรือกินอาหารชนิดลอยน้ำที่มีความหนาแน่นอย่างว่าอาหารชนิดลอยน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอาหารชนิดลอยน้ำ [18] ขนาดของอาหารนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกินอาหารเนื่องจากปลาจะเป็นปลาชอบกินอาหารขนาดเล็ก โดยการเลี้ยงปลาในลักษณะเล็กครัวให้อาหารสำเร็จรูปแบบเกล็ดหรือแบบเม็ดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.2-1.5 มิลลิเมตร จากนั้นเมื่อปลาโตขึ้นใหญ่ขึ้นจึงให้อาหารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น อาหารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 และ 3 มิลลิเมตร สำหรับเลี้ยงปลาขนาด 40-100 กรัม และขนาดใหญ่กว่า 100 กรัม ตามลำดับ [48]

5.5 วิธีการให้อาหาร

โดยทั่วไปการให้อาหารสัตว์น้ำสามารถทำได้ 2 วิธี คือใช้แรงงานคนและใช้เครื่องทุนแรงซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน โดยการให้อาหารด้วยแรงงานคนมีข้อดีคือสามารถให้อาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำจานปลา กินอิ่มได้ แต่ข้อเสียคือไม่เหมาะสมกับบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ที่คนเลี้ยงต้องเสียเวลาเดินรอบบ่อหรือพยายามร่อนในบ่อเพื่อห่ว่านอาหาร ขณะที่การใช้เครื่องทุนแรง ได้แก่ เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (Automatic feeder) และเครื่องให้อาหารตามความต้องการ (Demand feeder) [18] โดยเครื่องให้อาหารแบบอัตโนมัติมีข้อดีคือไม่ต้องใช้แรงงานคนและสามารถตั้งเวลาและจำนวนครั้งการให้อาหารได้ แต่มี

ข้อเสียคือปริมาณอาหารที่ให้อาจไม่เพียงพอหรือเหลือโดยเฉพาะอาหารชนิดจมน้ำที่ไม่สามารถประเมินว่าอาหารเหลือหรือหมดได้ ดังนั้นวิธีการนี้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบปริมาณอาหารที่สัตว์น้ำกินด้วย ส่วนเครื่องให้อาหารตามความต้องการนั้นมีข้อดีคือสัตว์น้ำจะกินอาหารเฉพาะตอนที่หิวเท่านั้น แต่ข้อเสีย คืออาจมีการสูญเสียอาหารเนื่องจากสัตว์น้ำอาจเล่นระบบกลไกการปล่อยอาหารโดยที่ไม่หิว

ตารางที่ 5 อัตราการให้อาหารต่อวันสำหรับการเลี้ยงปลานิล

ขนาด (กรัม)	[49]	[50]	[51]	[52]
<5	6-10(6)	15-17(6)	6-10	10-18
5-10	4-6(6)	7(5)	4-6	10-18
10-15	4-6(6)	5(4)	4-6	10-18
15-20	3-4(6)	5(3)	4-6	5-15
20-30	3-4(3-4)	4-6(2)	3-4	5-15
>30-100	-	3(2)	3-4	3-5
>100	3(3)	-	1.5-3	1.3-3

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บคือความถี่ในการให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)

5.6 อัตราและความถี่ในการให้อาหาร

อัตราและความถี่ในการให้อาหารนั้นสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับขนาดสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำขนาดเล็กมีความต้องการอาหารในอัตราต่อน้ำหนักตัวสูงเนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและระบบการย่อยอาหารยังไม่สมบูรณ์ [18] โดยคำแนะนำสำหรับอัตราและความถี่ในการให้อาหารปลา尼ลดังแสดงในตารางที่ 5 [49-52] ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาในปลาขนาดนิลเล็ก (1.1 กรัม) มีอัตราการกินอาหาร

ประมาณ 5-7 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน ขณะที่อัตราการกินจะลดเหลือ 3 และ 1.2 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับปลา尼ลขนาดกลาง (77.9 กรัม) และปลา尼ลขนาดใหญ่ (258 กรัม) ตามลำดับ [21] แม้ว่าความถี่ในการให้อาหารจะมีความสำคัญของลงมาจากการอัตราการให้อาหารแต่ก็มีความสำคัญในแง่ที่ทำให้ปลาได้รับอาหารอย่างเพียงพอ กับอัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งความต้องการพลังงานและความสามารถในการรองรับอาหารของกระเพาะอาหาร โดยมีคำแนะนำว่าควรให้อาหารลูกปลาวัยอ่อนวันละ 8-10 ครั้ง เนื่องจากปลาไม่อัตราการเจริญเติบโตสูง ต้องการพลังงานมากและกระเพาะอาหารตัดแบ่งมีขนาดเล็ก จากนั้นสามารถลดจำนวนครั้งของการให้อาหารลงได้เมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น จำนวนมื้อการให้อาหารอาจลดเหลือ 4 ครั้งต่อวัน [48,53] แต่ทั้งนี้การให้อาหารปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นแต่ละมื้อควรมีระยะเวลาห่างกันประมาณอย่าง 4-5 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ปลาเริ่มหิว เพราะอาหารในกระเพาะอาหารเหลือน้อย [48]

6. การแทนที่ปลาป่าในสูตรอาหารด้วยแหล่งโปรตีนอื่น

6.1 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยแหล่งโปรตีนอื่น

เนื่องจากปลาป่ามีระดับโปรตีนสูงและกรดอะมิโนจำเป็นที่สมดุลกับความต้องการของสัตว์น้ำ รวมทั้งย่อยง่ายและเป็นสารดึงดูดการกินอาหารดังนั้น จึงเป็นที่นิยมสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ [51] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันราคาปลาป่ามีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากผลผลิตปลาป่าที่ลดลงทำให้อาหารสัตว์น้ำทุกชนิดที่ใช้ปลาป่าเป็นแหล่งโปรตีนรวมทั้งปลา尼ลมีราคาสูงขึ้น ตามไปด้วย อีกทั้งการผลิตปลาป่าบันยังถูกมองว่ามีส่วนในการทำลายวงจรชีวิตของปลาที่เป็นอาหารของมนุษย์ เนื่องจากลูกปลาเศรษฐกิจจำนวนมากถูกจับขณะทำ

