

การจัดการทางโภชนาการสำหรับการเลี้ยงปลานิล

Nutritional Management for Culturing Nile Tilapia

(*Oreochromis niloticus*)

พิเชต พลายเพชร*

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง

ตำบลโพแดง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13290

Pichet Plaipetch*

Inland Aquaculture Research Institute, Department of Fisheries,

Potaeng, Baang Sai, Pra Nakorn Sri Ayutthaya 13290

บทคัดย่อ

ปลานิลมีราคาจำหน่ายไม่สูงเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะค่าอาหารเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลตอบแทนให้แก่เกษตรกรได้ การลดต้นทุนค่าอาหารอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับสารอาหารและวิธีการให้อาหารที่เหมาะสม โดยอาหารปลานิลควรมีระดับโปรตีน 25-45 % ไขมัน 5-12 % คาร์โบไฮเดรต 20-50 % โยอาหาร ≤ 6 % กรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 0.5-1.0 % แคลเซียม 0.3 % และฟอสฟอรัส 0.7 % นอกจากสารอาหารแล้ววิธีการให้อาหารมีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยควรให้อาหารปลานิลวันละ 2 ครั้งต่อวัน และแต่ละมื้อมีระยะห่างประมาณ 4-5 ชั่วโมง การลดต้นทุนวัตถุดิบอาหารของทั้งโรงงานผลิตอาหารและเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เอง อาจทำได้โดยการแทนที่ปลาป่นด้วยเนื้อและกระดูกป่น ไก่ป่นหรือโปรตีนข้าวโพด และแทนที่น้ำมันปลาที่ใช้น้ำมันชนิดอื่นได้ แต่ปริมาณกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหารต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่ปลานิลต้องการ การลดต้นทุนค่าอาหารอาจทำได้โดยการเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เช่น การเสริมอาหารด้วยวิตามินซี *Schizochytrium* sp. ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เอนไซม์ย่อยอาหารหรือเบต้ากลูแคน 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

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

ปลานิลเป็นสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเลี้ยงง่ายและราคาไม่แพง FAO [1] รายงานว่าปลานิลเป็นปลาชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงในทุกทวีปทั่วโลก รวม 135 ประเทศ นอกจากนี้การเลี้ยงมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากตลาดทั่วโลกต้องการปลานิลเพิ่มขึ้นเพื่อทดแทนปลาเนื้อขาวชนิดอื่น ๆ ปัจจุบันปลานิลมีผลผลิตจากการเลี้ยงมากเป็นอันดับสองโลกรองจากปลากลุ่มปลาแคร์พ [2] สำหรับประเทศไทยปลานิลเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญและมีผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งในบรรดาสัตว์น้ำจืดทั้งหมด [3] และทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตปลานิลอันดับ 5 ของโลก [4-5] อย่างไรก็ตาม ปลานิลที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศทำให้ราคาจำหน่ายไม่สูง โดยราคาขายส่งหน้าฟาร์มของภาคกลางในปี พ.ศ. 2556 ของปลานิลขนาด 5, 3-4 และ 1-2 ตัวต่อกิโลกรัม มีราคาเฉลี่ยเพียง 25.22, 37.30 และ 47.82 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งในปี พ.ศ. 2557 ราคาจำหน่ายมีแนวโน้มทรงตัวหรือสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย

เท่านั้น [6] ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงมีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งออกให้มากขึ้น เพื่อช่วยยกระดับราคาผลผลิตที่จะทำให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงได้รับผลตอบแทนมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2551 กรมประมงได้ตอบสนองนโยบายดังกล่าวโดยการจัดทำองค์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะและอนุบาลปลานิล ซึ่งเนื้อหาได้ครอบคลุมการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของการเลี้ยงปลานิลในประเทศไทย [7] ต่อมากรมประมงได้จัดทำโครงการยกระดับมาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงเพื่อการส่งออกที่มีระยะเวลา 4 ปี ซึ่งได้เริ่มโครงการในปี พ.ศ. 2554 [8] ซึ่งโครงการเหล่านี้อยู่ภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาปลานิลปี พ.ศ. 2553-2557 และโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลเพื่อการส่งออกที่มีเป้าหมายการส่งออกปลานิลให้ได้ปีละ 50,000 ตันจากการวิเคราะห์การเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยพบว่าจุดอ่อนที่สำคัญคือต้นทุนการผลิตที่สูงโดยเฉพาะค่าอาหาร [9] ซึ่งหากเป็นการเลี้ยงปลานิลแบบพัฒนา ค่าอาหารจะคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 50 % ของต้นทุนรวม [10] ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการจัดการอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น จากการสำรวจ

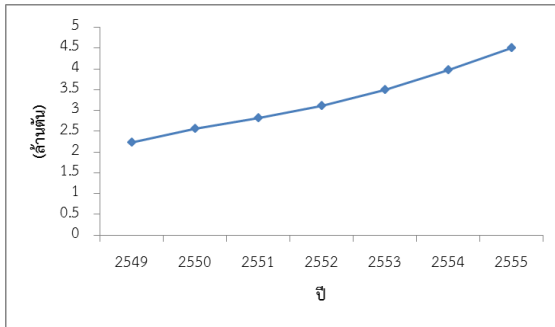
ของกรมประมงพบว่าอัตราแลกเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินด้วยอาหารสำเร็จรูปจนได้ปลาขนาดประมาณ 3-4 ตัวต่อกิโลกรัม มีค่าสูงถึง 1.4 [9] หากคิดที่ราคาอาหารกิโลกรัมละ 20 บาท ต้นทุนค่าอาหารจะมีค่าเท่ากับ 28 บาท และเมื่อเปรียบเทียบกับราคาขายส่งหน้าฟาร์มในปี พ.ศ. 2556 ที่มีค่าเพียง 37.30 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเกษตรกรมีผลตอบแทนเบื้องต้นไม่ถึง 10 บาทต่อกิโลกรัม และหากคำนวณต้นทุนอย่างอื่นด้วยยิ่งทำให้ผลตอบแทนน้อยลงไปอีก นอกจากนี้ผลตอบแทนของเกษตรกรอาจลดน้อยลงอีกหากจำหน่ายได้ในราคาต่ำเนื่องจากผลผลิตออกสู่จำหน่ายเป็นจำนวนมาก เกษตรกรจึงจำเป็นต้องปรับตัวโดยการลดต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุดโดยเฉพาะค่าอาหาร ซึ่งการที่จะลดต้นทุนค่าอาหารอย่างมีประสิทธิภาพนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการอาหารสำหรับการเลี้ยงปลานิล ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความรู้จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับโภชนาการอาหารของปลาชนิดนี้ เพื่อเป็นแนวทางหรือข้อมูลในการจัดการหรือควบคุมต้นทุนค่าอาหารให้อยู่ระดับที่เกษตรกรสามารถมีผลตอบแทนมากขึ้น รวมทั้งการลดต้นทุนค่าอาหารด้วยวิธีการอื่น เช่น การแทนที่ปลาป่นและน้ำมันปลาทะเลในสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบอื่น ๆ และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารและการเจริญเติบโต นอกจากนี้รายงานนี้ได้นำเสนอความเป็นมาและการพัฒนาสายพันธุ์ของปลานิลที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์หรือเลือกใช้สายพันธุ์ที่สามารถเพิ่มผลตอบแทนให้แก่เกษตรกรได้มากขึ้น

