View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

รายงานการวิจัย

ระดับของสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*)

สุภฎา คีรีรัฐนิคม[1] รัตติยา สะอุ[2] และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี [3]

Abstract

Kiriratnikom, S.[1], Zaau, R.[1] and Suwanpugdee, A.[2]

Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*)

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(Suppl. 1) : 133-139

The study was conducted to determine the optimum level of dried *Spirulina* in test diets for goldfish. The goldfish fed the test diet supplemented with dried *Spirulina* at a concentration of 1, 3 and 5% compared to the control diet without *Spirulina*. The color value (L, a and b) was measured by a colorsmeter after 6 weeks of feeding trial. The L value in the goldfish fed control diet was highest when compared to those fed all *Spirulina* supplemented diets. The a values in the goldfish fed control, 1, 3 and 5% *Spirulina* were 11.70, 18.87, 20.30 and 23.68, and the b values in the goldfish fed control, 1, 3 and 5% *Spirulina* were 18.36, 28.86, 31.74 and 35.53 respectively. Growth performance was highest in the goldfish fed test diet containing 3% dried *Spirulina* ($p<0.05$). The results showed the positive effect of 3-5% dried *Spirulina* for pigmentation in goldfish; however, the test diet supplemented with 3% *Spirulina* resulted in the highest growth performance in goldfish.

Key words : *Carassius auratus*, pigmentation, carotenoid, *Spirulina*

[1]Department of Biology, Faculty of Sciences, [2]Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Pa Phayom, Phattalung, 93110 Thailand.

[1]วท.ม.(วาริชศาสตร์) [2]วท.บ.(ชีววิทยา) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ [3]วท.ม.(เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110

Corresponding e-mail: suphada@tsu.ac.th

รับต้นฉบับ 6 กันยายน 2547 รับลงพิมพ์ 7 มกราคม 2548

บทคัดย่อ

สุภฎา คีรีรัฐนิคม รัตติยา สะอุ และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี

ระดับของสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโต และการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*)

ว.สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(ฉบับพิเศษ 1) : 133-139

การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสไปรูลินา เพื่อทราบถึงผลต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีในปลาทอง ทดลองโดยเลี้ยงปลาทองด้วยอาหาร 4 สูตร ได้แก่ อาหารที่ไม่เสริมสไปรูลินา และอาหารที่เสริมสไปรูลินาแห้งที่ระดับ 1, 3, 5% เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จากการวัดสีตัวปลาด้วยระบบการวัดค่าสีแดง (a value) ค่าสีเหลือง (b value) และค่าความสว่าง (L value) พบว่าการเสริมสไปรูลินาในอาหารมีผลทำให้สีตัวของปลาทองมีสีเหลือง และแดงเพิ่มมากขึ้นตามระดับของสาหร่ายสไปรูลินาที่เสริมในอาหาร ระดับสีที่วัด 3 ระดับ คือ ค่า L (ระดับสีขาว-ดำ) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในชุดการทดลองที่ไม่เสริมสไปรูลินา 50.86 ในขณะที่ในชุดการทดลองที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับ 1, 3 และ 5% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.23, 48.53 และ 47.53 ตามลำดับ ค่า a (ระดับสีแดง-เขียว) มีค่าเฉลี่ยสีตัวปลาในชุดการทดลองที่ไม่เสริมสไปรูลินา 11.70 ในขณะที่ชุดการทดลองที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับ 1, 3 และ 5% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.87, 20.30 และ 23.68 ตามลำดับ และค่า b (ระดับสีเหลือง-น้ำเงิน) มีค่าเฉลี่ยสีตัวปลาในชุดการทดลองที่ไม่เสริมสไปรูลินา 18.36 ในขณะที่ในชุดการทดลองที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับ 1, 3 และ 5% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.86, 31.74 และ 35.53 ผลของสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโต พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินาที่ระดับ 3% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมสไปรูลินาแห้งในอาหาร 3-5% สามารถเร่งสีของปลาทองให้มีสีเหลืองและแดงได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม สีของตัวปลาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องควบคุมเพื่อให้ได้ตรงกับความต้องการของตลาด ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม ได้แก่ การขาดแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ในอาหาร ทำให้สีของปลาสวยงามไม่ตรงตามความต้องการของตลาด การปรับปรุงสีของปลาสวยงามสามารถทำได้โดยการเสริมแคโรทีนอยด์ในอาหาร (Lastcha, 1991) แคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป สัตว์น้ำทั้งกุ้งและปลา ไม่สามารถสร้างแคโรทีนอยด์ขึ้นในร่างกายได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่กินเท่านั้น (Estermann, 1994) อย่างไรก็ตาม สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ประกอบไปด้วยสารหลายชนิด เช่น บีตา-แคโรทีน (β-carotene), เซียแซนทีน (zeaxanthin), ลูทีน (lutein), แอสตาแซนทีน (astaxathin) และแคนตา-แซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น แคโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการใช้งานในสัตว์น้ำ (bioavailability) แตกต่างกัน (Chein and Jeng, 1992) นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปแคโรทีนอยด์อิสระและในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งของสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน

แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นมาก การประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากวัสดุธรรมชาติ ตลอดจนวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมจึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต เช่น การใช้เซลล์สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina* sp.) หรือบีตา-แคโรทีน ที่สกัดจากสาหร่ายดูนาลิเอลล่า (*Dunaliella* sp.) และแอสตาแซนทีนจากสาหร่ายฮีมาโตคอกคัส (*Haematococcus pluvialis*) เป็นต้น อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำแต่ละชนิดสามารถใช้แคโรทีนอยด์ได้มีประสิทธิภาพต่างกันไป การศึกษาในกุ้งคุรุมา (Kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*) พบว่าแอสตาแซนทีนเป็นสารสีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเร่งสี (Chein and Jeng, 1992) ส่วนในกุ้งกุลาดำ สามารถใช้ได้ทั้งแอสตาแซนทีน และบีตา-แคโรทีน (Liao *et al*.,1993) นอกจากชนิดของแคโรทีนอยด์แล้ว ปริมาณของแคโร-

ทีนอยด์ในอาหารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อการเร่งสี จากการศึกษาการใช้สาหร่ายสไปรูลินาเสริมในอาหารของกุ้งกุลาดำ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของเซลล์แห้ง 3-5% จะมีประสิทธิภาพในการเร่งสีไม่แตกต่างกัน (Liao *et al*., 1993) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแคโรทีนอยด์จากเซลล์สาหร่ายสไปรูลินาแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลที่มีต่อสีตัวของปลาทอง อันเป็นการปรับปรุงคุณภาพปลาสวยงาม และเป็นการเพิ่มมูลค่าปลาสวยงามเพื่อการส่งออกได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการศึกษา

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลาทองที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์ชุดเดียวกันมาอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้ปรับสภาพให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของการวิจัย และให้กินอาหารสูตรควบคุมวันละ 3 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. 12.30 น. และ 16.30 น. คัดปลาทองที่มีขนาดตัวใกล้เคียงกันเลี้ยงในตู้ทดลองปริมาตร 80 ลิตร จำนวน 8 ตัว/ตู้ ทั้งหมด 12 ตู้ หลังจากปลาปรับสภาพได้แล้ว จึงชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลาในแต่ละตู้ จัดแผนการทดลองแบบ CRD (complete randomized design) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยตู้ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) (Zar, 1984)

การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมอาหารทดลองโดยผสมสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีแช่แข็งแห้ง (freeze dried) 1, 3 และ 5% ในอาหาร ส่วนอาหารสำหรับชุดควบคุมเตรียมเช่นเดียวกันกับอาหารทดลองโดยไม่เสริมเซลล์สาหร่ายสไปรูลินาแต่อย่างใด อาหารทดลองสำหรับปลาทองจัดเตรียมโดยคำนวณจากคุณค่าทางโภชนาการของวัสดุอาหารให้มีปริมาณโปรตีนรวม 38% โดยมีส่วนผสมดังแสดงใน Table 1 เติมน้ำ 30% เพื่อให้อาหารจับตัวเป็นก้อน จึงนำไปผ่านเครื่องอัดเม็ด ให้เป็นเม็ด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. จึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 65ºC เป็นเวลา 4 ชั่วโมง อาหารที่เตรียมเสร็จแล้ว บรรจุในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC

Table 1. Ingredients of the test diets.

