ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าสด ต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ และคาโรทีนอยด์ ของปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.)

Effect of raw *Spirulina* on growth performance, nutrition valued and carotenoid in red Tilapia (*Oreochromis* sp.)

จงกล พรมยะ [1] เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ [1] ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหารอ.สันทรายจ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ใช้ปลานิลแดงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวประมาณ 27 กรัม โดยใช้บ่อดินขนาด 5 x 5 x 1 เมตร สูตรอาหารทดลองมี 4 สูตร แต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ โดยอาหารสูตรที่ 1 – 4 มีส่วนผสมของ สาหร่ายสไปรูลิน่าสดที่ระดับ 0 , 45 , 50 และ 55 % ตามลำดับ ปรับอาหารทุกสูตรให้มีระดับของโปรตีนใกล้เคียงกันเท่ากับ 30 % ใช้เวลาการเลี้ยงเป็นเวลา 5 เดือน จากผลการทดลองพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % มีอัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าสด ทำให้คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณของคาโรทีนอยด์รวม (total carotenoid) ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นตามระดับ ของสาหร่ายสไปรูลินาสดที่ผสมในอาหาร

Abstract

A 5 – month feeding trail was carried out for red Tilapia (*Oreochromis* sp.) with an initial average weight of 27 g for size 5 x 5 x 1 m. in earthen ponds. Feeds containing varying percentages of raw *Spirulina* 0 , 45 , 50 and 55 % were tested with three replications for each treatment. All the feeds were formulated to contain dietary requirement for the Tilapia 30 % protein. The results showed that the feed with 55 % raw *Spirulina platensis* achieved the best performance survival rate and protein efficiency ratio. The nutritional value and total carotenoid contents in fish increased with the level of raw *Spirulina platensis* in feed.

คำนำ

ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารธรรมชาติ โดยเฉพาะสาหร่าย และแพลงก์ตอน ซึ่งสามารถจัดระบบบ่อเลี้ยงปลาให้เป็นระบบนิเวศน์แบบปิดได้ (Takeuchi *et al* .,1997) จากการศึกษาอาหาร ในกระเพาะอาหารของปลานิล (stomach contents of nile tilapia) พบว่า ในกระเพาะอาหารของปลานิล พบพวกแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 68.14 % แมลง 30.53 % และอื่น ๆ 1.33 % (Pranot , 1999) สาหร่ายสาหร่ายสไปรูลิน่า มีโปรตีนสูงถึง 70 % ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีรงควัตถุที่มีมูลค่าสูงอีกหลายชนิด เช่น phycocyanin , allophycocyanin ,beta-carotene, chlorophyll-a และกรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัว เช่น gamma- linolenic acid ; GLA เป็นกรดไขมันจำเป็นตัวหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจทางการแพทย์ และอุตสาหกรรม รงควัตถุ phycocyanin และ allophycocyanin สามารถนำมาใช้เป็นสารติดตามในงานด้าน immunno assays microscopy เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเรืองแสง (Nakamura, 1982 ; Venkataraman, 1983) มีการใช้สาหร่าย *S. platensis* สดอนุบาล และเลี้ยงปลานิลแดงจนถึงระยะวางไข่ พบว่า ปลานิลมีอัตราการผสมพันธุ์ อัตราการฟักออกเป็นตัว และอัตรารอดของลูกปลาสูงกว่า การใช้อาหารปลาทั่วไป และสาหร่าย *S. platensis* สดทำให้เนื้อปลา มีกรดไขมันจำพวก linoleic acid , Gamma- linolenic acid สูงกว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงในอาหารทั่วไป และเราสามารถเลี้ยงสาหร่าย หรือแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติ เพื่อผลิตอาหารปลา และสามารถลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร (Lu *et al*., 2004)