2. แหล่งกำเนิดสายพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลา

ในวงศ์ปลาหมอสี (Family Cichlidae) ซึ่งประกอบด้วยปลามากกว่า 600 ชนิด [7] แต่ที่อยู่ในกลุ่มปลานิล (*Tilapia*) มีอยู่จำนวน 70 ชนิด (species) [11] ปลากลุ่มนี้มีแหล่งกำเนิดตั้งแต่บริเวณตอนกลางค่อนข้างใต้ของทวีปแอฟริกาไปจนถึงประเทศอิสราเอล จอร์แดน และซีเรีย (ภูมิภาคตะวันออกกลาง) โดยปลากลุ่มปลานิลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแบ่งออกเป็น 3 สกุล (genus) ตามพฤติกรรมการดูแลไข่และลูกปลาวัยอ่อน ดังนี้ (1) *Sarotherodon* มีการสร้างรังและพ่อแม่ปลามีพฤติกรรมอมไข่และลูกปลาวัยอ่อน (2) สกุล *Oreochromis* มีการสร้างรังแต่เฉพาะแม่ปลาที่มีพฤติกรรมอมไข่และลูกปลาวัยอ่อน และ (3) สกุล *Tilapia* มีการสร้างรังแต่พ่อแม่ปลาไม่มีพฤติกรรมดังกล่าว โดยปลาหมอเทศ (*O. mossambicus*) เป็นปลาชนิดแรกที่ถูกนำไปเลี้ยงนอกแหล่งกำเนิด คือ ประเทศอินโดนีเซียในปี พ.ศ. 2482 และต่อมาการเลี้ยงได้แพร่หลายไปยังแถบอเมริกากลาง ตอนใต้ของอเมริกาเหนือ หมู่เกาะแคริบเบียน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้และตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย แต่ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตช้าและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทำให้ในเวลาต่อมาการเลี้ยงปลาชนิดนี้ถูกทดแทนด้วยปลานิล (*O. niloticus*) และปลานิลอิสราเอล (*O. aureus*) [12,13] ในบรรดาปลากลุ่มปลานิลซึ่งทั้งหมด 70 ชนิด ปลานิล (*O. niloticus*) เป็นปลาที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคิดเป็น 83 % ของปลาที่เลี้ยงทั่วโลก รองลงมาคือปลาหมอเทศคิดเป็น 4 % และปลานิลชนิดอื่น ๆ รวมกันอีก 13 % ได้แก่ ปลานิลอิสราเอล ปลานิลซาบาเกิ (*O. spilurus*) ปลานิลแซนชิบาร์ (*O. urolepis hornorum*) ปลานิลกาลิลี (*S. galilaeus*) ปลาหมอเทศข้างลาย (*S. melanotheron*) ปลานิลลอกแดง (*T. rendalii*) และปลานิลทองแดง (*T. zillii*) [14] ปัจจุบันปลากลุ่มปลานิลมีผลผลิตจากการเลี้ยงมากเป็นอันดับสองโลกรองจาก

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



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

การเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยได้เริ่มต้นขึ้นเมื่อสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะ ขณะดำรงพระอิสริยยศเป็นมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่นได้ถวายลูกปลานิลแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ จำนวน 50 ตัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 จากนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เลี้ยงปลานิลในบ่อดินภายในพระตำหนักสวนจิตรลดาจนได้ลูกปลาเป็นจำนวนมาก และเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 ได้ทรงพระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานลูกปลานิลจำนวนหนึ่งให้แก่กรมประมงเพื่อเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ต่อมาปลานิลที่มีต้นกำเนิดจากสวนจิตรลดาได้มีการแพร่กระจายพันธุ์ไปทั่วโลกและมีการเรียกกันว่า “ปลานิลจิตรลดา” [16] ทั้งนี้ปลานิลที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันมี 4 สายพันธุ์ คือ

2.1 ปลานิลจิตรลดา 1 เป็นปลานิลจิตรลดาที่คัดพันธุ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (within family selection) จำนวน 5 ชั่วอายุ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ และได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วย

งานรัฐและเกษตรกรรมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536

2.2 ปลานิลจิตรลดา 2 เป็นการนำพ่อพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์อียิปต์ที่มีการเปลี่ยนพันธุกรรมให้มีโครโมโซมเพศเป็น “YY” ที่เรียกว่า “YY-male” หรือ “Super male” ซึ่งผลิตโดยความร่วมมือระหว่าง FISHGEN ของ University of Wales ประเทศสหราชอาณาจักร กับ Central Luzon State University ประเทศฟิลิปปินส์ มาผสมกับแม่ปลานิลปกติ (XX-female) ได้ลูกปลานิลเพศผู้ 100 % ที่มีโครโมโซมเพศเป็น XY หรือที่เรียกว่าปลานิล GMT (Genetically male tilapia) ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วยงานรัฐและเกษตรกรรมตั้งแต่ปี 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 โดยระหว่างการพัฒนาพันธุ์พบว่าปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นประมาณ 12-17 % ต่อชั่วอายุ ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้นำเข้าปลานิล GIFT รุ่นที่ 5 เมื่อ พ.ศ. 2537 และรุ่นที่ 9 เมื่อ พ.ศ. 2537 เพื่อทดสอบปรับปรุงพันธุ์และกระจายพันธุ์ ซึ่งพบว่าปลานิลชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วกว่าปลานิลปกติ 85 %

2.4 ปลานิลจิตรลดา 3 เป็นปลานิลที่พัฒนาสายพันธุ์มาจากปลานิล GIFT รุ่นที่ 5 ได้ทดสอบพันธุ์และรักษาพันธุ์ให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงในประเทศไทย

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

การเจริญเติบโตเร็วและให้ผลผลิตสูง ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ไปสู่หน่วยงานรัฐและเกษตรกรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 [17]

นอกจากปลานิลแล้ว ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลแดงซึ่งเป็นปลาที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างชนิดกลุ่มปลานิล เนื่องจากมีสีคล้ายปลากะพงแดงทำให้มีราคาจำหน่ายสูงกว่าปลานิล มีการพบปลานิลแดงครั้งแรกที่ได้เห็นในช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 และเรียกกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงได้หัว” โดยเป็นการผสมข้ามระหว่างปลาหมอเทศกลายพันธุ์เพศเมียที่มีสีส้มแดงกับปลานิลเพศผู้ที่มีสีปกติ ต่อมาในทศวรรษที่ 1970 ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลแดงที่มัลรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา และเรียกกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงฟลอริดา” โดยเป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลแซนชิบาร์เพศเมียที่มีสีปกติกับปลาหมอเทศกลายพันธุ์เพศผู้ที่มีสีทองแดง และอีกสายพันธุ์หนึ่งเกิดจากการพัฒนาสายพันธุ์ในประเทศอิสราเอลที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “ปลานิลแดงอิสราเอล” เป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลกลายพันธุ์ที่มีสีชมพูกับปลานิลอิสราเอลที่จับจากธรรมชาติ [12] ส่วนปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยมีการค้นพบครั้งแรกที่สถานีประมงน้ำจืดอุบลราชธานีในปี พ.ศ. 2511 ต่อมา มีการพิสูจน์จนทราบว่า เป็นการผสมข้ามระหว่างปลาหมอเทศเพศผู้กับปลานิลเพศเมีย อีกชนิดคือปลานิลแดงทนเค็มซึ่งเป็นการผสมข้ามระหว่างปลานิลแดง 4 สายพันธุ์ คือ ปลานิลแดงไทย ปลานิลแดงได้หัว ปลานิลแดงสเตอร์ลิง (ปลานิลกลายพันธุ์มีสีแดงอมชมพู) และปลานิลแดงมาเลเซีย (ผสมข้ามระหว่างปลาหมอเทศเพศผู้กับปลานิลเพศเมีย ปลา มีสีชมพูอมขาว) โดยสายพันธุ์นี้สามารถเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มสูง (25-30 ส่วนต่อพันส่วน) ต่อมา มีการตั้งชื่อว่า “ปลานิลแดงทนเค็มสายพันธุ์ปทุมธานี” ขณะเดียวกันบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด ได้พัฒนาสายพันธุ์ปลานิลแดงและได้รับ

พระราชทานนามจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวว่า “ปลาทับทิม” [16]

3. ชีววิทยาการกินอาหาร ระบบการย่อยอาหารและการปรับตัวต่อสภาพสิ่งแวดล้อม

ปลานิลมีฟันขนาดเล็กบริเวณคอดอยและขากรรไกร ทางเดินอาหารมีความยาวประมาณ 5-8 เท่าของลำตัวและไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริง แต่มีส่วนของลำไส้ที่โป่งเป็นกระเปาะเรียกว่ากระเพาะอาหารดัดแปลง (modified stomach) ที่มีประสิทธิภาพคล้ายคลึงกับกระเพาะอาหารจริง เช่น สามารถสร้างกรดที่มีความเป็นกรดสูงทำให้สามารถย่อยซากพืชซากสัตว์และแพลงก์ตอนพืชได้ดี และสามารถผลิตต่างสำหรับปรับความเป็นกรดต่างของอาหารก่อนการย่อยอาหารในกระบวนการถัดไป [18] ปลานิลสามารถกรองกินอาหารจากมวลน้ำได้แม้จะไม่ประสิทธิภาพเท่ากับปลาที่มีพฤติกรรมกรองกินอย่างแท้จริง เช่น ปลาแอรัง ปลาทุลแล ปลาชาร์ดินหรือปลาเกล็ดเงิน (ปลาเล่ง) โดยปลานิลสร้างเมือกบนเหงือกเพื่อดักจับแพลงก์ตอนพืชจากนั้นเมื่อได้แพลงก์ตอนพืชปริมาณมากพอปลาจะกลืนก่อนเมือกนี้เข้าสู่ทางเดินอาหาร ทั้งนี้ปลานิลสามารถดักจับแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 5 ไมโครเมตร ได้ [12,13] ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารตลอดเวลาในปริมาณมาก เนื่องจากไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริงเหมือนปลาอื่น แม้แต่พฤติกรรมการกินอาหารจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดและอายุ เช่น ปลาขนาดเล็กจะกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หรือตัวอ่อนของสัตว์ขนาดเล็ก ปลาขนาดน้อยกว่า 35 กรัม มีแนวโน้มกินแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่เป็นหลักและเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถกินซากพืชซากสัตว์ได้แต่ส่วนใหญ่จะกินแพลงก์ตอนพืช [18,19] เมื่อพิจารณาถึงกลไกการย่อยแพลงก์ตอนพืชและซากพืชของปลานิลเกิดจากการ