	% in diet			
	Control	**1% Spirulina**	**3% Spirulina**	**5% Spirulina**
Fish meal	33	32	30	28
Soybean meal	35	35	35	35
Rice bran	15	15	15	15
Wheat flour	8	8	8	8
Vitamin mixture*	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral mixture**	0.5	0.5	0.5	0.5
Fish oil	2	2	2	2
Rice flour	3	3	3	3
Freeze dried Spirulina	0	1	3	5

*** Vitamin / kg diet: Thiamine (B_1) 10 mg; Riboflavin (B_2) 20 mg; Pyridoxine (B_6) 10 mg; Cobalamin (B_{12}) 2 mg; Retinal (A) 4 mg; Cholecalciferol (D_3) 0.4 mg; Phylloquinone (K_1) 80 mg; Folic acid 5 mg; Calcium pantothenate 40 mg; Inositol 400 mg; Niacin 150 mg; Tocopherol (E) 60 mg; Choline 6000 mg; Ascorbic acid (C) 500 mg**

**** Mineral / kg diet: NaCl 0.25 g; $MgSO_4$ 3.75 g; KH_2PO_4 8 g; $Ca(H_2PO_4)$ 5 g; $FeSO_4$ 0.72 g; $(CH_3COO)_2Ca.5H_2O$ 0.88 g; $ZnSO_4.7H_2O$ 0.088 g; $MnSO_4.4H_2O$ 0.040 g; $CuSO_4.5H2O$ 0.008 g; $CoCl_2.6H_2O$ 0.00025 g; $KIO_3.6H_2O$ 0.00075 g**

Table 2. Average body weight (g) of goldfish fed each test diet during 6 weeks of feeding trial.

	0 wk	2 wk	4 wk	6 wk
T1 (Control)	16.99±1.18^{ns}	18.04±1.23^{ns}	21.91±1.51^{ns}	22.81±1.03^{ab}
T2 (1% Spirulina)	16.27±0.01^{ns}	17.76±0.32^{ns}	21.04±0.55^{ns}	22.12±0.89^{b}
T3 (3% Spirulina)	16.27±0.01^{ns}	16.26±0.70^{ns}	21.14±0.48^{ns}	24.10±0.45^{a}
T4 (5% Spirulina)	16.27±0.01^{ns}	18.00±0.50^{ns}	21.41±0.37^{ns}	21.96±0.52^{b}

Means within columns not sharing the same superscript are significantly different (P<0.05)
ns = not significant (P>0.05)

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

การเจริญเติบโตของปลา

ชั่งน้ำหนักปลารวมในแต่ละตู้ทดลองทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทราบน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นโดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกจำนวนตัว เพื่อคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain %) การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed coversion rate) และอัตราการรอดตาย

การวัดการเปลี่ยนแปลงของสีตัวภายนอก

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 6 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างปลาทองทุกตัวในแต่ละชุดการทดลอง โดยสลบด้วยสารละลาย 100 ppm Quinaldine® แล้วนำมาวัดค่าสี โดยแยกวัดค่าความสว่าง (L value) ค่าสีแดง-เขียว (a value) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b value) ที่บริเวณผิวตัวปลาเหนือครีบอก (pactoral fin) และใต้ครีบอกโดยเครื่อง Colorsmeter (HunterLab® ColorFlex™) จากนั้นนำค่าสีที่วัดได้มาเฉลี่ยเป็นค่าสีของปลาแต่ละตัว เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีภายนอกของปลาในแต่ละชุดการทดลอง

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาทอง

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินาทั้ง 4 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์ แสดงใน Table 2 ทั้งนี้ในระยะแรกของการทดลอง (เริ่มทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 4) น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทองในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) แต่พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลามีความแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 6 โดยปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 3% และปลาทองในชุดควบคุม มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) และพบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา

Table 3. Weight gain (%), FCR and survivals of goldfish fed each test diet for 6 weeks.