มีการนำสาหร่ายสไปรูลิน่าแทนปลาป่น 5 ระดับคือ 0, 25, 50, 75และ 100 % ในอาหารปลายี่สกเทศ พบว่าการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่าในระดับที่สูงกว่า 25 % ส่งผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด และอัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำที่สุด จึงกล่าวได้ว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพ ที่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนสูง และแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะสาหร่าย *S. platensis*ไม่มีผนังเซลล์ (cell well) จึงทำให้ง่ายต่อการย่อย และดูดซึม (Becker and Venkataraman, 1984 ; Nandeesha *et al*., 1998)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะพัฒนาการเลี้ยงปลานิลแดงโดย สาหร่ายสไปรูไลนาสด ผสมกับรำ เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณ carotenoid ของเนื้อปลา และการเจริญเติบโตของปลานิลแดง รวมทั้งศึกษาคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่เกษตรกรจะมีปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำ ปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ในบ่อทำให้ปลาตาย ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาด้านต่าง ๆ ที่จะมีเกณฑ์มาตรฐานเพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ในการปฏิบัติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. **การเตรียมอุปกรณ์** มีบ่อดินขนาด 5 x 5 x 1 เมตร ทำความสะอาดบ่อ และใส่ปูนขาว 50-100 กก./ ไร่ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน และเติมน้ำจากบ่อพักน้ำ ให้ระดับน้ำในบ่อทดลองสูง 0.80 เมตร ใส่ปุ๋ยคอก 250

กก. / ไร่ เพื่อให้เกิดแพลงก์ตอนในบ่อ และติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศ โดยให้อากาศตอนกลางคืน และวันที่อากาศปิด

2. **การเตรียมสัตว์ทดลอง** ปลานิลแดง จำนวน 3,600 ตัว จากคณะเทคโนโลยีการประมงฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ใช้ปลาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 25 – 27 กรัม มาเลี้ยงในกระชังพื้นที่ 5 x 6 x 0.80 เมตร และให้อากาศ เพื่อให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารทดลอง 2 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรควบคุม ที่ใช้ในการทดลองนี้ (อาหารสูตรที่ 1) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. และ 16.30 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหาร และนำลูกปลาตรวจสอบสุขภาพ ไม่มีโรคใดๆ จากนั้นจึงคัดขนาดให้ใกล้เคียงกัน และจึงนำมาเลี้ยงในบ่อดินทดลองขนาด 5 x 5 x 1 เมตร จำนวน 100 ตัว/ ซ้ำ (300 ตัว / ชุดการทดลอง)

3. **การเตรียมสาหร่ายสไปรูลิน่า** นำหัวเชื้อ สาหร่ายสไปรูลิน่า (ภาพที่ 1 และ 2) จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มาเพาะเลี้ยงขยายในบ่อ raceway pond ขนาด 2.5 x 15 x 0.20 เมตร ความหนาแน่นของ เซลล์สาหร่ายเริ่มต้นที่ค่า OD เท่ากับ 0.30 โดยวัดจากเครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR 2000 ที่ค่า optical density (OD) ที่ความยาวคลื่นแสง 560 นาโนเมตร เมื่อเพาะเลี้ยงประมาณ 7 วัน ค่า OD เท่ากับ 0.8- 1 เก็บเกี่ยวผลผลิตของสาหร่ายสดทุกๆ 7 วัน นำไปผสมรำ เป็นอาหารปลา และนำอาหารปลาไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิท นำบรรจุถุงเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (จงกล และขจรเกียรติ์, 2548)

4. **การเตรียมอาหารทดลอง** เตรียมวัตถุดิบได้แก่ อาหารสำเร็จรูปที่ซื้อ จากร้านขายอาหารสัตว์ สาหร่ายสไปรูลิน่าสด รำ นำมาเตรียมสูตรอาหารผสม สาหร่ายดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 อาหารสำเร็จรูป ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด 0 % ระดับโปรตีน 30 %

หน่วยทดลองที่ 2 รำ 55 % ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด 45 % ระดับโปรตีน 30 %