ทำงานของ 2 ส่วน คือ แผ่นพื้นขนาดเล็กบริเวณคอหอยที่ทำหน้าที่บดอาหารและความเป็นกรดต่างที่น้อยกว่า 2 ซึ่งกลไกเหล่านี้ช่วยย่อยผนังของเซลล์แพลงก์ตอนพืช แบคทีเรีย [รวมถึงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือที่เรียกว่าไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria)] และพืชได้ นอกจากนี้ปลานิลมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากสัตว์ได้ใกล้เคียงกับปลากดอเมริกันหรือที่ประเทศไทยเรียกว่าปลากดหลวง (Channel catfish, *Ictalurus punctatus*) แต่มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนจากพืชได้ดีกว่าโดยเฉพาะพืชที่มีใยอาหารมาก ในสภาพการเลี้ยงที่มีการให้อาหารเป็นครั้งคราว อาหารธรรมชาตินับเป็นแหล่งของสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของปลานิลได้ถึง 30-50 % และอาหารธรรมชาติยังเป็นแหล่งของสารอาหารประมาณหนึ่งในสามของสารอาหารที่ปลานิลได้รับเมื่อเลี้ยงแบบพัฒนาที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำหรือเปลี่ยนน้ำน้อย [13]

ปลานิลสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี เช่น ทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนต่อพันส่วน แต่เจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 15 ส่วนต่อพันส่วน ขณะที่ปลานิลสีราเอลเจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนต่อพันส่วน นอกจากนี้ความเค็มที่เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์ของปลานิลคือไม่ควร

เกิน 5 ส่วนต่อพันส่วน แม้ว่าปลานิลจะทนต่ออุณหภูมิที่สูงถึง 40 องศาเซลเซียส แต่จะอ่อนแอและติดเชื้อง่ายหากอุณหภูมิสูงกว่า 37-38 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิต่ำที่ทำให้ปลานิลตายได้คือ 10-11 องศาเซลเซียส ขณะที่ปลานิลสีราเอลสามารถทนต่ออุณหภูมิที่ 8-9 องศาเซลเซียสได้ ทั้งนี้ปลานิลจะหยุดสืบพันธุ์หากอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และหยุดกินอาหารหากอุณหภูมิต่ำกว่า 16-17 องศาเซลเซียส นอกจากความเค็มและอุณหภูมิแล้ว ออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต แม้ว่าปลานิลสามารถทนอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสามารถสูบอากาศได้จากผิวหนัง อย่างไรก็ตาม ออกซิเจนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลานิล คือต้องมากกว่า 2-3 มิลลิกรัมต่อลิตร [12,13] นอกจากนี้คุณภาพน้ำอื่น ๆ ที่เหมาะสมสำหรับปลานิลแสดงในตารางที่ 1 [20]

4. ความต้องการสารอาหารของปลานิล

4.1 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น

โปรตีนในอาหารเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมและที่สามารถอาศัยอยู่ได้สำหรับปลานิล [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
ความเป็นกรดต่าง (pH)	-	6.5-8.5	5-10
แอมโมเนีย (NH ₃)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.0125
ไนไตรท์ (nitrite, NO ₂ ⁻)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.1-0.2
ไนเตรท (nitrate, NO ₃ ⁻)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-	0.0-3.0

สำคัญสำหรับการสร้างกล้ามเนื้อ เอนไซม์ หรือ แอนติบอดี ในสัตว์ [18] แต่การศึกษาความต้องการ กรดอะมิโนนั้นทำได้ยากและต้องใช้ระยะเวลา นาน ดังนั้นงานวิจัยจำนวนมากได้เน้นศึกษาความต้องการ โปรตีนซึ่งเป็นการศึกษาทางอ้อม โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับอายุ ขนาดและ สภาพน้ำ เช่น ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำและ อุณหภูมิ [21] โดย Jauncey [22] รายงานว่าระดับ โปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลานิลขนาด 0.5, 0.5-10, 1-30 และ 30 กรัมขึ้นไป ควรมีค่าเท่ากับ 40-45, 30-35, 25-30 และ 25-30 % ตาม ลำดับ ขณะที่ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลานิลนั้นมีคำแนะนำ ดังแสดงในตารางที่ 2 [23-25] ทั้งนี้ข้อมูลส่วนใหญ่อำนาจจากปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในตัวปลา นิล ปัจจุบันมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการ กรดอะมิโนจำเป็นบางชนิด เช่น ปลานิลขนาด ประมาณ 5.6 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 28 % ต้องการเมไทโอนีนจากอาหารเท่ากับ 1.75 % ของ โปรตีน หากมีการกำหนดให้มีซิสทีนในอาหารเท่ากับ 1.61 % ของโปรตีน (ผลรวมของเมไทโอนีนและซิสทีน เท่ากับ 3.36 % ของโปรตีน) [26] และจากแนวคิด โปรตีนในอุดมคติที่อาหารปลานิลควรมีสัดส่วนของ ผลรวมของเมไทโอนีนและซิสทีนต่อไลซีนเท่ากับ 0.6 ดังนั้นอาหารสำหรับปลานิลขนาดเล็กควรมีไลซีน เท่ากับ 5.6 % ของโปรตีน [27] แต่เมื่อทดลองในปลา ขนาด 550-700 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 26.2 % พบว่าความต้องการของเมไทโอนีนและซิสทีน สำหรับการเจริญเติบโตลดลงเหลือเพียง 2.36 % ของ โปรตีน แต่หากต้องการให้ปลานิลมีปริมาณเนื้อ (fillet yield) ที่ดีควรกำหนดปริมาณของกรดอะมิโนทั้งสอง เพิ่มขึ้นเป็น 2.59 % ของโปรตีน [28] อีกงานวิจัยหนึ่งเป็น การศึกษาความต้องการไลซีนที่น้อยได้ของปลานิล ขนาด 1.4 กรัม ซึ่งพบว่าปลาที่มีความต้องการไลซีน

ประมาณ 5.41 % ของโปรตีน เมื่อเลี้ยงอาหารที่มี ระดับโปรตีนที่น้อยได้ประมาณ 28 % และมีการ กำหนดอัตราส่วนของอาร์จินต่อไลซีน เท่ากับ 1.3:1 [29] ส่วนปลานิลขนาด 3 กรัม ต้องการทรีโอนีนจาก อาหารประมาณ 4.74 % ของโปรตีน [30]

4.2 ความต้องการไขมันและกรดไขมันจำเป็น

โดยทั่วไปอาหารปลานิลที่จำหน่ายในท้องตลาดมีไขมันประมาณ 5 % ซึ่งเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตแต่ระดับไขมันในอาหารอาจสูงถึง 10-15 % ได้ [31] ซึ่งใกล้เคียงกับคำแนะนำสำหรับอาหาร ปลานิลที่ระบุว่าควรมีระดับไขมันประมาณ 5-12 % การเพิ่มระดับไขมันสามารถช่วยลดระดับโปรตีนได้ในอาหารหรือช่วยให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์โปรตีนได้ อย่างเต็มที่ (protein sparing effect) สำหรับลูกปลา รวยอ่อนหรือขนาดเล็กควรเพิ่มระดับไขมันในอาหารเป็น 8-12 % และลดลงเหลือ 6-8 % เมื่อปลามีขนาดใหญ่ ขึ้น [32] จากการทดลองของ Hooley [33] พบว่าการเพิ่มระดับไขมันในอาหารจาก 6 เป็น 9 % ทำให้ปลา นิลขนาดเล็กที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 28, 32 และ 36 % มีการเจริญเติบโตดีขึ้น และเมื่อเทียบระหว่าง ระดับโปรตีนนั้นพบว่าการเพิ่มระดับไขมันในอาหาร จาก 6 เป็น 9 % ทำให้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี โปรตีน 28 % เจริญเติบโตใกล้เคียงกับปลาที่เลี้ยงด้วย อาหารที่มีโปรตีน 32 และ 36 % ที่มีระดับไขมัน เท่ากับ 6 % เมื่อพิจารณาในส่วนของการต้องการ กรดไขมันจำเป็นนั้นปลานิลไม่สามารถสร้างกรดไขมัน จำเป็น เช่น กรดไลโนเลอิก (18:2n-6, linoleic acid, LOA) และกรดไลโนเลนิก (18:3n-3, linolenic acid, LNA) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร แต่ปลานิล สามารถใช้กรดไขมันเหล่านี้ในการสร้างกรดไขมัน จำเป็นที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้นได้ เช่น LOA สำหรับการ สร้างกรดอะราคิโดนิก (20:4n-6, arachidonic acid, ARA) และ LNA สำหรับการสร้างอีพีเอ (20:5n-

