

ผลของการเสริมซี-ไฟโคไซยานินในอาหารต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมเอนไซม์ไลโซไซม์ของลูกปลานิลที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอค

Effect of c-phyococyanin on growth performance and lysozyme activity assay of larval tilapia (*Oreochromis niloticus*) in biofloc system

กัศิมา ยาวิชัย¹, ชนกันต์ จิตมนัส¹, นิสรา กิจเจริญ¹ และ จงกล พรหมยะ^{1*}

Pukteema Yawichai¹, Chanagun Chitmanat¹, Nissara Kitcharoen¹ and Jongkon Promya^{1*}

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการเสริมซี-ไฟโคไซยานินที่สกัดจากอาร์โธรสไปราต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมเอนไซม์ไลโซไซม์ของลูกปลานิลที่อนุบาลในระบบไบโอฟลอคในตู้กระจก ปริมาณน้ำ 50 ลิตร ใช้ปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.41 ± 0.01 กรัม/ตัว อัตราการปล่อย 400 ตัว/ตร.ม แบ่งการทดลองออกเป็น 6 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ T1อาหารสำเร็จรูป (Pellet feed; PF), T2-T5 คืออาหารสำเร็จรูปผสมซี-ไฟโคไซยานิน (C-phyococyanin; CP) ระดับต่าง ๆ ประกอบด้วย 0.1%PFPCP, 0.3% PFPCP, 0.5% PFPCP, 1% PFPCP ตามลำดับ และ T6 อาหารสำเร็จรูปผสมอาร์โธรสไปราผง (Powder *Arthrospira*; PA) 3% (3% PFPA) เลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.5% PFPCP มีน้ำหนักเฉลี่ย (19.24 ± 0.55 กรัม/ตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (0.21 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน) อัตราการแลกเนื้อ (1.39 ± 0.04) และอัตราการรอด (95.00 ± 2.89 %) ดีกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ปลานิลที่ได้รับอาหารสูตร 3% PFPA มีระดับของกิจกรรมเอนไซม์ไลโซไซม์สูงสุดสามารถเพิ่มการกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ดีที่สุด และคุณภาพน้ำทั้ง 6 ชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: ซี-ไฟโคไซยานิน, ลูกปลานิล, การเจริญเติบโต, ไลโซไซม์, ระบบไบโอฟลอค

ABSTRACT: The effects of supplementation of c-phyococyanin extracted from *Arthrospira* on growth performance and lysozyme activity of larval tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in biofloc system were studied. Larval tilapia (average weight 0.41 ± 0.01 g) were stocked in 50 liters aquarium at a density of 400 fish/m². Six treatments with tree replication were applied including T1; Commercial feed (Pellets feed, PF), T2 –T5; commercial feed supplemented with C-phyococyanin; (CP) at different level; 0.1% PFPCP, 0.3% PFPCP, 0.5% PFPCP and 1% PFPCP respectively. In addition, T6 was the commercial feed supplementation with powder *Arthrospira* at 3% (3% PFPA). The were cultured for 90 days. The result found that weight gain (19.24 ± 0.55 g/fish), average daily growth (0.21 ± 0.01 g/fish/day), feed conversion ratio (1.39 ± 0.04) and survival rate (95.00 ± 2.89 %) of tilapia larvae fed with T4 (0.5% PFPCP) diet was significantly higher than that of other treatments ($P < 0.05$). In addition, lysozyme activity of fish fed with T6 (3%PFPA) diet was increased. Water quality parameters of all treatment were in standard level.

Keywords: c-phyococyanin, tilapia larvae, growth performance, lysozyme activity, biofloc system