	Weight gain (%)	FCR	% survivals
T1 (Control)	34.44±4.22^{b}	5.47±0.74^{ns}	100
T2 (1% Spirulina)	35.96±5.49^{b}	5.19±0.80^{ns}	100
T3 (3% Spirulina)	48.16±2.79^{a}	4.32±0.24^{ns}	100
T4 (5% Spirulina)	34.99±3.09^{b}	5.89±0.58^{ns}	100

Means within columns not sharing the same superscript are significantly different (P<0.05)
ns = not significant (P>0.05)

Figure 1. Body color of the goldfish fed each test diet for 6 weeks.

3% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มสูงสุด โดยแตกต่างจากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 1%, 5% และอาหารชุดควบคุมซึ่งไม่เสริมสไปรูลินาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม อัตราการแลกเนื้อ และการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงใน Table 3

สีบริเวณลำตัวของปลาทอง

จากลักษณะภายนอก พบว่า ปลามีสีส้มแดงและเหลืองทองชัดเจนบริเวณข้างลำตัวเมื่อได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 3-5% (Figure 1) ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินาแห้งที่ระดับ 1-5 % มีค่าความสว่างของสีตัว (ค่า L) ต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าระดับสีแดง-เขียว (ค่า a) ในปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 3-5% มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่ามีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 5% จะมีค่า a สูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการวัดค่าระดับสีเหลือง-น้ำเงิน (b) พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินาในระดับ 1-5% มีค่าสี b สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงใน Table 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำปลาทองมาเลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการเสริมสไปรูลินาที่ระดับความเข้มข้น 3% มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองมีค่าสูงสุดและแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ ขณะที่การเสริมสไปรูลินาในอาหาร 5% มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของสไปรูลินาในอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อสมดุลของกรดอะมิโนรวมในอาหาร การได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไม่สมดุลมีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลาทองลดลงได้ (Halver *et al*., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในกุ้งกุลาดำของ Liao และคณะ (1993) ซึ่งพบว่ากุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา

Table 4. Color values (L, a, b) of the goldfish fed each test diet for 6 weeks.

	L value	a value	b value
T1 (Control)	50.86±1.25[a]	11.70±2.66[c]	18.36±4.34[b]
T2 (1% Spirulina)	48.23±1.80[b]	18.87±2.44[b]	28.86±3.65[a]
T3 (3% Spirulina)	48.53±1.93[b]	20.30±4.77[ab]	31.74±8.53[a]
T4 (5% Spirulina)	47.53±1.52[b]	23.68±2.00[a]	35.53±4.86[a]

Means within columns not sharing the same superscript are significantly different (P<0.05)

5% มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารไม่เสริมสไปรูลินา นอกจากนี้ในการทดลองใช้โปรตีนเซลล์เดียว (single cells protein, SCP) เสริมในอาหารในปริมาณมากเกินจะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งอาจเกิดจากทั้งจากสมดุลของกรดอะมิโนรวมในอาหาร ตลอดจนอาจมีสารยับยั้งการเผาผลาญอาหาร (antimetabolites) อยู่ในเซลล์ที่นำมาใช้เป็นแหล่งของโปรตีนเซลล์เดียว (Kiessling and Askbrandt, 1993) ทั้งนี้การเสริมสไปรูลินาในอาหารไม่มีผลต่อการแลกเนื้อ และการรอดตายของปลาทอง เช่นเดียวกันกับการทดลองของ มะลิ และคณะ (2543) ซึ่งศึกษาผลของแอสตาแซนทีนสังเคราะห์ต่อการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ โดยทำการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย อัตรารอดตาย และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มของกุ้งที่ได้รับอาหารทดลองทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และสอดคล้องกับรายงานของ Yamada และคณะ (1990) ซึ่งทดลองเสริมแอสตาแซนทีนสังเคราะห์ บีตา-แคโรทีนสังเคราะห์ และแคนตาแซนทีนสังเคราะห์ในอาหารกุ้งคุรุมา พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเสริมสารสีสังเคราะห์ดังกล่าวทุกสูตร มีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