3, eicosapentaenoic acid, EPA) และดีเอชเอ (22:6n-3, docosahexaenoic acid, DHA) โดยงานวิจัยในอดีตรายงานว่าปลานิลต้องการ LOA ประมาณ 0.5 % ของอาหาร และระบุว่าปลานิลมีความมีความต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากกว่ากลุ่ม n-3 [34] แต่ Ng [31] แนะนำว่าอาหารปลานิลควรมีกรดไขมันกลุ่ม n-6 และกรดไขมันกลุ่ม n-3 ที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 2 ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลานิล (% ของโปรตีน)

กรดอะมิโน	[23]	[24]	[25]
อาร์จินีน (Arginine, Arg)	4.20	3.50-4.40	4.10
ซิสทีน (Cystine, Cys)	0.53	-	2.10
ฮิสติดีน (Histidine, His)	1.72	1.30-1.90	1.50
ไอโซลิวซีน (Isoleucine, Ile)	3.11	3.20	2.60
ลิวซีน (Leucine, Leu)	3.39	2.80-3.60	4.30
ไลซีน (Lysine, Lys)	5.12	4.60-5.60	-
เมไทโอนีน (Methionine, Met)	2.68	3.20	1.30
ฟีนิลอะลานีน (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
วาเลีน (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 โดยผลรวมของกรดไขมันทั้งสองกลุ่มควรมีค่าประมาณ 0.5-1 % ของอาหาร งานวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยในปี พ.ศ. 2556 ที่พบว่าปลานิลขนาดเล็กต้องการ 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] พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกรดไขมันจำเป็น LOA เพียงอย่างเดียวเจริญเติบโตดีกว่าการใช้ ARA เป็นกรดไขมันจำเป็นเพียงอย่างเดียว ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปลานิลสามารถสังเคราะห์ ARA ได้จาก LOA ได้อย่างเพียงพอ [31] ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเสริม ARA หรือเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นแหล่งกรดไขมันชนิดนี้ลงในสูตรอาหารอีก

4.3 ความต้องการพลังงานและคาร์โบไฮเดรต

ปลานิลต้องการพลังงานที่น้อยได้ประมาณ 8.2-9.4 กิโลแคลอรีต่อกรัมโปรตีน [12] ทั้งนี้ความต้องการพลังงานของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ น้ำ และขนาดสัตว์ เช่น สัตว์น้ำมีอัตราใช้พลังงานสูงขึ้นหากอุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับขนาดของสัตว์น้ำโดยสัตว์น้ำขนาดเล็กใช้พลังงานในอัตราที่สูงกว่าสัตว์น้ำขนาดใหญ่ ทั้งนี้พลังงานที่สัตว์น้ำได้รับนั้นได้จากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อย่างไรก็ตาม อาหารควรมีไขมันและคาร์โบไฮเดรตในระดับที่เหมาะสมเพื่อลดการสร้างพลังงานจากโปรตีน [18] แม้ไม่มีหลักฐานชัดเจนว่าสัตว์น้ำต้องการคาร์โบไฮเดรตแต่สัตว์น้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้นในการสร้างกรดนิวคลีอิกและกรดอะมิโนรวมทั้งมีหน้าที่ช่วยให้เม็ดอาหารเกาะตัวกันดียิ่งขึ้น นอกจากนี้มีรายงานว่าปลานิลสามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ในทางเดินอาหารได้ ดังนั้นปลานิลจึงใช้ประโยชน์คาร์โบไฮเดรตได้ดี [18] สำหรับอาหารปลานิลนั้นสามารถแบ่งได้ถึง 46 % แต่ระดับที่เหมาะสมสำหรับปลาขนาดเล็กไม่ควรเกิน 22 % [37] จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้สรุปได้ว่าแบ่งในอาหารปลานิลควรมีค่าอยู่ในช่วง 20-50 % และสามารถเพิ่มระดับแบ่งใน

สูตรอาหารได้มากขึ้นเมื่อปลา มีขนาดใหญ่ขึ้น แม้ว่าปลานิลไม่สามารถย่อยใยอาหารได้ซึ่งส่วนใหญ่คือเซลลูโลส [13] แต่ระดับใยอาหาร 7-10 % ไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารของปลานิล อย่างไรก็ตาม อาหารสำหรับปลานิลขนาดเล็กไม่ควรมียาอาหารเกิน 5-6 % [38-40]

4.4 ความต้องการวิตามินและแร่ธาตุ

ในสภาพการเลี้ยงที่มีอาหารธรรมชาติและเลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำปลานิลได้รับวิตามินจากอาหารธรรมชาติอย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นต้องเสริมวิตามินลงในอาหารสำเร็จรูปหากเลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูง ความต้องการวิตามินบางชนิดทั้งจากการทดลองและคำแนะนำเกี่ยวกับความต้องการวิตามินของปลานิลแสดงในตารางที่ 3 [38,39,41,42] วิตามิน 2 ชนิด คือ โคบาลามีน (B_{12}) และอินซิทอล ที่ไม่มีคำแนะนำเนื่องจากจุลินทรีย์ในลำไส้ของปลานิลสามารถสังเคราะห์วิตามินทั้งสองชนิดนี้ได้และแปลงก๊ตอนพืชที่ปลากินเข้าไปยังแหล่งของวิตามิน ไทอะมีน (B_1) ไรโบฟลาวิน (B_2) และ ไพโอติน (B_7) ด้วย [18] จากข้อมูลในตารางที่ 3 [38,39,41,42] จะเห็นว่าความต้องการวิตามินที่มีการศึกษาแล้วได้แก่ วิตามินเอ อีและซี แต่ยังเหลือวิตามินอีกหลายชนิดที่ยังไม่มีการศึกษาทั้งนี้เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง เช่น ต้องใช้วัตถุดิบสังเคราะห์ที่มีราคาแพงในการผลิตอาหารได้แก่ เคซีนและเดกตริน อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ยังไม่มีข้อมูลความต้องการวิตามินอีกหลายชนิดอย่างชัดเจน อาจมีการใช้ข้อมูลความต้องการวิตามินเหล่านั้นจากการศึกษาในปลาที่ใกล้เคียงกัน เช่น ปลานิลอิสราเอล (*O. aureus*) และปลานิลแดงที่เป็นลูกผสมของปลานิลกับปลาชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้อาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีวิตามินแต่ละชนิดในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของปลานิลอยู่แล้วเนื่องจากการเติมวิตามินชนิดต่าง ๆ ในระดับที่มากเกินไปกับ

ความต้องการ เพื่อป้องกันการสูญเสียระหว่างการผลิตอาหารสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์และระหว่างการเก็บรักษาอาหาร [42] อย่างไรก็ตาม การศึกษาความต้องการวิตามินของปลานิลให้ครบทุกชนิดยังคงมีความจำเป็นและมีประโยชน์มากสำหรับการลดต้นทุนการผลิตอาหารปลานิล เนื่องจากอาจใช้เป็นค่าตั้งต้นในการคิดสัดส่วนการชดเชยการสูญเสียวิตามินแต่ละชนิดที่เหมาะสมซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ ความต้องการแร่ธาตุของปลานิลทั้งจากการทดลองและคำแนะนำแสดงในตารางที่ 4 [38,39,41,42] ทั้งนี้การศึกษาความต้องการแร่ธาตุของปลานิลก็มีน้อยเช่นกัน โดยความต้องการแร่ธาตุที่มีการศึกษาแล้ว ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสี และแมงกานีส ที่มีค่าเท่ากับ <9,000, 590-770, 30 และ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับความต้องการวิตามิน ระดับแร่ธาตุสำหรับการผลิตอาหารปลานิลอาจใช้ค่าจากการศึกษาในปลานิลอิสราเอลและปลานิลแดงลูกผสมดังแสดงในตารางที่ 4 หรืออาจอ้างอิงจากการศึกษาในปลานิลแดงลูกผสม อื่น ๆ เช่น (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) ที่มีความต้องการฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 7,600-7,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร [43]