หน่วยทดลองที่ 3 รำ 50 % ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด 50 % ระดับโปรตีน 30 %

หน่วยทดลองที่ 4 รำ 45 % ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด 55 % ระดับโปรตีน 30 %

นำอาหารปลาทั้ง 4 หน่วยทดลอง (ภาพที่ 3) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ส่วนปริมาณคาร์ไฮเดรต หรือไนโตรเจนฟรีเอ็กแทร็ก (nitrogen free extract, NFE) คำนวณจาก 100-(ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) และ Carotenoid content ตามวิธีของ AOAC (1990) ดังแสดงใน ตาราง 1 และคำนวณสูตรอาหารแต่ละสูตรให้มีโปรตีน 30 %

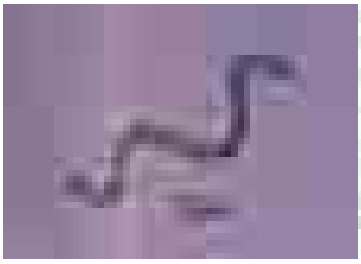
5. **แผนการทดลอง และการเก็บรวมรวมข้อมูล** วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD: Completely Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (ดังข้อ 4) ศึกษาปริมาณ Carotenoid ในเนื้อปลา และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลแดง เริ่มจากสุ่มปลาในกระชังที่พักปลาไว้ และปล่อยลงในบ่อทดลองขนาด 5 x 5 x 1 เมตร จำนวน 100 ตัว/ ซ้ำ โดยที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 25 – 27 กรัม / ตัว ให้อาหารทดลอง วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. และ 16.30 น. ให้ปลากินอาหารประมาณ3-5 % ต่อน้ำหนักตัว / วัน บันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินทุกสัปดาห์ ตลอดการทดลอง 5 เดือน และตรวจคุณภาพน้ำ ทุก

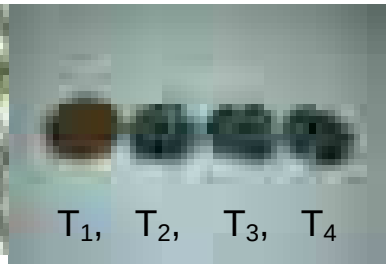
2 สัปดาห์ เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (total dissolved solids) ความนำไฟฟ้า (Conductivity) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen ; DO) ความเป็นด่าง (total alkalinity) แอมโมเนีย (ammonia) ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (orthophosphate phosphorus)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของ อาหารปลาก่อนการทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)

หน่วยทดลอง	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	เถ้า (%)	ความชื้น (%)	Carotenoid content (mg/g feed)
T_1 **อาหารปลาที่มีจำหน่ายในตลาด**	30.00 ± 0.41	37.60± 0.65	6.00± 0.47	3.50± 0..23	15.10± 0.18	7.80± 0.41	0.05± 0.07
T_2 **รำ 55 % ผสมสาหร่ายสด 45 %**	30.84± 0.28	48.11± 0.71	2.17± 0.24	1.52± 0.11	6.86± 0.21	10.50± 0.41	1.80 ± 0.46
T_3 **รำ 50 % ผสมสาหร่ายสด 50 %**	30.00± 0.67	49.64± 0.45	2.31± 0.30	1.55± 0.89	6.65± 0.54	9.85± 0.41	2.00± 0.31
T_4 **รำ 45 % ผสมสาหร่ายสด 55 %**	31.10± 0.23	47.56± 0.65	2.52± 0.32	1.62± 0.11	7.10± 0.26	10.10± 0.41	2.20 ± 0.60

.