การประมงด้วยเครื่องมือที่ผิดกฎหมายและถูกกวาดมาผลิตปลาป่า นอกจาคนี้ยังมีการใช้ปลาเศรษฐกิจบางชนิดเป็นอาหารโดยตรงแก่ปลาที่เลี้ยงด้วย เช่น ปลากระพงขาว แรงกดดันเหล่านี้ได้ทำให้อาหารแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่าสำหรับการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [54-56] โดยมีการคาดการณ์ว่าระดับปลาป่าในสูตรอาหารปลากลุ่มปลา尼ล (Tilapia) จะลดลงจากระดับ 3 % ในปี พ.ศ. 2553 เหลือเพียง 2 และ 1 % ภายในปี พ.ศ. 2558 และ 2563 ตามลำดับ [57] ทั้งนี้การแทนที่ปลาป่าด้วยใช้แหล่งโปรตีนที่ราคาถูกกว่าน้ำเป็นอีกวิธีการในการลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เองหรือเป็นการควบคุมต้นทุนวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยที่นำไปประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารเป็นหลักเกณฑ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการคัดเลือกแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่า โดยงานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารจากแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ในปลา尼ลนั้นมีจำนวนมากเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย แต่เพื่อเป็นประโยชน์ของการผลิตอาหารทั้งระดับฟาร์มและโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำรายงานนี้จึงนำเสนอเฉพาะแหล่งโปรตีนที่สามารถผลิตได้เชิงอุตสาหกรรมและมีความสะดวกในการจัดหา (high availability) เท่านั้น โดยประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารของแหล่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6 [20, 58-62]

อย่างไรก็ตาม การใช้แหล่งโปรตีนพืช จำเป็นต้องดำเนินถึงปริมาณสารบัญโภชนาการ (anti-nutritional factor, ANF) เช่น กรดไฟฟิก แทนนิน และทริปชินอินโซบิเตอร์ [63] ในอาหารที่ต้องไม่สูงจนกระทบการย่อยสารอาหาร การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต มีรายงานว่าอาหารที่มีแทนนินทั้งชนิดละลายและไม่ละลายน้ำอัตรา 1.5 % ทำให้ปลา尼ลกินอาหารและเจริญเติบโตลดลง [64] นอกจากนี้ระดับ

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารจากวัตถุดิบของปลา尼ล

ขนาดปลา (ก.)	วัตถุดิบ	ประสิทธิภาพการย่อย (%)				อ้างอิง
		วัตถุแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	พลังงาน	
8.7	ากั่วเหลือง	77.47	94.50	96.84	85.99	[20]
	ากเมล็ดฝ่าย	68.55	84.93	98.95	58.43	
	ากั่วลิส	74.33	90.01	95.43	81.45	
	เปลือกั่วลิส	60.62	27.67	79.64	34.67	
15.0	ากั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	90.90	87.40	92.10	87.30	[58]
	โปรตีนข้าวโพด	93.20	89.00	94.00	89.00	
25.0	ากคาโน่น่า	77.84	86.38	88.19	71.99	[59]
77.7	โปรตีนคอนเชนเตอเรจจากปลา	90.56	94.48	-	92.70	[60]
	ากั่วเหลืองไขมันเต้ม	75.86	86.99	-	74.84	
	ากั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	85.83	93.46	-	82.16	
	โปรตีนข้าวโพด	85.65	83.03	-	82.36	
	ไก่ป่น	56.99	69.3	-	73.47	
	ชนไก่ไอก็อตโรไลซ์	54.09	45.53	-	49.11	
	ชีโมโกลบินแบบแบบผง	76.13	85.79	-	75.96	
100.0	ากคาโน่น่า	66.38	87.00	98.34	74.59	[61]
-	ไก่ป่น	56.99	69.3	-	73.47	[62]
	ชนไก่ป่น	54.09	45.33	-	49.11	
	เลือดป่น	76.13	85.79	-	75.96	
	ากั่วเหลือง	85.83	93.46	-	82.16	
	ากั่วเหลืองไขมันเต้ม	75.86	86.99	-	74.84	

ทริปชินอินอิบิเตอร์และกรดไฟติกในอาหารที่มากขึ้น สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลา尼ลที่ลดลง [65,66] ดังนั้นเพื่อป้องกันผลกระทบดังกล่าวจึงมีคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้แหล่งโปรตีนพืชสำหรับผลิตอาหารปลา尼ล เช่น ควรใช้ากั่วเหลือง ากคาโน่น่า/ เรบสีดและากเมล็ดฝ่าย ในอัตรา 20-60, 20-40, 1-25 % ตามลำดับ [67] ขณะที่กรดไฟติกเป็นสารที่ขัดขวางการย่อยและการดูดซึมสารอาหารโดยเฉพาะ

โปรตีนกับฟอสฟอรัสและทนต่อความร้อนได้ดี [63] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่เน้นศึกษาวิธีการลดกรดไฟติกทั้งในวัตถุดิบอาหารโดยตรงหรือในอาหาร แต่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการใช้เอนไซม์ไฟเตสซีง ปัจจุบันมีการผลิตเชิงอุตสาหกรรมและมีการจำหน่าย พร้อมอย่างหลายมากขึ้น มีรายงานว่าการหมักวัตถุดิบ พิชด้วยเอนไซม์ไฟเตสอัตรา 1,000 หน่วยต่อกิโลกรัม (pre-treatment) ทำให้ปลา尼ลมีประสิทธิภาพการ

ย่อยฟอสฟอรัสดีกว่าวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการหมัก และการหมักวัตถุดิบพืชด้วยเอนไซม์ไฟเตสทำให้สามารถลดการใช้สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในสูตรอาหารได้ [68] ส่วนการใช้เอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารโดยตรง (post-treatment) ทำให้ปานิล้มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการเจริญเติบโตดีกว่าการไม่ใช้ โดยอัตราการใช้ที่เหมาะสมคือ 1,000-1,250 หน่วยต่อกิโลกรัมอาหาร [69] สอดคล้องกับคำแนะนำการใช้เอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารปานิลควรที่มีค่าอยู่ในช่วง 500-1,500 หน่วยต่อกิโลกรัมอาหาร [70]

6.2 การแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนอื่น

ดังที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากปานิลเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการแทนที่ปลาปันจำนวนมากทั้งการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและวัตถุดิบที่มีการซื้อขายโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม รายงานนี้นำเสนอเฉพาะการแทนที่ปลาปันด้วยวัตถุดิบที่สามารถผลิตได้เชิงอุตสาหกรรมและมีความสะดวกในการจัดหา ผลการแทนที่ของปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 7 [20,71-80] ทั้งนี้ในรายงานนี้ได้ใช้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเปลี่ยนเป็นตัวชี้วัดหลักในการพิจารณาระดับความสำเร็จของการแทนที่ โดยจากการวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความสำเร็จในการแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนอื่นสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระดับปลาปันในสูตรอาหาร โดยหากมีระดับปลาปันในสูตรอาหารไม่สูงทำให้สามารถแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนอื่นได้ในอัตราสูง เช่น สามารถใช้ไก่ป่นแทนที่ปลาปันได้ 100 % สำหรับสูตรอาหารที่มีปลาปัน 6 % [74] อีกปัจจัยคือประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของแหล่งโปรตีนแต่ละชนิดโดยหากแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนที่ย่อยจ่ายทำให้สามารถแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนนั้นได้ในอัตราสูง เช่น สามารถใช้โปรตีนข้าวโพดแทนที่ปลาปันได้ 75 % สำหรับปานิล