¹ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่ 50290

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

* Corresponding author: jongkolp@mju.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมีการอนุบาลลูกปลาอย่างหนาแน่น เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงมักเกิดปัญหาตามมา คือ ปลาเป็นโรคง่าย อัตรารอดต่ำประมาณ 60% รวมถึงปัญหาด้านคุณภาพน้ำ เกิดการสะสมของเสียต่างๆ ในบ่อ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้เลี้ยง และในอนาคตแหล่งน้ำมีจำกัด ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอค (biofloc system) ใช้แก้ปัญหาการเพาะเลี้ยงอย่างหนาแน่น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น หรือใช้พื้นที่น้อยได้ผลผลิตมาก ช่วยแก้ปัญหาคุณภาพน้ำ และเป็นการจัดการให้ของเสียที่เกิดจากสัตว์น้ำสามารถกลับไปเป็นอาหารของสัตว์น้ำเหล่านั้นอีก (Ekasari et al., 2015) ประมาณ 80% เป็นการลดต้นทุนอาหาร อีกทั้งเทคโนโลยีไบโอฟลอคยังมีมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นระบบการเพาะเลี้ยงที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (Azim and Little, 2008, Crab et al., 2012, Avnimelech, 2015) เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปัจจุบันมีการใช้ยาปฏิชีวนะ และสารเคมีซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากเกิดปัญหาความไม่ปลอดภัยทางด้านอาหารการใช้สารห่วยๆ พิษสมุนไพร วิตามินจุลินทรีย์ สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่เป็นประโยชน์ อาจเป็นทางเลือกที่จะทำให้เกิดการเพาะเลี้ยงเป็นไปอย่างยั่งยืน (กรทิพย์ และคณะ, 2554) จากงานวิจัยเกี่ยวกับการอนุบาลลูกปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ นิยมใช้อาร์โธรสไปร่าทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มอัตรารอด และสร้างภูมิคุ้มกันให้กับสัตว์น้ำ เนื่องจากอาร์โธรสไปร่ามีโปรตีนสูงถึง 50-70% ของน้ำหนักแห้ง และมีสารสำคัญคือ c-phyococyanin, allophycocyanin, beta-carotene, chlorophyll-a และกรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัว (จงกล และคณะ, 2555) ซีไฟโคไซ-

ยานิน (C-phyococyanin) เป็นรงควัตถุสำคัญพบในอาร์โธรสไปร่า โดยมีประมาณ 14-16% ของน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยธาตุเหล็กและแมกนีเซียม เป็นสารสร้างภูมิคุ้มกันให้กับสิ่งมีชีวิต (Nakamura, 1982; Venkataraman, 1983) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Patel et al., 2005) และสารต้านการอักเสบ (Romay et al., 1998) เป็นสารช่วยสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Vonshak, 1997) จงกล และคณะ (2555) รายงานว่าอาร์โธรสไปร่าทำให้ลูกปลานิลแดงมีระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น และมีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลาสเตอร์เจียน (Adel et al, 2016) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของอาร์โธรสไปร่าเช่นไฟโคไซยานิน (Abdel-Tawwab and Ahmad, 2009) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานผลการใช้ซีไฟโคไซยานินในสัตว์น้ำดั่งนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดศึกษาการใช้ซีไฟโคไซยานินที่สกัดจากอาร์โธรสไปร่ามาผสมอาหาร เพื่อหาแนวทางการเพิ่มการเจริญเติบโต อัตรารอด และระบบภูมิคุ้มกันของลูกปลานิลที่อนุบาลในระบบไบโอฟลอค และเป็นการเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรน้ำ ทำให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมสารสกัด

สกัดซีไฟโคไซยานินจากอาร์โธรสไปร่า โดยชั่งอาร์โธรสไปร่าสดผสมกับสารละลาย sodium phosphate buffer (pH 7.0) ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ในอัตราส่วน 1:5 น้ำหนัก/ปริมาตรผสมให้เข้ากันนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 °C จากนั้นนำมาละลายโดยทำการละลายที่อุณหภูมิห้องทำซ้ำ 3 ครั้ง นำสารแขวนลอยที่ได้มาปั่นแยกเซลล์ที่ 13,500 รอบ/นาที่

นาน 20 นาที นำของเหลวสีฟ้าที่ได้มาปั่นเหวี่ยง อีก 2 รอบ(ดัดแปลงจาก ทิพาพร และคณะ, 2559)