ภาพ1 *Spirulina platensis* เซลล์เดียว ภาพ 2 *Spirulina platensis* เป็นกลุ่มเซลล์ ภาพ 3 อาหารปลา

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การตรวจสอบพฤติกรรม และลักษณะที่แสดงออกภายนอก ในขณะทำการทดลอง สังเกตลักษณะภายนอกทั่วไปของปลาทุกชุดทดลอง เพื่อติดตามสุขภาพของปลา การกินอาหารของปลา และความสะอาดของน้ำ ในบ่อโดยเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 20 % ของปริมาตรน้ำทั้งหมด

6.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของปลา ชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยการสุ่มปลามา 10 -15 ตัว แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปประเมินค่า น้ำหนักเพิ่มขึ้น (% Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate ; SGR % /วัน) อัตราการเจริญเติบโต (ADG ; กรัม / ตัว / วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอด (%) และศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ (%) นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยใน แต่ละค่า ใช้ในการคำนวนดังนี้

1.1 อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น = $\frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$

1.2 Specific Growth .Rate (SGR) % / day เท่ากับ

$$SGR = \frac{(\text{In น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{In น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}} \times 100$$

1.3 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ ตัว / วัน)

$$\frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

1.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate; FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ (g)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}}$$

1.5 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio; PER)

$$PER = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน}}$$

1.6 อัตราการรอดตาย $= \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$

1.7 ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ประเมินจาก

Marginal rate of net return (%) = □ ผลตอบแทน x 100 / □ ต้นทุนการผลิต

6.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทดลอง สุ่มตัวอย่างปลาก่อนเริ่มทดลอง และหลังทดลองแต่ละชุดการทดลองจำนวน 10 ตัว ไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 48 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์ไฮเดรต หรือไนโตรเจนฟรีเอ็กแทร็ก (nitrogen free extract, NFE) คำนวณจาก 100-(ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) คาร์โบไฮเครด ตามวิธีของ AOAC (1990)

6.4 การศึกษาปริมาณคาโรทีนอยด์ในอาหารปลา และเนื้อปลา ในอาหารปลาทดลองใช้ปริมาณ 20 กรัม/ ซ้ำ และ ในเนื้อปลา โดยสุ่มปลา 4-5 ตัว จากทุกชุดการทดลอง นำมาสับให้ละเอียด นำไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 60 ° C นาน 12 ชั่วโมง และบดให้ละเอียดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปริมาณ 20 กรัม/ ซ้ำ ทั้งอาหารปลา และเนื้อปลา นำมาสกัดหาปริมาณคาโรทีนอยด์ ตามวิธี ของ (Sommer *et al*., 1992)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบผลของการใช้สาหร่ายสด ต่อ น้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโต / วัน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอดตาย ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ ปริมาณคาโรทีนอยด์ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และ คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี แต่ละหน่วยทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่าง

ระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการทดลอง

1. **การเจริญเติบโต**

1.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาอยู่ในช่วง 21.00 ± 1.00 – 27.67 ± 2.08 กรัม (ตาราง 2) น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยงและเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 2 ($p < 0.05$) ของการเลี้ยง โดยในเดือนที่ 2 และ 3 ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 45 – 55 % มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนเดือนที่ 4 ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 5 พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสดระดับ 45 – 55 % และไม่เสริมสาหร่ายสไปรูลินาสด มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักตัวเฉลี่ย(กรัม/ ตัว)ของปลานิลแดง ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 5 เดือน

หน่วยทดลอง *Spirulina*	**สด (%)**	**ระยะเวลาการเลี้ยง (เดือน)**					
		0	1	2	3	4	5
T 1	0	27.67 ±2.08^{ns}	44.45 ±3.85^{ns}	45.00 ±3.00^{b}	58.33 ±7.64^{b}	103.33 ±5.77^{a}	111.67 ±12.58^{ns}
T2	45	25.00 ± 3.00^{ns}	43.55 ±3.85^{ns}	46.33 ±4.51^{ab}	61.00 ±3.00^{a}	93.33 ±5.77^{ab}	97.67 ±2.52^{ns}
T3	50	21.00 ± 1.00^{ns}	45.00±3.33^{ns}	47.33 ±0.58^{ab}	66.67 ±11.55^{a}	96.00 ±5.29^{a}	110.67 ±6.03^{ns}
T4	55	27.25 ± 1.39^{ns}	45.00±1.67^{ns}	52.33 ±2.52^{a}	62.67±6.43^{a}	85.00 ±5.00^{b}	108.33 ±14.43^{ns}