ขนาด 5.4 กรัม ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีปลาปัน 20 % [79] ขณะที่สามารถใช้ไข่ไก่ป่นหมักแทนที่ปลาปันได้เพียง 50 % ทั้งที่ปลาปันขนาดใหญ่กว่าคือ 123 กรัม และมีปลาปันในสูตรอาหารมากกว่า คือ 25 % [80] ทั้งนี้เนื่องจากปานิลย่อยสารอาหารจากไข่ไก่ป่นหมักได้น้อย (ตารางที่ 6) และแม้ว่าไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบที่ชัดเจนแต่การแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนชนิดใด ๆ ในปลาปันขนาดใหญ่น่าจะสามารถแทนที่ได้ในอัตราที่สูงกว่าปลาปันขนาดเล็ก ทั้งนี้เกิดจากประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนที่สูงขึ้น [58,60]

7. การแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันชนิดอื่น

น้ำมันปลาทะเลมีความจำเป็นสำหรับการผลิตอาหารปานิลเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานหลัก n-3 [31] แต่ปัจจุบันราคาน้ำมันปลาทะเลสูงขึ้นเป็นอย่างมากเข่นเดียวกับปลาปันทำให้ราคาอาหารสัตว์น้ำที่ใช้น้ำมันปลาทะเลสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความพยายามแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันชนิดอื่นเพื่อควบคุมไม่ให้ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตอาหารสูงเกินไป อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในการแทนที่ด้วยน้ำมันชนิดอื่นนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและสมดุลของกรดไขมันกลุ่มน-3 และ n-3 ในอาหาร เนื่องจากปานิลต้องการกรดไขมันกลุ่มน-3 ทั้งสองกลุ่มนี้ใกล้เคียงกัน [35] โดย Sagone และคณะ [81] พบว่าปานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีปลาปันและน้ำมันปลาทะเลเท่ากับ 33.4 และ 4.8 % ตามลำดับ เจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง อัตราส่วน 1:1 และสามารถแทนที่ได้ 100 % ขณะที่การใช้น้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวสามารถแทนที่น้ำมันปลาทะเลได้เพียง 33 % สำหรับสูตรอาหารที่มีการใช้ปลาปันและน้ำมันปลาทะเลเท่ากับ 26 และ 6 % ตามลำดับ [82] ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันถั่ว

เหลืองเป็นแหล่งของ LOA และมี LNA ด้วย [83] ทำให้สมดุลของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหารอยู่ในระดับที่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต แต่การแทนที่ด้วยน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวทำให้อาหารมี

กรดไขมันกลุ่มน-6 และ n-3 ลดลง เนื่องจากน้ำมันปาล์มไม่มีกรดไขมันกลุ่มน-3 และมีกรดไขมันกลุ่มน-6 เพียงเล็กน้อย [83]

ตารางที่ 7 การแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนอื่นๆ ในสูตรอาหารป่านิล

ขนาดปลา (กรัม)	ระดับโปรตีน (%)/ไขมันในอาหาร (%)	ระดับปลาป่นสูตรควบคุม (%)	วัตถุดิบที่ใช้แทนที่	ระดับการแทนที่ปลาป่น (% ของโปรตีน)/อัตราการใช้ (%)	อ้างอิง
4.2	31.8-34.3/9.5-11.3	42	ากาถัวเหลือง	50/30.1	[20]
			ากาเมล็ดฝ้าย	50/34.1	
			ากาถัวลิสง	50/34.9	
34.9	38.0-40.0/3.4-5.8	15	ดีดีจีเอส (ข้าวโพด)	66/17.5	[71]
79	30.0/5.1-5.9	15	ากาถัวเหลืองและไก่ป่น	100/32.65/20.5	[72]
			วัตถุดิบพืชอื่นๆ		
เริ่มกินอาหาร	45.0/12.0	30	ากาถัวเหลืองและไก่ป่น	100/100/	[73]
91	29.0-30.7/6.0-6.2	6	ไก่ป่น	100/6	[74]
2.6	29.5-30.8/5.6-6.8	16	ส่วนผสมวัตถุดิบพืช	45/32.6	[75]
1.1	35.3-45.5/6.8-7.3	50	ากากงา	40/20	[76]
4.2	31.8-33.2/9.5-10.3	42	ากาเมล็ดฝ้าย	50/34.10	[77]
12	29.6-31.6/5.9-11.0	35	เนื้อและกระดูกป่น	100/40.0	[78]
			ไก่ป่น	100/47.0	
5.4	30.0/16.0	20	โปรตีนข้าวโพด	75/30	[79]
123	29.0-30.4/3.5-5.8	25	ขนไก่หมัก	50/8.8	[80]

หมายเหตุ : ดีดีจีเอส คือ ากาถัวที่จากการหมักเพื่อผลิตเอทานอล (distillers dried grain with soluble, DDGS)

การเลี้ยงป่านิลด้วยอาหารที่ไม่มีปลาป่น (purified diet) พบว่าการใช้น้ำมันสมูรหัวง้น้ำมันลินสีด (แหล่งกรดไขมันกลุ่มน-3) น้ำมันข้าวโพด (แหล่งกรดไขมันกลุ่มน-6) และน้ำมันวัว อัตราส่วน 1:1:1 ทำให้ป่านิลเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันปลาทะเล เนื้อมันลินสีด น้ำมัน

ข้าวโพดและน้ำมันวัวเพียงอย่างเดียว [84] ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำมันลินสีดหรือน้ำมันปลาทะเลเพียงอย่างเดียวทำให้สัดส่วนกรดไขมันกลุ่มน-3 เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับการใช้น้ำมันข้าวโพดที่ทำให้สัดส่วนกรดไขมันกลุ่มน-6 เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้น้ำมันลินสีดร่วมกับน้ำมันข้าวโพดทำให้เกิดการเพิ่มของทั้งกรด

ไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ส่วนการทดลองของ El-Kasheif และคณะ [85] พบว่าปลาโนโลห์เจริญเติบโตดียิ่งขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับน้ำมันปลาทะเลลงในสูตรอาหารที่มีปลาป่น 15 % ทั้งนี้มีอัตราณาสูตรอาหารพบว่าปลาป่นเป็นแหล่งกรดไขมันกลุ่ม n-3 หลักเพียงแหล่งเดียว ขณะที่วัตถุดิบอื่น ๆ ได้แก่ ข้าวโพด กากถั่ว ลิสงและรำข้าวซึ่งเป็นแหล่งกรดไขมัน n-6 ที่มีสัดส่วนรวมกันในสูตรอาหารสูงถึง 84.5 % ทำให้อาหารมีกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากเกินไป ดังนั้นเมื่อเพิ่มน้ำมันปลาทะเลเข้าไปในสูตรอาหารทำให้สมดุลของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ดีขึ้นจึงส่งผลให้ปลาโนโลห์เจริญเติบโตดีขึ้น

นอกจากประเด็นผลกระทบของการแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันพืชต่อการเจริญเติบโตของปลาโนโลห์แล้ว สิ่งที่ควรคำนึงคือระดับกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในเนื้อปลา เนื่องจากหากแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันพืชมากเกินไปและมีการใช้ปลาป่นในสูตรอาหารน้อยทำให้เนื้อปลาไม่มีกรดไขมัน EPA และ DHA น้อยลง ไปด้วยโดยเฉพาะการแทนที่ด้วยน้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันปาล์ม [31] อย่างไรก็ตาม น้ำมันพืชที่มีศักยภาพในการแทนที่น้ำมันปลาทะเลได้ดีคือน้ำมันลินสีดเนื่องจากมีกรดไขมัน LNA ในปริมาณสูง [83] มีงานวิจัยพบว่าการแทนที่น้ำมันเม็ดทานตะวันด้วยน้ำมันลินสีดในอัตรา 25, 50, 75 และ 100 % ทำให้ปลาโนโลห์มีปริมาณ DHA ในตับเพิ่มขึ้นตามระดับการแทนที่ แต่ปริมาณ EPA ในตับจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเฉพาะที่ระดับการแทนที่ 75 และ 100 % [86] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาโนโลห์มีความต้องการ DHA มากกว่า EPA เนื่องจากหากปลาโนโลห์ได้รับ LNA ที่ไม่เพียงพอจะมีการนำกรดไขมันนี้ไปสังเคราะห์ DHA มากกว่า EPA แต่เมื่อระดับ LNA ในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 25 % ของกรดไขมันรวมซึ่งน่าจะเป็นระดับที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์ DHA ทำให้มี LNA ที่เพียงพอสำหรับการ

สังเคราะห์ EPA เพิ่มมากขึ้น ในทางตรงข้ามหากอาหารมี EPA และ DHA จำกัดดิบอื่น ๆ เช่น ปลาป่น ถึงแม้อาหารจะมี LNA สูงขึ้นจากการแทนที่น้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันลินสีดในอัตรา 100 % แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเหล่านี้มีปริมาณ EPA และ DHA ในเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน [87] แสดงให้เห็นว่ามีการสังเคราะห์ EPA และ DHA จาก LNA น้อยลง จนทำให้มีการสะสม LNA มากขึ้น นอกจากน้ำมันลินสีดแล้วน้ำมันเรปสีด/คาโนลา นับเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งเนื่องจากมี LNA สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ หลายชนิด [83] จากการศึกษาของ Matsushita และคณะ [88] พบว่าปลาโนโลห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันคาโนลาเป็นแหล่งไขมัน มีปริมาณ EPA ในชาكمากเป็นอันดับสองรองจากการใช้น้ำมันลินสีด ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณ LNA ในอาหารที่มีมากกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าวและน้ำมันข้าวโพด ขณะที่ปริมาณ DHA ในชาคปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันลินสีดได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับอาหารที่ใช้น้ำมันชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ใช้น้ำมันลินสีดมีปริมาณ LNA มากกว่าอาหารสูตรอื่นมาก ทำให้มีการสังเคราะห์ DHA จาก LNA มากขึ้นอย่างไรก็ตาม การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าหากอาหารที่มี DHA จำกัดดิบอื่น ๆ เพียงพอต่อความต้องการของปลา การใช้น้ำมันที่มี LNA ในปริมาณสูงในสูตรอาหารส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา

8. การเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

จากการที่ปลาโนโลห์มีราคาจำหน่ายค่อนข้างต่ำ เกษตรรจึงต้องลดต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจทำได้โดยการทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์อาหารให้ได้มากที่สุด ซึ่งเมื่อปลาเจริญเติบโตเร็วขึ้นย่อมทำให้ระยะเวลาการเลี้ยงลดลง การลดระยะเวลาเลี้ยงทำให้

เกษตรกรสามารถลดรายจ่ายต่าง ๆ ลงได้ เช่น ค่าอาหารและค่าจ้างแรงงาน อีกทั้งยังมีประโยชน์ทางอ้อมคือสามารถเพิ่มรอบการผลิตได้ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารและการเจริญเติบโตสามารถทำได้ 5 วิธี ดังนี้

8.1 การเสริมด้วยสารอาหาร

การเสริมสารอาหาร เช่น การเสริมวิตามินซีอัตรา 100 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร ทำให้ปานิชเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์อาหารได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการเสริมวิตามินอีอัตรา 50 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร แม้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตแต่ช่วยเพิ่มอัตราอุดตายได้ [89] ส่วนการใช้ L-Carnitine อัตรา 450 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้และการสะสมโปรตีน เช่นกัน และยังช่วยลดระดับโปรตีนในอาหาร จาก 30 เป็น 25 และ 20 % ได้โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต [90]

8.2 การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร

การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร เช่น สารละลาย *Schizochytrium* sp. (ราน้ำเค็ม) ในรูปน้ำมันซึ่งเป็นแหล่ง DHA อัตรา 25-75 มิลลิลิตรต่อ กิโลกรัมอาหาร ทำให้ปานิชมีอัตราเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตราอุดตายดีขึ้น [91] การใช้บีทาอีน (Betaine) อัตรา 0.5 % ของอาหาร ก็ทำให้ปานิชมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อดีขึ้นเช่นกัน [92]

8.3 การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร

การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารเป็นวิธีการทางอ้อมที่ทำให้ปานิชเจริญเติบโตดีขึ้น เช่น การใช้เอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วย β -xylanase และ β -xylosidase อัตราส่วน 800 และ 36.6 หน่วยต่อกรัมตามลำดับ ในอัตรา 300 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร

ทำให้ปานิชย่อยอาหาร ย่อยโปรตีนและพลังงานได้ดีขึ้น [93] เช่นเดียวกับการใช้เอนไซม์ผสมซึ่งประกอบด้วย β -xylanase, β -glucanase, pentosonase, α -amylase, Hemicellulase, Pectinase, Cellulase และ Cellubiose อย่างน้อย 500 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร ที่ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และการใช้ประโยชน์โปรตีน [94] ส่วนการใช้เอนไซม์ย่อยโปรตีน เช่น Pepsin, Papain และเอนไซม์ย่อยแป้ง เช่น α -amylase อย่างน้อย 6,400, 12,800 หรือ 1,600 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มอัตราเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และการใช้ประโยชน์โปรตีนได้เช่นกัน [95]

8.4 การใช้ปริไบโอติก (Probiotic)

จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพเป็นปริไบโอติก สำหรับปานิชส่วนใหญ่จะเป็นสกุล *Bacillus* และ *Lactobacillus* เช่น *B. subtilis*, *B. pumilus*, *L. plantarum* และ *L. acidophilus* รวมทั้งยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* [96] มีงานวิจัยที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *B. subtilis*, *L. plantarum* และ *S. cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์ และกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนในลำไส้ของปานิช ซึ่งพบว่า *L. plantarum* มีประสิทธิภาพที่สุด รองลงมาคือ *S. cerevisiae* และ *B. subtilis* ตามลำดับ โดยการใช้จุลินทรีย์เหล่านี้ให้ผลที่ดีกว่าการไม่ใช้อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม *S. cerevisiae* น่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการใช้มากที่สุดเนื่องจากมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจาก *L. plantarum* [97] อีกทั้งมีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายและเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อทั้งสัตว์และมนุษย์ [98]

8.5 การใช้ปรีไบโอติก (Prebiotic)

การใช้ปรีไบโอติกในอาหารปานิชนับเป็นอีกวิธีที่ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้ เช่น การใช้

mannanoligosaccharide อัตราอย่างน้อย 0.4 % ทำให้ปลา nim มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเปลี่ยนน้ำหนักต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* เพิ่มขึ้น [99] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในปัจจุบันพบว่าเบต้ากลูแคน (β -D-glucan) มีประสิทธิภาพดีกว่า mannanoligosaccharide และมีอัตราใช้น้อยกว่าอย่างน้อย 3 เท่า [100]

9. สรุป

ปลา尼ลเป็นปลาชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย และทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะดังกล่าวทำให้ราคาจำหน่ายปลานิลทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกของแต่ละประเทศไม่สูงทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนต่ำ รายงานนี้ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการลดต้นทุนค่าอาหารซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ (1) การจัดการเกี่ยวกับสารอาหาร (2) วิธีการให้อาหาร (3) การลดต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ และ (4) การเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต โดยอาหารปลา尼ลควรมีสารอาหารที่สำคัญ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไข้อาหาร กรณีไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 แคลเซียมและฟอฟอรัส เท่ากับ 25-45, 5-12, 20-50, ≤6, 0.5-1.0, 0.3 และ 0.7 % ตามลำดับ ส่วนความต้องการวิตามินและแร่ธาตุที่มีการศึกษาแล้วได้แก่ วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินซี ฟอฟอรัส และกนีเซียม สังกะสีและแมงกานีส แม้ยังไม่มีการศึกษาวิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิดแต่สามารถผลิตอาหารโดยใช้ระดับวิตามินและแร่ธาตุตามคำแนะนำนำต่าง ๆ ได้ ส่วนวิธีการให้อาหารที่มีประสิทธิภาพดีคือควรให้อาหารลูกปลาวยอ่อน ลูกปลาขนาดเล็กและปลาขนาดวัยรุ่นถึงปลาขนาดตลาด วันละ 8-10, 4 และ 2 ครั้งต่อวัน ตามลำดับ และการเลี้ยงปลาขนาด

วัยรุ่นจนถึงปลาขนาดตลาดการให้อาหารแต่ละเม็ดควรมีระยะห่างประมาณ 4-5 ชั่วโมง การลดต้นทุนวัสดุอุปกรณ์โดยการแทนที่ปลาปันด้วยแหล่งโปรตีนที่มีค่าถูกและมีประสิทธิภาพการย่อยใกล้เคียงปลาปัน เช่น เนื้อและกระดูกป่น ไก่ป่นและโปรตีนข้าวโพด และสามารถแทนที่น้ำมันปลาที่ลดด้วยน้ำมันชนิดอื่นได้แต่ปริมาณกรณีไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหารต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่ปลาต้องการ และการเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโตทำได้ 5 วิธี คือ (1) การเสริมด้วยสารอาหาร เช่น วิตามินซี (2) การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร เช่น *Schizophyllum* sp. และบีทาอีน (3) การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร เช่น β -xylanase, β -glucanase และ α -amylase (4) การใช้โปรไบโอติก เช่น *S. cerevisiae* และ (5) การใช้พريไบโอติก เช่น เบต้ากลูแคน รวมทั้งการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนพืชในระบบเลี้ยงสามารถเร่งการเจริญเติบโตของปลาได้และประหยัดค่าอาหารได้

10. รายการอ้างอิง

- [1] FAO, 2014, The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy, 223 p.
- [2] Fitzsimmons, K., 2010, Potential to Increase Global Tilapia Production, Global Outlook for Aquaculture Leadership (GOAL), Kuala Lumpur, 35 p.
- [3] นวลมนี พงศ์ธนา, นนท์ปวิช อกడง, มัลลิกา ทองส่ง และประจักษ์ บัวเนียม, 2552, การคัดพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์ GIFT, น. 147-158, ในการประชุมวิชาการประมงประจำปี 2552, กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- [4] Matlala, M.P., Kpundeh, M.D. and Yuan, Y., 2013, Production and marketing systems of farmed tilapia in China, Int. J.