อย่างไรก็ตาม การเสริมสไปรูลินาในอาหารมีผลทำให้สีเหลือง และแดงของตัวปลาทองเพิ่มมากขึ้น โดยที่สีขาวจะลดลง โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของค่าระดับสีแดง-เขียว (a) และเหลือง-น้ำเงิน (b) ซึ่งจะสัมพันธ์กับสีแดงและเหลืองของตัวปลาที่เพิ่มขึ้น โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพต่อการเร่งสีในปลาทองคือระดับความเข้มข้นของสไปรูลินาแห้งในอาหาร 3-5% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Liao และคณะ (1993) ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของสาหร่ายสไปรูลินาแห้งในอาหารกุ้งกุลาดำ 3-5% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเปลือกกุ้ง ทั้งนี้ Ohkubo และคณะ (1999) รายงานว่า ปลาทองจะเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์จากอาหาร และสะสมในรูปแอสตาแซนทีน และบีตา-แคโรทีนเป็นหลัก จึงทำให้เกิดสีส้ม-เหลือง ในตัวปลาทอง สไปรูลินาซึ่งมีบีตา-แคโรทีน เป็นแคโรทีนอยด์หลักจึงสามารถเร่งสีเหลืองในตัวปลาทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเห็นได้จากค่าระดับสีเหลือง-น้ำเงิน (b value) ซึ่งเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองครั้งนี้การเสริมสไปรูลินาในอาหารในระดับความเข้มข้น 5% ส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาทองลดต่ำลงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 1-3% โดยที่มีค่าระดับสีเหลืองและแดงไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินา 3 และ 5% ดังนั้นการเสริมสไปรูลินาในอาหารปลาทอง 3% จึงเป็นระดับที่มีความเหมาะสมในการเร่งสี โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา

เอกสารอ้างอิง

มะลิ บุณยรัตผลิน, กิจการ ศุภมาตย์ และชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2543. ผลของสารสีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด ระบบภูมิคุ้มกันโรค และความต้านทานโรคกุ้งกุลาดำ. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 22(ฉบับพิเศษ): 633-639.

Chein, Y.H. and Jeng, S.C. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. Aquacult. 102: 333-346.

Estermann, R.1994. Biological functions of carotenoids. Aquacult. 124: 219-222.

Halver, J.E, Hardy, R.W. and Hardy, D.M. 2002. Fish Nutrition, Academic Press New York.

Kiessling, A. and Askbrandt, S. 1993. Nutritive value of two bacterial strains of single-cell protein for rainbow trout (*Oncorchynchus mykiss*) Aquacult. : 119-130.

Lastcha, T. 1991. Carotenoids in aquatic animal nutrition. Proceeding of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Bangkok, Thailand, Sep. 19-25 1991. pp. 68-78.

Liao, W.L., Nur-E-Borhan, S.A., Okada, S., Matsui, T. and Yamaguichi, K. 1993. Pigmantation of cultured black tiger prawn by feedimg with a Spirulina-supplemented diet. Nippon Suisan Gakkaishi 59(1): 165-169.

Ohkubo, M., Tsushima, M., Maoka, T. and Matsuno, T. 1999. Carotenoids and their metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). Comp. Biochem. Physio. B 124: 333-340.

Yamada, S., Tanaka, Y., Sameshima, M. and Ito, Y. 1990. Pigmentation of prawn (*Penaeus japonicus*) with carotenoids I. Effect of dietary astaxanthin, b-carotene and canthaxanthin on pigmentation. Aquacult. 87: 323-330.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. 2nd edition. New York. Prentice-Hall.