การเตรียมไบโอฟลอค

เติมตะกอนดินจากบ่อปลานิล (หัวเชื้อ) รำละเอียด อาหารปลาบดละเอียด กากน้ำตาล และ สารโดโลไมท์ ผสมรวมกันลงในน้ำประปา แต่ละชุด การทดลองโดยควบคุมสัดส่วน C:N ≥ 15 ทำการเติมอากาศตลอดการทดลอง ควบคุมปริมาณฟลอค ในแต่ละชุดการทดลองเริ่มต้น 10 มล./ลิตร เติมหาก น้ำตาลทุกวัน วันละ 3 มล. (ดัดแปลงจาก Avnimelech, 2015)

การวางแผนการทดลองและการเตรียมอาหาร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD แบ่งการทดลองเป็น 6 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสำเร็จรูป (Pellets feed; PF ชุดควบคุม) ระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 32%

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสำเร็จรูปผสมซีไฟโคไซยานิน(C-phycoerythrin; CP) 0.1% (0.1% PFCP) หรือ 1 กรัม/อาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมซีไฟโคไซยานิน(C-phycoerythrin; CP)0.3% (0.3% PFCP)

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารสำเร็จรูปผสมซีไฟโคไซยานิน(C-phycoerythrin; CP) 0.5% (0.5% PFCP)

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารสำเร็จรูปผสมซีไฟโคไซยานิน(C-phycoerythrin; CP) 1% (0.1% PFCP)

ชุดการทดลองที่ 6 อาหารสำเร็จรูปผสมอาร์โทรสปิราไปราบดผง(PowderArthrospira; PA)3% (3% PFPA)

นำสารสกัดซีไฟโคไซยานิน และอาร์โทรสปิราไปราบด ผงที่ได้มาผสมกับอาหารอนุบาลลูกปลานิล สำเร็จรูป แล้วผึ่งลมให้แห้ง เก็บอาหารที่ผสมเรียบร้อยแล้วที่อุณหภูมิ 4 °C ใช้อนุบาลลูกปลา

การเตรียมปลาทดลองและระบบการเลี้ยง

นำลูกปลานิลแปลงเพศที่ฟักในบ่อเป็นเวลา 14 วัน (เพื่อให้ลูกปลานิลได้ปรับสภาพ) น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.41 ± 0.01 กรัม/ตัว อนุบาลในตู้กระจกขนาดบรรจุน้ำ 50 ลิตร จำนวน 18 ตู้ อัตราการปล่อย 400 ตัว/ตร.ม (ตู้ละ 20 ตัว) โดยใช้ น้ำจากการเตรียมไบโอฟลอคทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน อัตราการให้อาหาร 7% ของน้ำหนักตัว/วัน ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง โดยปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 15 วัน

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตและการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

สุ่มชั่งน้ำหนักลูกปลานิล ทุกๆ 15 วัน โดยสุ่มวัดปลาจำนวน 6 ตัว/ตู้ หรือ 30%ของลูกปลา เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต นำไปประเมินค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain), อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; ADG), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR), อัตรารอด (Survival rate), ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) และศึกษาความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ โดยวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไลโซไซม์ (lysozyme activity assay) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Puangkaew et al. (2004) หลังจากปลาได้รับอาหารแต่ละทรีทเมนต์ เป็นระยะเวลา 60 และ 90 วัน

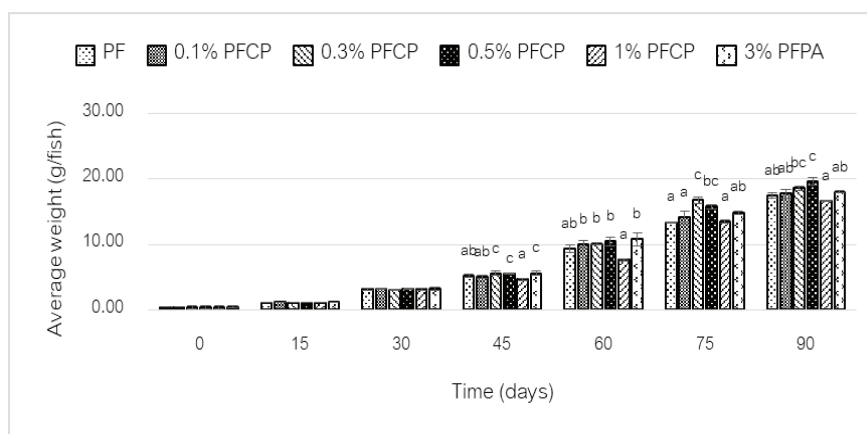


Figure 1 Growth of larval tilapia fed different levels of c-phycocyanin in each treatment raised for 90 days

การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทุกสัปดาห์จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ด้วยเครื่อง oxygen meter (DO meter HI9147), ความเป็นกรด-ด่าง ทำการวัดโดยใช้เครื่อง pH meter (pH meter HI98127), แอมโมเนีย ไนโตรเจน (Ammonia-N) ไนไตรท์ ไนโตรเจน (Nitrite-N) และไนเตรท ไนโตรเจน (Nitrate-N) วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ spectrophotometer (Hach DR/4000)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่าง

ของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อเริ่มต้น 0.41 ± 0.01 กรัม/ตัว น้ำหนักของลูกปลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่อนุบาล และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ตั้งแต่ 45 วัน ของการอนุบาล เป็นต้นไป โดยลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.5% PFCP, 0.3%

Table 1 Growth performance of larval tilapia fed different levels of c-phycocyanin: T1 (PF), T2 (0.1% PFCP), T3 (0.3% PFCP), T4 (0.5% PFCP), T5 (1% PFCP) and T6 (3% PFPA)

Parameters	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Weight gain(g/fish)	17.07±0.46 ^{ab}	17.37±0.74 ^{ab}	18.21±0.39 ^{bc}	19.24±0.55 ^c	16.28±0.08 ^a	17.60±0.19 ^{ab}
ADG (g/fish/day)	0.19±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^{ab}	0.20±0.00 ^{bc}	0.21±0.01 ^c	0.18±0.00 ^a	0.20±0.00 ^{ab}
SGR(%/day)	4.14±0.07 ^a	4.17±0.12 ^a	4.33±0.06 ^a	4.26±0.08 ^a	4.20±0.07 ^a	4.14±0.03 ^a
FCR(units)	1.52±0.04 ^{ab}	1.57±0.05 ^{ab}	1.56±0.12 ^{ab}	1.39±0.04 ^a	1.63±0.02 ^b	1.45±0.08 ^{ab}
PER(units)	0.54±0.02 ^{bc}	0.54±0.02 ^{bc}	0.57±0.01 ^{cd}	0.60±0.02 ^d	0.50±0.00 ^b	0.42±0.00 ^a
Survival rate(%)	91.67±1.67 ^{ab}	87.50±1.44 ^a	97.50±1.44 ^b	95.00±2.89 ^b	97.50±1.44 ^b	96.67±1.67 ^b

*Note: mean±SE in the same row with different superscript are significantly difference ($P \leq 0.05$)

Table 2 Lysozyme activity of larval tilapia after 60 and 90 days post feeding fed different levels of c-phycocyanin: T1 (PF), T2 (0.1% PFPC), T3 (0.3% PFPC), T4 (0.5% PFPC), T5 (1% PFPC) and T6 (3% PFPA)

Days	T1	T2	T3	T4	T5	T6
60	20.93±0.31 ^a	22.68±0.54 ^a	25.23±0.97 ^b	25.68±0.85 ^b	26.75±0.80 ^b	31.26±0.62 ^c
90	25.06±0.51 ^{ab}	24.03±0.53 ^a	26.79±0.92 ^{bc}	27.13±0.74 ^c	27.84±0.55 ^c	33.65±0.57 ^d

*Note: mean±SE in the same row with different superscript are significantly difference ($P \leq 0.05$)

PFPC และ 3% PFPA ตามลำดับ มีน้ำหนักเฉลี่ยดีกว่าลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Figure 1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain), อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG), อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ของลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.5% PFPC มีค่าดีที่สุด เท่ากับ 19.24 ± 0.55 กรัม/ตัว 0.21 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน 1.39 ± 0.00 หน่วย และ 0.60 ± 0.02 หน่วย ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร PF, 0.1% PFPC, 0.3% PFPC, 1% PFPC และ 3% PFPA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Table 1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของลูกปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 6 ชุดการทดลอง อยู่ในช่วง 4.14 ± 0.07 ถึง $4.33 \pm 0.06\%$ /วัน และไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ Table 1 และอัตราการรอดตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.3% PFPC, 0.5% PFPC, 1% PFPC และ 3% PFPA มีค่าสูงกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.1% PFPC และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Table 1