5. การกินอาหารของปลานิลและการให้อาหาร

5.1 ผลของพลังงานในอาหารและขนาดของปลาต่อการกินอาหาร

โดยทั่วไปการกินอาหารของสัตว์น้ำในแต่ละวันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างโดยเฉพาะพลังงานหากอาหารมีพลังงานมากเกินไปทำให้สัตว์น้ำอิ่มเร็วและนำไปสู่การขาดแคลนสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ ได้ [18] โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงและมีใยอาหารต่ำทำให้ปลากินอาหารลดลงแต่ได้รับพลังงานจากอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่

ตารางที่ 3 ความต้องการวิตามินของปลานิล (มิลลิกรัมหรือหน่วยสากล (IU) ต่อกิโลกรัมอาหาร)

วิตามิน	ผลการศึกษา [38]	คำแนะนำ [39]	ผลการศึกษา [41]	คำแนะนำ [42]
ไทอะมิน (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
กรดแพนโททิก (B ₅)	(6-10) ²	35	(10) ¹	40
ไพริดอกซิน (B ₆)	(1.7-9.5) ³	11	(15.0-16.5) ³	20
ไบโอติน (B ₇)	(0.06) ³	-	(0.06) ³	60
กรดโฟลิก (B ₉)	(0.82) ³	5	(0.5) ¹	-
โคบาลามิน (B ₁₂)	-	0.01	-	0.5
โคลีน	(1,000) ³	275	(1,000) ³	2,000
อินซิทอล	-	-	-	400
ซี (C, กรดแอสคอร์บิก)	(50, 420) ¹	375	(19) ³	200
เอ (A, เรตินอล)	(5,000) ¹	4400	(5,850-6,970 IU) ³	2,000,000 IU
ดี (D, โคลีแคลซิเฟอรอล)	(375 IU) ³	2200	(375 IU) ³	2,000,000 IU
อี (E, แอลฟาโทโคฟีรอล)	(10) ¹	66	(42-44, ไขมัน 5 %) ³	100
	(10-25) ²	-	(60-66, ไขมัน 12 %) ³	-
เค (K, เมนาไดโอน)	-	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*)

มีพลังงานต่ำและใยอาหารสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงจะพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีใยอาหารต่ำมีอัตราการกินอาหารที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าและได้รับพลังงานจากอาหารลดลงมากกว่าปลาที่เลี้ยงอาหารที่มีใยอาหารสูง ทั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับระดับกลูโคสในเลือดที่เป็นตัวควบคุมการกินอาหาร [44] โดยปริมาณสารอาหารในเลือด เช่น กลูโคส เป็นสื่อสัญญาณระหว่างกระเพาะอาหารและสมอง โดยเมื่อระดับกลูโคสในเลือดสูงจะมีการส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนไฮโปทาลามัสเพื่อสั่งการให้ปลาหยุดกินอาหาร นอกจากนี้ขนาดของปลายัง

มีผลต่อการกินอาหารเนื่องจากปลาขนาดเล็กมีความต้องการสารอาหารและพลังงานที่สูงกว่าปลาขนาดใหญ่เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า โดยอัตราการกินอาหารของปลานิลขนาดเล็ก (1 กรัม) อาจสูงถึง 30 % ของน้ำหนักตัว จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงเมื่อปลายามีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น เหลือ 3 % เมื่อปลานิลมีน้ำหนักมากกว่า 100 กรัม [18]

5.2 ผลของก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำต่อการกินอาหาร

การกินอาหารยังสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำและขนาดของสัตว์น้ำ โดยปกติ

ตารางที่ 4 ความต้องการแร่ธาตุของปลานิล (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)

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	-
โปแตสเซียม (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*)

อัตราการกินอาหารของปลานิลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงปลานิลขนาดใหญ่มีอัตราการกินอาหารที่ลดลงมากกว่าปลานิลขนาดเล็ก เนื่องจากปลาขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการรับออกซิเจนมากกว่าปลาขนาดใหญ่เพราะมีพื้นที่ผิวของเหงือกเมื่อเทียบกับขนาดมากกว่าปลาขนาดใหญ่ [45] โดยระดับก๊าซออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมสำหรับการกินอาหารของปลานิลขนาดเล็กกว่า 100 กรัม ไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ปลานิลขนาดใหญ่กว่า 200 กรัม จะกินอาหารเมื่อมีก๊าซออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่าที่เหมาะสมคือ การกินอาหารและการเจริญเติบโตคือไม่ต่ำกว่า 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อก๊าซออกซิเจนละลายน้ำลดลงทำ

ให้ปลานิลต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพลดลงและระดับก๊าซออกซิเจนละลายน้ำที่ลดลงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลงด้วย [46]

5.3 ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหาร

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกินอาหารเช่นกันเนื่องจากปลานิลเป็นสัตว์เลือดเย็นที่มีการปรับอุณหภูมิของร่างกายให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปลานิลจะกินอาหารมากขึ้นเพื่อสร้างพลังงานความร้อนที่ทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในทางตรงข้ามหากอุณหภูมิน้ำลดลงปลานิลจะกินอาหารลดลงไปด้วย โดยอัตราการกินอาหารของปลานิล (% ของน้ำหนักตัว) อาจคำนวณได้จากสมการ $F = 2T/(100KL)$ เมื่อ F คืออัตราการกินอาหาร T คืออุณหภูมิ (°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 ปลาดุกจะกินอาหารอาหารอัดเม็ดและตากจนแห้งที่มีความแข็งมากกว่าอาหารอัดเม็ดที่ไม่ตากแดดหรือกินอาหารชนิดลอยน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอาหารชนิดจมน้ำ [18] ขนาดของอาหารนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกินอาหารเนื่องจากปลานิลเป็นปลาชอบกินอาหารขนาดเล็ก โดยการเลี้ยงปลานิลขนาดเล็กควรให้อาหารสำเร็จรูปแบบเกล็ดหรือแบบเม็ดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 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 คือใช้แรงงานคนและใช้เครื่องทุ่นแรงซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน โดยการให้อาหารด้วยแรงงานคนมีข้อดีคือสามารถให้อาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำจนปลาอิ่มได้ แต่ข้อเสียคือไม่เหมาะสมกับบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ที่คนเลี้ยงต้องเสียเวลาเดินรอบบ่อหรือพายเรือในบ่อเพื่อหว่านอาหาร ขณะที่การใช้เครื่องทุ่นแรง ได้แก่ เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (Automatic feeder) และเครื่องให้อาหารตามความต้องการ (Demand feeder) [18] โดยเครื่องอาหารแบบอัตโนมัติมีข้อดีคือไม่ต้องใช้แรงงานคนและสามารถตั้งเวลาและจำนวนครั้งการให้อาหารได้ แต่มี

ข้อเสียคือปริมาณอาหารที่ให้อาจไม่เพียงพอหรือเหลือ โดยเฉพาะอาหารชนิดจมน้ำที่ไม่สามารถประเมินว่าอาหารเหลือหรือหมดได้ 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 อัตราและความถี่การให้อาหาร

อัตราและความถี่ในการให้อาหารนั้นสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับขนาดสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำขนาดเล็กมีความต้องการอาหารในอัตราต่อน้ำหนักตัวสูงเนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและระบบการย่อยอาหารยังไม่สมบูรณ์ [18] โดยคำแนะนำสำหรับอัตราและความถี่ในการให้อาหารปลานิลดังแสดงในตารางที่ 5 [49-52] ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาในปลานิลขนาดเล็ก (1.1 กรัม) มีอัตราการกินอาหาร