- Fish. Aquac. 5(2): 12-18.
- [5] Tveteras, R. and Nystoyl, R., 2011, Fish Production Estimates & Trends 2011-2012, Global Outlook for Aquaculture Leadership (GOAL), Santiago, 57 p.
- [6] เกวลิน หมุกุฑ์, 2557, สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์, น. 17-27, ใน จุลสารเศรษฐกิจการประมง ประจำไตรมาสที่ 1 ปี 2557, ส่วนเศรษฐกิจการประมง สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- [7] สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2551, การจัดทำองค์ความรู้เรื่องการเพาะและอนุบาลปลา尼ล, กรมประมง, กรุงเทพฯ, 16 น.
- [8] สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2554, องค์ความรู้ประชัญญาปลานิล, โครงการยกระดับมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งออก, กรมประมง, กรุงเทพฯ, 61 น.
- [9] กรมประมง, 2553, ยุทธศาสตร์การพัฒนาปลานิล (พ.ศ. 2553-2557), กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 52 น.
- [10] El-Sayed, A.F.M., 2004, Protein Nutrition of Farmed Tilapia: Searching for Unconventional Sources, pp. 364-378, In Bolivar, R., Mair, G. and Fitzsimmons, K. (Eds.), Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila.
- [11] Hussain, M.G., 2004, Farming of Tilapia: Breeding Plans, Mass Seed Production and Aquaculture Techniques, Habiba Akter Hussain, 149 p.
- [12] Popma, T.J. and Masser, M., 1999, Tilapia: Life History and Biology, SRAC Publication no. 283, Southern Regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, 4 p.
- [13] Popma, T.J. and Lovshin, L.L., 1995, Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, 42 p.
- [14] Gupta, M.V. and Acosta, B.O., 2004, A review of global tilapia farming practices, Aquaculture Asia (January/March): 7-12.
- [15] FAO, 2014, Fisheries and Aquaculture Statistics, Rome, 105 p.
- [16] นวลมนี พงศ์ธนา, 2553, ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ, เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 2/2553, ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำปทุมธานี, สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, 43 น.
- [17] นวลมนี พงศ์ธนา, องค์ความรู้การปรับปรุงพันธุ์ปลานิล, แหล่งที่มา : <http://www.fisheries.go.th>, 15 กันยายน 2557.
- [18] เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2542, โภชนาศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ, โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 255 น.
- [19] Diana, J.S., 1997, Feeding Strategies, pp. 245-262, In Egna, H.S. and Boyd, C.E. (Eds.), Dynamics of Pond Aquaculture, CRC Press, New York.

- [20] Agbo, N.W., 2008, Oilseed Meals as Dietary Protein Sources for juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), Ph.D. Dissertation, Institute of Aquaculture, University of Sterling, Scotland, 210 p.
- [21] Chowdhury, D.K., 2011, Optimal Feeding Rate for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), M.Sc. Thesis, Department of Animal and Aquacultural Sciences, Norwegian University of Life Sciences, Oslo, 76 p.
- [22] Jauncey, K., 1998, Tilapia Feeds and Feeding, Pisces Press Ltd, Sterling, Scotland, 241 p.
- [23] Santiago, C.B. and Lovell, R.T., 1988, Amino acid requirement for growth of Nile tilapia, *J. Nutr.* 118: 1540-1546.
- [24] Halver, J.E., 1989, Fish Nutrition, 2nd Ed., Academic Press, New York, 798 p.
- [25] Fagbenro, O.A., 2000, Validation of the Essential Amino Acid Requirements of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linne 1758), Assessed by the Ideal Protein Concept, pp. 154-156, In Fitzsimmons, K. and Filho, J.C. (Eds.), Tilapia Aquaculture in the 21st Century, Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, , Rio de Janeiro.
- [26] Nguyen, T.N. and Davis, D.A., 2009, Methionine requirement in practical diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *J. World Aquac. Soc.* 40: 410-416.
- [27] Nguyen, T.N. and Davis, D.A., 2009, Re-evaluation of total sulphur amino acid requirement and determination of replacement value of cystine for methionine in semi-purified diets of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Aquac. Nutr.* 15: 247-253.
- [28] Michelato, M., Furuya, W.M., Graciano, T.S., Vidal, L.V.O., Xavier, T.O., de Moura, L.B. and Furuya, V.R.B., 2013, Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g, *Rev. Bras. Zootec.* 42: 7-12.
- [29] Furuya, W.M., Graciano, T.S., Vidal, L.V.O., Xavier, T.O., Gongora, L.D., Righetti, J.S. and Furuya, V.R.B., 2012, Digestible lysine requirement of Nile tilapia fingerlings fed arginine to lysine-balanced diets, *Rev. Bras. Zootec.* 41: 485-490.
- [30] Yue, Y., Zou, Z., Zhu, J., Li, D., Xiao, W., Han, J. and Yang, H., 2014, Dietary threonine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Aquacult. Int.* 22: 1457-1467.
- [31] Ng, W.K., 2005, Lipid nutrition of farmed tilapia, Global Aquaculture Advocate (October): 60-61.
- [32] Jauncey, K., 2000, Nutritional Requirements, pp. 327-375, In Beveridge, M.C.M. and McAndrew, B.J. (Eds.), Tilapias: Biology and Exploitation, Fish and Fisheries Series 25, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- [33] Hooley, C.G., 2012, Examination of the Effects of Dietary Protein and Lipid on Growth and Stress Response of Nile Tilapia Cultured in High Density Systems, M.Sc. Thesis, Montana State University, Bozeman, Montana, 63 p.
- [34] Lim, C., 2009, Lipid, fatty Acid requirements of tilapia, dietary supplementation essential for health, reproduction, Global Aquaculture Advocate (November/December): 61-62.
- [35] Chen, C., Sun, B., Li, X., Li, P., Guan, W., Bi, Y. and Pan, Q., 2013, n-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: quantification of optimum requirement of dietary linolenic acid in juvenile fish, Aquaculture 416-417: 99-104.
- [36] Teshima, S., Kanazawa, A. and Sakamoto, M. 1982, Essential fatty acids of *Tilapia nilotica*, Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 31: 201-204.
- [37] Wang, Y., Liu, Y.J., Tian, L.X., Du, Z.Y., Wang, J.T., Wang, S. and Xiao, W.P., 2005, Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*, Aquac. Res. 36: 1408-1413.
- [38] Mjoun, K., Rosentrater, K.A. and Brown, M.L., 2010, Tilapia: Environmental Biology and Nutritional Requirements, Publication no. FS963-02, South Dakota Cooperative Extension Service, South Dakota, 7 p.
- [39] Fitzsimmons, K., 1997, Introduction to Tilapia Nutrition, pp. 9-12, In: Fitzsimmons, K. (Ed.), Tilapia Aquaculture, Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nov 9-12 1997, Ithaca, New York.
- [40] Anderson, J., Jackson, A.J., Matty, A.J. and Capper, B.S., 1984, Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.), Aquaculture 37: 303-314.
- [41] Celik, E., 2012, Tilapia Culture Review, Ms.c. Thesis, Department of Animal and Aquacultural Science, Norwegian University of Life Sciences, Norway, 76 p.
- [42] วิมล จันทร์อรทัย, 2536, อาหารสัตว์น้ำ : ความก้าวหน้าของการศึกษาความต้องการสารอาหารของปลาและกุ้ง, น. 99-106, ใน 50 ปี คณบประมาณ : พ.ศ. 2486-2536 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณบประมาณ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [43] Phromkunthong, W. and Udom, U., 2008, Available phosphorus requirement of sex-reversed red tilapia fed all-plant diets, Songklanakarin J. Sci. Technol. 30: 7-16.
- [44] Tran-Duy, A., Smit, B., A van Dam, A. and Schrama, J.W., 2008, Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Aquaculture 277: 213-219.
- [45] Tran-Duy, A., Schrama, J.W., van Dam, A.