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ไลโซไซม์ (lysozyme activity assay)

การศึกษามีคุ่มกันแบบไม่จำเพาะ (lysozyme activity assay) ระยะเวลา 60 และ 90

วัน (Table 2) พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 3% PFPA, 1% PFPC, 0.5% PFPC และ 0.3% PFPC มีค่ากิจกรรมไลโซไซม์สูงกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.1% PFPC และ PF โดยมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Table 2

คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปลานิล

จากการทดลองพบว่าทั้ง 6 ชุดการทดลองมีค่าอุณหภูมิ น้ำ 27.66 ± 0.21 – $28.29 \pm 0.27^\circ\text{C}$ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 7.78 ± 0.10 – 7.93 ± 0.08 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 7.35 ± 0.12 – 7.49 ± 0.09 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) พบว่า ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.08 ± 0.01 – 0.09 ± 0.00 , 3.66 ± 0.11 – 4.49 ± 0.04 และ 3.29 ± 0.02 – 3.71 ± 0.03 มก./ลิตร ตามลำดับ คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ

วิจารณ์

จากการศึกษาผลของการเสริมซีฟโคไซยานินในอาหารต่อการเจริญเติบโต และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันของปลานิลในระบบไบโอฟลอค ระยะเวลา 90 วัน พบว่า ลูกปลาที่ได้รับ

อาหารสูตร 0.5% PFCP มีการเจริญเติบโต (Weight gain, ADG, SGR, FCR, PER) ดีที่สุด คุณสมบัติและคณะ (2561) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงวัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยระบบไบโอฟลอคมีอัตราการรอดสูงกว่าปลานิลแดงวัยอ่อนที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยระบบไบโอฟลอคและ Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่าอาร์โรสไปร่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย อย่างไรก็ตามระดับการผสมอาร์โรสไปร่าในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน ส่วนอัตราการรอดตายพบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.3% PFCP, 0.5% PFCP, 1% PFCP และ 3% PFPA มีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตร 0.1% PFCP และ PF ซึ่งจากการศึกษาของจกกลและคณะ (2555) ศึกษาผลของอาร์โรสไปร่าสด (raw Spirulina; RS) ต่อการเติบโตและการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในการอนุบาลปลานิลแดง (*Oreochromis sp.*) พบว่า ลูกปลาที่อนุบาลด้วย 100%RS และ 10%PF (Power feed; PF อาหารผง) มีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วย 80%RS, 60%RS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการทดลองในครั้งนี้ ค่ากิจกรรมของไลโซไซม์เมื่อปลาได้รับอาหารเป็นระยะเวลา 60 และ 90 วัน ของลูกปลานิลแดงในแต่ละชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมเช่นเดียวกับงานวิจัยของ จกกลและคณะ (2555) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่ากิจกรรมไลโซไซม์ในลูกปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมอาร์โรสไปร่า และ Adel et al (2016) พบว่าอาร์โรสไปร่า มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งเชื้อ

แบคทีเรีย การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของอาร์โรสไปร่า เช่น ไฟโคไซยานิน (Abdel-Tawwab and Ahmad, 2009) ซึ่งเป็นสารสร้างภูมิคุ้มกันให้กับสิ่งมีชีวิต (Venkataraman, 1983) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Patel et al., 2005) และสารต้านการอักเสบ (Romay et al., 1998)

ด้านคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปลานิลแดงอุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) พบว่า ตลอดการทดลองมีค่าต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งค่าอุณหภูมิ น้ำที่เหมาะสมควรอยู่ที่ $26\text{-}32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ค่า pH ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง $6.5\text{-}9.0$ ค่า DO ที่สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 4.0 มก./ลิตร ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนควรมีค่าน้อยกว่า 0.1 มก./ลิตร และค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่า 0.8 มก./ลิตร (Boyd and Tucker, 1998 and El-Sayed, 2006)