ประมาณ 5-7 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน ขณะที่อัตราการกินจะลดเหลือ 3 และ 1.2 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับปลานิลขนาดกลาง (77.9 กรัม) และปลานิลขนาดใหญ่ (258 กรัม) ตามลำดับ [21] แม้ว่าความถี่ในการให้อาหารจะมีความสำคัญรองลงมาจากการอัตราการให้อาหารแต่ก็มีความสำคัญในแง่ที่ทำให้ปลาได้รับอาหารอย่างเพียงพอกับอัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งความต้องการพลังงานและความสามารถในการรองรับอาหารของกระเพาะอาหาร โดยมีคำแนะนำว่าควรให้อาหารลูกปลาวัยอ่อนวันละ 8-10 ครั้ง เนื่องจากปลาใช้อัตราการเจริญเติบโตสูง ต้องการพลังงานมากและกระเพาะอาหารดัดแปลงมีขนาดเล็ก จากนั้นสามารถลดจำนวนครั้งของการให้อาหารลงได้เมื่อปลาขนาดใหญ่ขึ้น เช่น จำนวนมื้อการให้อาหารอาจลดเหลือ 4 ครั้งต่อวัน [48,53] แต่ทั้งนี้การให้อาหารปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นแต่ละมื้อควรมีระยะเวลาห่างกันประมาณ 4-5 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงเวลา que ปลาเริ่มหิวเพราะอาหารในกระเพาะอาหารเหลือน้อย [48]

6. การแทนที่ปลาป่นในสูตรอาหารด้วยแหล่งโปรตีนอื่น

6.1 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยแหล่งโปรตีนอื่น

เนื่องจากปลาป่นมีระดับโปรตีนสูงและกรดอะมิโนจำเป็นที่สมดุลกับความต้องการของสัตว์น้ำ รวมทั้งย่อยง่ายและเป็นสารดึงดูดการกินอาหาร ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ [51] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันราคาปลาป่นมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากผลผลิตปลาป่นที่ลดลงทำให้อาหารสัตว์น้ำทุกชนิดที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนรวมทั้งปลานิลมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งการผลิตปลาป่นยังถูกมองว่ามีส่วนในการทำลายวงจรชีวิตของปลาที่เป็นอาหารของมนุษย์ เนื่องจากลูกปลาเศรษฐกิจจำนวนมากถูกจับขณะทำ

การประมงด้วยเครื่องมือที่ผิดกฎหมายและถูกนำมาผลิตปลาป่น นอกจากนี้ยังมีการใช้ปลาเศรษฐกิจบางชนิดเป็นอาหารโดยตรงแก่ปลาที่เลี้ยงด้วย เช่น ปลากระพงขาว แรงกดดันเหล่านี้ได้ทำให้การหาแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นสำหรับการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [54-56] โดยมีการคาดการณ์ว่าระดับปลาป่นในสูตรอาหารปลากลุ่มปลานิล (Tilapia) จะลดลงจากระดับ 3 % ในปี พ.ศ. 2553 เหลือเพียง 2 และ 1 % ภายในปี พ.ศ. 2558 และ 2563 ตามลำดับ [57] ทั้งนี้การแทนที่ปลาป่นด้วยใช้แหล่งโปรตีนที่ราคาถูกกว่านับเป็นอีกวิธีการในการลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เองหรือเป็นการควบคุมต้นทุนวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยทั่วไปประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารเป็นหลักเกณฑ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการคัดเลือกแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น โดยงานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารจากแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ในปลานิลนั้นมีจำนวนมากเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย แต่เพื่อเป็นประโยชน์การผลิตอาหารทั้งระดับฟาร์มและโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำรายงานนี้จึงนำเสนอเฉพาะแหล่งโปรตีนที่สามารถผลิตได้เชิงอุตสาหกรรมและมีความสะดวกในการจัดหา (high availability) เท่านั้น โดยประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารของแหล่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6 [20, 58-62]

อย่างไรก็ตาม การใช้แหล่งโปรตีนพืชจำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณสารยับยั้งโภชนาการ (anti-nutritional factor, ANF) เช่น กรดไฟติก แทนนิน และทริปซินอินฮิบิเตอร์ [63] ในอาหารที่ต้องไม่สูงจนกระทบการย่อยสารอาหาร การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต มีรายงานว่าอาหารที่มีแทนนินทั้งชนิดละลายและไม่ละลายน้ำอัตรา 1.5 % ทำให้ปลานิลกินอาหารและเจริญเติบโตลดลง [64] นอกจากนี้ระดับ

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารจากวัตถุดิบของปลานิล

ขนาดปลา (ก.)	วัตถุดิบ	ประสิทธิภาพการย่อย (%)				อ้างอิง
		วัตถุแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	พลังงาน	
8.7	กากถั่วเหลือง	77.47	94.50	96.84	85.99	[20]
	กากเมล็ดฝ้าย	68.55	84.93	98.95	58.43	
	กากถั่วลิสง	74.33	90.01	95.43	81.45	
	เปลือกถั่วลิสง	60.62	27.67	79.64	34.67	
15.0	กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	90.90	87.40	92.10	87.30	[58]
	โปรตีนข้าวโพด	93.20	89.00	94.00	89.00	
25.0	กากคาโนล่า	77.84	86.38	88.19	71.99	[59]
77.7	โปรตีนคอนเซนเตรทจากปลา	90.56	94.48	-	92.70	[60]
	กากถั่วเหลืองไขมันเต็ม	75.86	86.99	-	74.84	
	กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	85.83	93.46	-	82.16	
	โปรตีนข้าวโพด	85.65	83.03	-	82.36	
	ไก่ป่น	56.99	69.3	-	73.47	
	ขนไก่ไฮโดรไลซ์	54.09	45.53	-	49.11	
	ฮีโมโกลบินแบบแบบผง	76.13	85.79	-	75.96	
100.0	กากคาโนล่า	66.38	87.00	98.34	74.59	[61]
-	ไก่ป่น	56.99	69.3	-	73.47	[62]
	ขนไก่ป่น	54.09	45.33	-	49.11	
	เลือดป่น	76.13	85.79	-	75.96	
	กากถั่วเหลือง	85.83	93.46	-	82.16	
	กากถั่วเหลืองไขมันเต็ม	75.86	86.99	-	74.84	

ทริปซินอินฮิเตอร์และกรดไฟติกในอาหารที่มากขึ้นสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลานิลที่ลดลง [65,66] ดังนั้นเพื่อป้องกันผลกระทบดังกล่าวจึงมีคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้แหล่งโปรตีนพืชสำหรับผลิตอาหารปลานิล เช่น ควรใช้กากถั่วเหลือง กากคาโนล่า/เรปส์ดและกากเมล็ดฝ้าย ในอัตรา 20-60, 20-40, 1-25 % ตามลำดับ [67] ขณะที่กรดไฟติกเป็นสารที่ขัดขวางการย่อยและการดูดซึมสารอาหารโดยเฉพาะ

โปรตีนกับฟอสฟอรัสและทนต่อความร้อนได้ดี [63] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่เน้นศึกษาวิธีการลดกรดไฟติกทั้งในวัตถุดิบอาหารโดยตรงหรือในอาหารแต่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการใช้เอนไซม์ไฟเตสซึ่งปัจจุบันมีการผลิตเชิงอุตสาหกรรมและมีการจำหน่ายแพร่หลายมากขึ้น มีรายงานว่าความหมักวัตถุดิบพืชด้วยเอนไซม์ไฟเตสอัตรา 1,000 หน่วยต่อกิโลกรัม (pre-treatment) ทำให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการ

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

6.2 การแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนอื่น

ดังที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการแทนที่ปลาป่นจำนวนมากทั้งการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและวัตถุดิบที่มีการซื้อขายโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม รายงานนี้นำเสนอเฉพาะการแทนที่ปลาป่นด้วยวัตถุดิบที่สามารถผลิตได้เชิงอุตสาหกรรมและมีความสะดวกในการจัดหา ผลการแทนที่ของปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 7 [20,71-80] ทั้งนี้ในรายงานนี้ได้ใช้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อเป็นตัวชี้วัดหลักในการพิจารณาระดับความสำเร็จของการแทนที่ โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความสำเร็จในการแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนอื่นสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระดับปลาป่นในสูตรอาหาร โดยหากมีระดับปลาป่นในสูตรอาหารไม่สูงทำให้สามารถแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนอื่นได้ในอัตราสูง เช่น สามารถใช้ไก่ป่นแทนที่ปลาป่นได้ 100 % สำหรับสูตรอาหารที่มีปลาป่น 6 % [74] อีกปัจจัยคือประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของแหล่งโปรตีนแต่ละชนิดโดยหากแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนที่ย่อยง่ายทำให้สามารถแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนนั้นได้ในอัตราสูง เช่น สามารถใช้โปรตีนข้าวโพดแทนที่ปลาป่นได้ 75 % สำหรับปลานิล