- and Verreth, J.A.J., 2008, Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Aquaculture 275: 152-162.
- [46] Tran-Duy, A., A van Dam, A. and Schrama, J.W., 2012, Feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to dissolved oxygen concentration, *Aquac. Res.* 43: 730-744.
- [47] Westers, H., 1987, Feeding levels for fish fed formulated diets, *Proc. Fish Cult.* 49: 87-92.
- [48] Riche, M. and Garling, D., 2003, Feeding Tilapia in Intensive Recirculating Systems, Publication Paper, North Central Regional Aquaculture Center, Iowa State University, Iowa, 4 p.
- [49] Lovell, R.T., 1989, Nutrition and Feeding of Fish, Van Nostrand Reinhold, New York, 260 p.
- [50] манพ ตั้งตรงไฟโรจน์, ภาณุ เทวร์ตันมณีกุล, พรณศรี จริโนภาส, สุจินต์ หนูขัญ, กำชัย ลา วัณยุต්, วีระ วัชกรโยธิน และวิมล จันทร์โรทัย, 2536, การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลา尼ล, เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23/2536, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำجีด, กรมประมง, 96 น.
- [51] NRC, 1993, Nutrient Requirements of Fish, National Academy Press, Washington DC, 128 p.
- [52] Bhujel, R.C., 2013, On-farm Feed Management Practices for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand, pp. 159-189, In Hasan, M.R. and New, M.B. (Eds.), On-farm Feeding and Feed Management in Aquaculture, Technical Paper, FAO Fisheries and Aquaculture, Rome.
- [53] Sanches, L.E.F. and Hayashi, C., 2001, Effect of feeding frequency on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fries performance during sex reversal in hapas, *Acta Sci. Technol.* 23: 871-876.
- [54] Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. and Troell, M., 2000, Effect of aquaculture on world fish supplies, *Nature* 405: 1017-1024.
- [55] Fox, J.M., Lawrence, A.L. and Smith, F., 2004, Development of a Low Fishmeal Feed Formulation for Commercial Production of *Litopenaeus vannamei*, In Cruz-Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto-Lopez, M.G., Villarreal, D., Scholz, U.y. and Gonzalez, M. (Eds.), Advances en Nutricion Acuicola VII, Memorias del VII Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, Sonora.
- [56] Williams, K.C. and Rimmer, M.A., 2005, The Future of Feeds and Feeding of Marine Finfish in the Asia-Pacific region: the Need to Develop Alternative Aquaculture Feeds. Paper Presented at Regional Workshop on Low Value “Trash

- Fish" in the Asia-Pacific Region, Hanoi.
- [57] Tacon, A.G.J. and Metian, M., 2008, Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects, Aquaculture 285: 146-158.
- [58] Köprüçü, K. and Özdemir, Y., 2005, Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Aquaculture 250: 308-316.
- [59] Furuya, W.M., Pezzato, L.E., de Miranda, E.C., Furuya, V.R.B., Barros, M.M. and Lanna, E.A.T., 2001, Apparent nutrient and energy digestibility of canola meal for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Rev. Bras. Zootec. 30: 611-616.
- [60] Davies, S., Abdel-Warith, A.A. and Gouveia, A., 2011, Digestibility characteristics of selected fed ingredients for developing bespoke diets for Nile tilapia culture in Europe and North America, J. World Aquac. Soc. 42: 388-398.
- [61] Pezzato, L., De Miranda, E., Barros, M., Pinto, L.Q., Furuya, W. and Pezzato, A., 2002, Apparent digestibility of feedstuffs by Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Rev. Bras. Zootec. 31: 1595-1604.
- [62] Abdel-Warith, A.A., 2002, Suitability of selected raw materials and by-products in formulated feeds for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and African catfish *Clarias gariepinus*, Ph.D. Dissertation, Plymouth University, UK.
- [63] Francis, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2001, Antinutritional factors present in plant-derived alternative fish feed ingredients and their effects in fish, Aquaculture 199: 197-227.
- [64] Buyukcapar, H.M., Atalay, A. and Kamalak, A., 2011, Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with diets containing different levels of hydrolysable and condensed tannin, J. Agr. Sci. Tech. 13: 1045-1051.
- [65] Azaza, M.S., Kammoun, W., Abdelmouleh, A. and Kraiem, M.M., 2009, Growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with differently heated soybean-meal-based diets, Aquacult. Int. 17: 507-521.
- [66] Plaipetch, P. and Yakupitiyage, A., 2014, Effect of replacing soybean meal with yeast-fermented canola meal on growth and nutrient retention of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758), Aquac Res. 45: 1744-1753.
- [67] Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Allan, G., El-Sayed, A.F., Jackson, A., Kaushik, S.J., Ng, W.K., Suresh, V. and Viana, M.T., 2012, Aquaculture Feeds: Addressing the long term sustainability of the sector, pp. 193-231, In Subasinghe, R.P., Arthur, J.R., Bartley, D.M., De Silva, S.S., Halwart, M., Hishamunda, N., Mohan, C.V. and Sorgeloos, P. (Eds.), Farming the Waters

- for People and Food, Proceedings of the Global Conference on Aquaculture, Phuket.
- [68] Cao, L., Yang, Y., Wang, W.M., Yakupitiyage, A., Yuan, D.R. and Diana, J.S., 2008, Effects of pretreatment with microbial phytase on phosphorous utilization and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquac. Nutr.* 14: 99-109.
- [69] Liebert, F. and Portz, L., 2005, Nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed plant based low phosphorus diets supplemented with graded levels of different sources of microbial phytase, *Aquaculture* 248: 111-119.
- [70] Cao, L., Wang, W.M., Yang, C., Yang, Y., Diana, J., Yakupitiyage, A., Luo, Z. and Li, D., 2007, Application of microbial phytase in fish feed, *Enzyme Microb. Tech.* 40: 497-507.
- [71] Schaeffer, T.W., 2009, Performance of Nile Tilapia and Yellow Perch Fed Diets Containing Distillers Dried Grain with Soluble and Extruded Diet Characteristics, M.Sc. Thesis, South Dakota State University, South Dakota, 118 p.
- [72] Soltan, M.A., 2009, Effect of dietary fishmeal replacement by poultry by-product meal with different grain source and enzyme supplementation on performance, feces recovery, body composition and nutrient balance of Nile Tilapia, *Pak. J. Nutr.* 8: 395-407.
- [73] Gonzales, J.M., Hutson, A.M., Rosinski, M.E., Wu, Y.V., Powless, T.F. and Brown, P.B., 2007, Evaluation of fish meal-free diets for first feeding Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *J. App. Aquac.* 19(3): 89-99.
- [74] Ayoola, A.A., 2010, Replacement of Fishmeal with Alternative Protein Source in Aquaculture Diets, M.Sc. Thesis, North Carolina State University, North Carolina, 129 p.
- [75] Soltan, M.A., Hanafy, M.A. and Wafa, M.I.A., 2008, Effect of replacing fish meal by a mixture of different plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets, *Global Veterinaria* 2: 157-164.
- [76] Ofojekwu, P.C. and Kigbu, A.A., 2002, Effect of substituting fishmeal with sesame, *Sesamum indicum* (L) cake on growth and food utilization of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *J. Aquat. Sci.* 17: 45-49.
- [77] Ago, N.W., Madalla, N. and Jauncey, K., 2011, Effects of dietary cottonseed meal protein levels on growth and feed utilization of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L, *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 15: 235-239.
- [78] El-Sayed, A.F.M., 1998, Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis*