สรุป

สามารถใช้ชีโไฟโคไซยานินที่สกัดจากสาหร่ายอาร์โรสไปร่าเป็นแนวทางในการเพิ่มการเจริญเติบโต อัตราการรอด และระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลที่อนุบาลในระบบไบโอฟลอคได้ โดยลูกปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสมชีโไฟโคไซยานิน 0.5% (PFCP 0.5%) มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด และลูกปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสมสาหร่ายอาร์โรสไปร่าบดผง 3% (PFPA 3%) มีแนวโน้มเพิ่มการกระตุ้นภูมิคุ้มกันดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.)

เอกสารอ้างอิง

กรทิพย์ กันนิการ์, ดุจดดี ปานพรหมมินทร์, นิวุฒิ หวังชัย และชนกันต์ จิตมณัส. 2554.ผลของการใช้ บริเวอรี่ส์สตีในอาหารปลานิลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จกมล พรหมยะ, ศิริเพ็ญ ตระชัยยาพร และชนกันต์ จิตมณัส.

2555. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาสดต่อการเจริญเติบโตและการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในการอนุบาลปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.). วารสารวิทยาศาสตร์. มข. 40(1):218-227.

ทิพาพร เรืองยศ, สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศ, ชนวัฒน์ นิตส์นวิจิตร และจตุรภัทร วาฤทธิ์. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดไฟโคไซยานินจากสาหร่ายสไปรูลินาโดยวิธีแช่แข็งสลับกับการละลายร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 10(2):78-87.

อุดมลักษณ์ สมพงษ์, เมธาณี อินคำ, จกมล พรหมยะ และนิวุฒิ หวังชัย. 2561.ผลการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงวัยอ่อนในระบบไบโอฟลอค. แก่นเกษตร.46(5):833-842.

Abdel-Tawwab, M., and Ahmad, M. H. 2009. Live *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile

tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Research*. 40(9):1037-1046.

Adel, M., Yeganeh, S., Dadar, M., Sakai, M., and Dawood, M. A. O. 2016. Effects of dietary *Spirulina platensis* on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1754). *Fish & Shellfish Immunology*. 56(Supplement C):436-444.

Avnimelech, Y. 2015. *Biofloc Technology-A Practical Guidebook*, 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.

Azim, M. E. and Little, D. C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 283: 29-35.

Boyd, C.E. and C.S., Tucker. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Science Business Media, New York, USA.

Crab, R., T. Defoirdt, P. Bossier, and W. Verstraete. 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effect and future challenges. *Aquaculture*. 356-357: 351-356.

Duncan, P. L. and Klesius, P. H. 1996. Effects of Feeding *Spirulina* on Specific and Nonspecific Immune Responses of

- Channel Catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*. 8(4): 308-313.
- Ekasari, J., Rivandi, D. R., Firdausi, A. P., Surawidjaja, E. H., Zairin, M., Bossier, P., and De Schryver, P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*. 441: 72-77.
- El-Sayed, A.E.M. 2006. *Tilapia Culture*. CAB International, Oxfordshire, UK.
- Nakamura, H. 1982. *Spirulina: Food for Hungry World*. California: University of Tress Press.
- Patel, A., Mishra, S., Pawar, R., and Ghosh, P. K. 2005. Purification and characterization of C-Phycocyanin from cyanobacterial species of marine and freshwater habitat. *Protein Expression and Purification*. 40(2):248-255.
- Puangkaew, J., Kiron, V., Somamoto, T., Okamoto, N., Satoh, S., Takeuchi, T., and Watanabe, T. 2004. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. *Fish & Shellfish Immunology*. 16(1):25-39.
- Romay, C., Armesto, J., Ramirez, D., Gonzalez, R., Ledon, N., and Garcia, I. 1998. Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflamm Res*. 47(1): 36-41.
- Venkataraman, L. V. 1983. *A Monograph on Spirulina platensis: Biotechnology and Application: Central Food Technological Research Institute, Mysore*.
- Vonshak, A. 1997. *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell Biology and Biotechnology*. London: Taylor and Francis.