ขนาด 5.4 กรัม ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีปลาป่น 20 % [79] ขณะที่สามารถใช้ชนไก่ป่นหมักแทนที่ปลาป่นได้เพียง 50 % ทั้งที่ปลาป่นมีขนาดใหญ่กว่าคือ 123 กรัม และมีปลาป่นในสูตรอาหารมากกว่า คือ 25 % [80] ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลย่อยสารอาหารจากชนไก่ป่นหมักได้น้อย (ตารางที่ 6) และแม้ว่าไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบที่ชัดเจนแต่การแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนชนิดใด ๆ ในปลาที่มีขนาดใหญ่จะสามารถแทนที่ได้ในอัตราที่สูงกว่าปลาขนาดเล็ก ทั้งนี้เกิดจากประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนที่สูงขึ้น [58,60]

7. การแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันชนิดอื่น

น้ำมันปลาทะเลมีความจำเป็นสำหรับการผลิตอาหารปลานิลเนื่องจากเป็นแหล่งกรดไขมันกลุ่ม n-3 [31] แต่ปัจจุบันราคาน้ำมันปลาทะเลสูงขึ้นเป็นอย่างมากเช่นเดียวกับปลาป่นทำให้ราคาอาหารสัตว์น้ำที่ใช้ น้ำมันปลาทะเลสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความพยายามแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันชนิดอื่นเพื่อควบคุมไม่ให้อัตราต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตอาหารสูงเกินไป อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในการแทนที่ด้วยน้ำมันชนิดอื่นนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและสมดุลของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหาร เนื่องจากปลานิลต้องการกรดไขมันทั้งสองกลุ่มนี้ใกล้เคียงกัน [35] โดย Sagne และคณะ [81] พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีปลาป่นและน้ำมันปลาทะเลเท่ากับ 33.4 และ 4.8 % ตามลำดับ เจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง อัตราส่วน 1:1 และสามารถแทนที่ได้ 100 % ขณะที่การใช้น้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวสามารถแทนที่น้ำมันปลาทะเลได้เพียง 33 % สำหรับสูตรอาหารที่มีการใช้ปลาป่นและน้ำมันปลาทะเลเท่ากับ 26 และ 6 % ตามลำดับ [82] ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันถั่ว

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

กรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ลดลงเนื่องจากน้ำมันปาล์มไม่มีกรดไขมันกลุ่ม n-3 และมีกรดไขมันกลุ่ม n-6 เพียงเล็กน้อย [83]

ตารางที่ 7 การแทนที่ปลาปนด้วยแหล่งโปรตีนอื่นๆ ในสูตรอาหารปลานิล

ขนาดปลา (กรัม)	ระดับโปรตีน (%) / ไขมัน ในอาหาร (%)	ระดับปลาปน สูตรควบคุม (%)	วัตถุดิบที่ใช้แทนที่	ระดับการแทนที่ปลาปน (%) ของโปรตีน/อัตราการใช้ (%)	อ้างอิง
4.2	31.8-34.3/9.5-11.3	42	กากถั่วเหลือง	50/30.1	[20]
			กากเมล็ดฝ้าย	50/34.1	
			กากถั่วลิสง	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	กากถั่วเหลืองและ	100/	[72]
			ไก่ป่น	32.65/20.5	
เริ่มกินอาหาร	45.0/12.0	30	กากถั่วเหลืองและ	100/	[73]
			วัตถุดิบพืชอื่นๆ		
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	กากงา	40/20	[76]
4.2	31.8-33.2/9.5-10.3	42	กากเมล็ดฝ้าย	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 กากธัญพืชจากการหมักเพื่อผลิตเอทานอล (distillers dried grain with soluble, DDGS)

การเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่ไม่มีปลาปน (purified diet) พบว่าการใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันลินสีด (แหล่งกรดไขมันกลุ่ม n-3) น้ำมันข้าวโพด (แหล่งกรดไขมันกลุ่ม n-6) และน้ำมันวู อัตราส่วน 1:1:1 ทำให้ปลานิลเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันปลาทะเล น้ำมันลินสีด น้ำมัน

ข้าวโพดและน้ำมันวูเพียงอย่างเดียว [84] ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้น้ำมันลินสีดหรือน้ำมันปลาทะเลเพียงอย่างเดียวทำให้สัดส่วนกรดไขมันกลุ่ม n-3 เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับการใช้น้ำมันข้าวโพดที่ทำให้สัดส่วนกรดไขมันกลุ่ม n-6 เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้น้ำมันลินสีด ร่วมกับน้ำมันข้าวโพดทำให้เกิดการเพิ่มของทั้งกรด

ไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ส่วนการทดลองของ El-Kasheif และคณะ [85] พบว่าปลานิลเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับน้ำมันปลาทะเลลงในสูตรอาหารที่มีปลาปน 15 % ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสูตรอาหารพบว่าปลาปนเป็นแหล่งกรดไขมันกลุ่ม n-3 หลักเพียงแหล่งเดียว ขณะที่วัตถุดิบอื่น ๆ ได้แก่ ข้าวโพด กากถั่วลิสงและรำข้าวซึ่งเป็นแหล่งกรดไขมัน n-6 ที่มีสัดส่วนรวมกันในสูตรอาหารสูงถึง 84.5 % ทำให้อาหารมีกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากเกินไป ดังนั้นเมื่อเพิ่มน้ำมันปลาทะเลเข้าไปในสูตรอาหารทำให้สมดุลของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ดีขึ้นจึงส่งผลให้ปลานิลเจริญเติบโตดีขึ้น

นอกจากประเด็นผลกระทบของการแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันพืชต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแล้ว สิ่งที่ควรคำนึงคือระดับกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในเนื้อปลา เนื่องจากหากแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันพืชมากเกินไปและมีการใช้ปลาปนในสูตรอาหารน้อยทำให้เนื้อปลามีกรดไขมัน EPA และ DHA น้อยลงไปด้วยโดยเฉพาะการแทนที่ด้วยน้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันปาล์ม [31] อย่างไรก็ตาม น้ำมันพืชที่มีศักยภาพในการแทนที่น้ำมันปลาทะเลได้ดีคือน้ำมันลินสีดเนื่องจากมีกรดไขมัน LNA ในปริมาณสูง [83] มีงานวิจัยพบว่า การแทนที่น้ำมันเมล็ดทานตะวันด้วยน้ำมันลินสีดในอัตรา 25, 50, 75 และ 100 % ทำให้ปลานิลมีปริมาณ DHA ในตับเพิ่มขึ้นตามระดับการแทนที่ แต่ปริมาณ EPA ในตับจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเฉพาะที่ระดับการแทนที่ 75 และ 100 % [86] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลานิลมีความต้องการ DHA มากกว่า EPA เนื่องจากหากปลานิลได้รับ LNA ที่ไม่เพียงพอจะมีการนำกรดไขมันนี้ไปสังเคราะห์ DHA มากกว่า EPA แต่เมื่อระดับ LNA ในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 25 % ของกรดไขมันรวมซึ่งน่าจะเป็นระดับที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์ DHA ทำให้มี LNA ที่เพียงพอสำหรับการ

สังเคราะห์ EPA เพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามหากอาหารมี EPA และ DHA จากวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น ปลาปน ถึงแม้ว่าอาหารจะมี LNA สูงขึ้นจากการแทนที่น้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันลินสีดในอัตรา 100 % แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเหล่านี้มีปริมาณ EPA และ DHA ในเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน [87] แสดงให้เห็นว่ามีการสังเคราะห์ EPA และ DHA จาก LNA น้อยลง จนทำให้มีการสะสม LNA มากขึ้น นอกจากน้ำมันลินสีดแล้ว น้ำมันเรปส์/คาโนล่า นับเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งเนื่องจากมี LNA สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ หลายชนิด [83] จากการศึกษาของ Matsushita และคณะ [88] พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไขมันคาโนล่าเป็นแหล่งไขมัน มีปริมาณ EPA ในซากมากเป็นอันดับสอง รองจากการใช้น้ำมันลินสีด ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณ LNA ในอาหารที่มีมากกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าวและน้ำมันข้าวโพด ขณะที่ปริมาณ DHA ในซากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไขมันลินสีดได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับอาหารที่ใช้ไขมันชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ใช้ไขมันลินสีดมีปริมาณ LNA มากกว่าอาหารสูตรอื่นมาก ทำให้มีการสังเคราะห์ DHA จาก LNA เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าหากอาหารที่มี DHA จากวัตถุดิบอื่น ๆ เพียงพอต่อความต้องการของปลา การใช้น้ำมันที่มี LNA ในปริมาณสูงในสูตรอาหารส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของปลา

8. การเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

จากการที่ปลานิลมีราคาจำหน่ายค่อนข้างต่ำ เกษตรกรจึงต้องลดต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจทำได้โดยการทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์อาหารให้ได้มากที่สุด ซึ่งเมื่อปลาเจริญเติบโตเร็วขึ้นย่อมทำให้ระยะเวลาการเลี้ยงลดลง การลดระยะเวลาเลี้ยงทำให้

เกษตรกรสามารถลดรายจ่ายต่าง ๆ ลงได้ เช่น ค่าอาหารและค่าจ้างแรงงาน อีกทั้งยังมีประโยชน์ทางอ้อมคือสามารถเพิ่มรอบการผลิตได้ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารและการเจริญเติบโตสามารถทำได้ 5 วิธี ดังนี้

8.1 การเสริมด้วยสารอาหาร

การเสริมสารอาหาร เช่น การเสริมวิตามินซีอัตรา 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ทำให้ปลานิลเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์อาหารได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการเสริมวิตามินอีอัตรา 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร แม้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตแต่ช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายได้ [89] ส่วนการใช้ L-Carnitine อัตรา 450 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้และการสะสมโปรตีนเช่นกัน และยังช่วยลดระดับโปรตีนในอาหารจาก 30 เป็น 25 และ 20 % ได้โดยไม่กระทบต่อการเจริญ โต [90]

8.2 การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร

การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร เช่น สารละลาย *Schizochytrium* sp. (ราน้ำเค็ม) ในรูปน้ำมันซึ่งเป็นแหล่ง DHA อัตรา 25-75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ทำให้ปลานิลมีอัตราเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตราการรอดตายดีขึ้น [91] การใช้บีตาอิน (Betaine) อัตรา 0.5 % ของอาหาร ก็ทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อดีขึ้นเช่นกัน [92]

8.3 การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร

การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารเป็นวิธีการทางอ้อมที่ทำให้ปลานิลเจริญเติบโตดีขึ้น เช่น การใช้เอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วย β -glucanase และ β -xylanase อัตราส่วน 800 และ 36.6 หน่วยต่อกรัม ตามลำดับ ในอัตรา 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

ทำให้ปลานิลย่อยอาหาร ย่อยโปรตีนและพลังงานได้ดีขึ้น [93] เช่นเดียวกับการใช้เอนไซม์ผสมซึ่งประกอบด้วย β -xylanase, β -gluca-nase, pentosonase, α -amylase, Hemicellulase, Pectinase, Cellulase และ Cellubiase อย่างน้อย 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ที่ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และการใช้ประโยชน์โปรตีน [94] ส่วนการใช้เอนไซม์ย่อยโปรตีน เช่น Pepsin, Papain และเอนไซม์ย่อยแป้ง เช่น α -amylase อย่างน้อย 6,400, 12,800 หรือ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มอัตราเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และการใช้ประโยชน์โปรตีนได้เช่นกัน [95]

8.4 การใช้โปรไบโอติก (Probiotic)

จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพเป็นโปรไบโอติกสำหรับปลานิลส่วนใหญ่จะเป็นสกุล *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 และกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนในลำไส้ของปลานิล ซึ่งพบว่า *L. plantarum* มีประสิทธิภาพที่สุด รองลงมาคือ *S. cerevisiae* และ *B. subtilis* ตามลำดับ โดยการใช้จุลินทรีย์เหล่านี้ให้ผลที่ดีกว่าการไม่ใช้อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม *S. cerevisiae* น่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการใช้มากที่สุดเนื่องจากมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจาก *L. plantarum* [97] อีกทั้งมีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายและเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อทั้งสัตว์และมนุษย์ [98]

8.5 การใช้พรีไบโอติก (Prebiotic)

การใช้พรีไบโอติกในอาหารปลานิลนับเป็นอีกวิธีที่ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้ เช่น การใช้

mannanoligosaccharide อัตราอย่างน้อย 0.4 % ทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดและความทนทานต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* เพิ่มขึ้น [99] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในปัจจุบันพบว่าเบต้ากลูแคน (β -glucan) มีประสิทธิภาพดีกว่า mannanoligosaccharide และมีอัตราใช้น้อยกว่าอย่างน้อย 3 เท่า [100]

9. สรุป

ปลานิลเป็นปลานิลชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย และทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะดังกล่าวทำให้ราคาจำหน่ายปลานิลทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกของแต่ละประเทศไม่สูงทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนต่ำ รายงานนี้ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการลดต้นทุนค่าอาหารซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ (1) การจัดการเกี่ยวกับสารอาหาร (2) วิธีการให้อาหาร (3) การลดต้นทุนวัตถุดิบ และ (4) การเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต โดยอาหารปลานิลควรมีสารอาหารที่สำคัญ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร กรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 แคลเซียมและฟอสฟอรัส เท่ากับ 25-45, 5-12, 20-50, ≤ 6 , 0.5-1.0, 0.3 และ 0.7 % ตามลำดับ ส่วนความต้องการวิตามินและแร่ธาตุที่มีการศึกษาแล้ว ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินซี ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสีและแมงกานีส แม้ยังไม่มีการศึกษาวิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิดแต่สามารถผลิตอาหารโดยใช้ระดับวิตามินและแร่ธาตุตามคำแนะนำต่าง ๆ ได้ ส่วนวิธีการให้อาหารที่มีประสิทธิภาพดีคือ ควรให้อาหารลูกปลาวัยอ่อน ลูกปลานิลขนาดเล็กและปลานิลขนาดวัยรุ่นจนถึงปลานิลขนาดตลาด วันละ 8-10, 4 และ 2 ครั้งต่อวัน ตามลำดับ และการเลี้ยงปลานิล

วัยรุ่นจนถึงปลานิลขนาดตลาดการให้อาหารแต่ละมื้อควรมีระยะห่างประมาณ 4-5 ชั่วโมง การลดต้นทุนวัตถุดิบทำได้โดยการแทนที่ปลาปนด้วยแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพการย่อยใกล้เคียงปลาปน เช่น เนื้อและกระดูกป่น ไก่ป่นและโปรตีนข้าวโพด และสามารถแทนที่น้ำมันปลาทะเลด้วยน้ำมันชนิดอื่นได้แต่ปริมาณกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 ในอาหารต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่ปลาต้องการ และการเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโตทำได้ 5 วิธี คือ (1) การเสริมด้วยสารอาหาร เช่น วิตามินซี (2) การเสริมด้วยแหล่งสารอาหาร เช่น *Schizochytrium* sp. และบีทาอิน (3) การเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร เช่น β -xylanase, β -glucanase และ α -amylase (4) การใช้โปรไบโอติก เช่น *S. cerevisiae* และ (5) การใช้พรีไบโอติก 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] นวลมณี พงศ์ธนา, นนทบุรีวิธ ออกแดง, มัลลิกา ทองสง่า และประจักษ์ บัวเนียม, 2552, การคัดพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์ GIFT, น. 147-158, ใน การประชุมวิชาการประมงประจำปี 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 หนูฤทธิ์, 2557, สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์, น. 17-27, ใน จุลสารเศรษฐกิจการประมง ประจำปี 2557, ส่วนเศรษฐกิจการประมง สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- [7] สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2551, การจัดทำองค์ความรู้เรื่องการเพาะและอนุบาลปลานิล, กรมประมง, กรุงเทพฯ, 16 น.
- [8] สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2554, องค์ความรู้ปราชญ์ปลานิล, 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] นวลมณี พงศ์ธนา, 2553, ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ, เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 2/2553, ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์สัตว์น้ำปทุมธานี, สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, 43 น.
- [17] นวลมณี พงศ์ธนา, องค์ความรู้การปรับปรุงพันธุ์ปลานิล, แหล่งที่มา : <http://www.fisheries.go.th>, 15 กันยายน 2557.
- [18] เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2542, โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ, 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 จันทโรทัย, 2536, อาหารสัตว์น้ำ : ความก้าวหน้าของการศึกษาความต้องการสารอาหารของปลาและกุ้ง, น. 99-106, ใน 50 ปี คณะประมง : พ.ศ. 2486-2536 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะประมง, 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] มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทโรทัย, 2536, การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล, เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23/2536, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, 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] Köprücü, 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 Kraïem, 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] Agbo, 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] สุดชาติ ไชยแสง, บัณฑิต ยวงสร้อย และสุธี 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 Srisapoom, 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, Mannanligosaccharide (mos) and β -glucan (β -glu) in dietary supplementation for Nile tilapia juveniles dept in cages, Pan Am. J. Aquat. Sci. 8: 112-125.