- niloticus* (L.) feeds, Aquac. Res. 29: 275-280.
- [79] Metwalli, A.A.A., 2013, Effects of partial and total substitution of fish meal with corn gluten meal on growth performance, nutrients utilization and some blood constituents of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, Egypt. J. Aquat. Biol. Fish. 17: 91-100.
- [80] Arunlertaree, C. and Moolthongnoi, C., 2008, The use of fermented feather meal for replacement fish meal in the diet of *Oreochromis niloticus*, Environ. Nat. Resources J. 6: 13-24.
- [81] Sagne, M., Loum, A., Fall, J., Ndong, D., Diouf, M., Sarr, A. and Thiaw, O.T., 2013, Effects of different types of oils on growth performance, survival and carcass composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), J. Biol. Life Sci. 4(2):1-11.
- [82] Ochang, S.N., Fagbenro, O.A. and Adebayo, O.T., 2007, Influence of dietary palm oil on growth response, carcass composition, haematology and organoleptic properties of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Pak. J. Nutr. 6: 424-429.
- [83] Glencross, B.D., 2009, Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species, Rev. Aquaculture (1): 71-124.
- [84] Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Davis, D.A. and Klesius, P., 2008, Effects of varied dietary lipid sources tested in tilapia study, Global Aquaculture Advocate (May/June): 68-70.
- [85] El-Kasheif, M.A., Saad, A.S. and Ibrahim, S.A., 2011, Effects of varying levels of fish oil on growth performance, body composition and haematological characteristics of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L), Egypt J. Aquat. Biol. Fish. 15: 125-141.
- [86] França, P.B., Aguiar, A.C., Montanher, P.F., Boroski, M., de Souza, N.E. and Visentainer, J.V., 2011, Incorporation and fatty acid composition in liver of Nile tilapia fed with flaxseed oil, Acta Sci. Technol. 33: 221-225.
- [87] Molnár, T., Biró, J., Hancz, C., Romvári, R., Varga, D., Horn, P. and Szabó, A., 2012, Fatty acid profile of fillet, liver and mesenteric fat in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed vegetable oil supplementation in the finishing period of fattening, Arch. Tierz. 55: 194-205.
- [88] Matsushita, M., Justi, K.C., Padre, R.D.G., Milinsk, M.C., Hayashi, C., Gomes, S.T.M., Visentainer, J.V. and de Souza, N.E., 2006, Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, Acta Sci. Technol. 28: 125-131.
- [89] สุทธาดา ไชยแสง, บัณฑิต ยวงศร้อย และสุรี วงศ์มณีประทีป, 2556, การเสริม *Schizochyt-*

- rium sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในปลานิลรุ่น, แก่นเกษตร 41(ฉบับพิเศษ 1): 129-134.
- [90] Lim, C., Yildirim-Aksoy, M. and Welker, T., 2010, Growth performance, immune response, and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing various levels of vitamin C and E, J. World Aquac. Soc. 41: 35-48.
- [91] El-Sayed, A.F.M., Abdel-Hakim, N.F., Abo-State, H.A., El- Kholy, K.F. and Al-Azab, D.A., 2010, Effects of L-carnitine on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed basal diet or diets containing decreasing protein levels, J. Am. Sci. 6: 165-172.
- [92] Luo, Z., Tan, X.Y., Liu, X.J. and Wen, H., 2011, Effect of dietary betaine levels on growth performance and hepatic intermediary metabolism of GIFT strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in freshwater, Aquac. Nutr. 17: 361-367.
- [93] Tachibana, L., Pinto, L.G.Q., Gonçalves, G.S. and Pezzato, L.E., 2010, Xylanase and beta-glucanase on nutrient apparent digestibility of triticale by Nile tilapia, Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 62: 445-452.
- [94] Yildirim, Y.B. and Turan, F., 2010, Growth and feed utilization of tilapia (*Oreochromis aureus*) fed diets containing supplementary enzymes, Isr. J. Aquacult-Bamid. 62: 139-145.
- [95] Goda, A.M.A., Mabrouk, H.A.H.H., Wafa, M.A.E.H. and El-Afifi, T.M., 2012, Effect of using baker's yeast and exogenous digestive enzymes as growth promoters on growth, feed utilization and hematological indices of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings, J. Agric. Sci. Tech. B(2): 15-28.
- [96] Welker, T.L. and Lim, C., 2011, Use of probiotics in diets of tilapia. J. Aquac. Res. Develop. doi: 10.4172/2155-9546.S1-014.
- [97] Essa, M.A., El-Serafy, S.S., El-Ezabi, M.M., Daboor, S.M., Esmael, N.A and Lall, S.P., 2010, Effect of different dietary probiotics on growth, feed utilization and digestive enzymes activities of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, J. Arabian Aquacult. Soc. 5: 143-161.
- [98] Hertrampf, J.W. and Piedad-Pascual, F., 2000, Handbook of Ingredient for Aquaculture Feeds, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 573 p.
- [99] Samrongpan, C., Areechon, N., Yoonpundh, R. and Srisapoome, P., 2008, Effects of Mannan-oligosaccharide on Growth, Survival and Disease Resistance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) fry, pp. 345-353, In Elghobashy, H., Fitzsimmons, K. and Diab, A.S. (Eds.), Proceedings of the Eighth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Cairo.

- [100] Liranço, A.D.S, Ciarlini, P.C., Moraes, G.,
Camargo, A.L.S. and Romagosa, E., 2013,
Mannanoligosaccharide (mos) and β -glucan (β -glu) in dietary supplementation
for Nile tilapia juveniles dept in cages,
Pan Am. J. Aquat. Sci. 8: 112-125.