1.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มขึ้นของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 306.46 ± 66.39 – 384.99 ± 118.84 % และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 3)

1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 0.78 ± 0.09 – 0.87 ± 0.15 % / ตัว / วัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 3)

1.4 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม / ตัว / วัน) ปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 0.48 ± 0.02 - 0.54 ± 0.05 กรัม / ตัว / วัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 3)

1.5 อัตราการรอดตาย ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % อัตราการรอด 80.00 ± 2.00 % ซึ่งมีค่ามากกว่าปลาที่กินอาหารผสมสาหร่ายสด 50 % , 45 % และปลาที่กินอาหารไม่ผสมสาหร่าย สไปรูลินาสด ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 3)

1.6 อัตราการแลกเนื้อ ปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 1.28 ± 3.29 – 1.79 ± 0.49 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโต / วัน อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อ ของปลานิลแดง ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 5 เดือน

หน่วยทดลอง	*Spirulina* สด (%)	น้ำหนักเพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม / ตัว/ วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการแลกเนื้อ (% / ตัว/ วัน)
T_1	0	306.46 ± 66.39^{ns}	0.78 ± 0.09^{ns}	0.53 ± 0.04^{ns}	63.00 ±1.73^{c}	1.78 ± 0.62^{ns}
T_2	45	322.07 ± 60.65^{ns}	0.81 ± 0.07^{ns}	0.49 ± 0.01^{ns}	64.33 ± 1.15^{c}	1.43 ± 1.16^{ns}
T_3	50	384.99 ± 118.84^{ns}	0.87 ± 0.15^{ns}	0.54 ± 0.05^{ns}	73.33 ± 1.53^{b}	1.28 ± 3.29^{ns}
T_4	55	317.30 ± 57.03^{ns}	0.81 ± 0.07^{ns}	0.48 ± 0.02^{ns}	80.00 ± 2.00^{a}	1.79 ± 0.49^{ns}

1.7 **ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน** ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % มีค่าเท่ากับ 0.13 $\pm$ 0.02 ซึ่งสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50%, 45 % และชุดควบคุม ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 4)

1.8 **ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์** ของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % และ 45 % มีค่าเปอร์เซ็นต์ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % และชุดควบคุม ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 4)

2. **คาโรทีนอยด์ในเนื้อปลา**

คาโรทีนอยด์ในเนื้อปลาก่อนทดลองของปลา ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 0.63$\pm$ 0.01 – 0.67$\pm$0.01 mg/g fish และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4) ส่วน คาโรทีนอยด์ในเนื้อปลาหลังการทดลองของปลา ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด แต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสไปรูลินาที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด มีปริมาณคาโรทีนอยด์ต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$) (ตาราง 4)

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ และคาโรทีนอยด์ ในเนื้อปลานิลแดง ก่อนและหลังทดลอง ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 5 เดือน

หน่วยทดลอง	*Spirulina* สด (%)	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ (%)	คาโรทีนอยด์ ในเนื้อปลาก่อนทดลอง (mg / g fish)	คาโรทีนอยด์ ในเนื้อปลาหลังการทดลอง (mg / g fish)
T_1	0	0.09 ± 0.02^{b}	104.56 ± 0.01^{c}	0.63 ± 0.01^{ns}	4.07 ± 0.10^{c}
T_2	45	0.09 ± 0.01^{b}	141.23±0.07^{a}	0.65 ± 0.01^{ns}	10.23 ± 0.62^{b}
T_3	50	0.11 ± 0.01^{ab}	149.03 ± 0.15^{a}	0.66 ± 0.01^{ns}	11.88 ± 0.47^{a}
T_4	55	0.13 ± 0.02^{a}	132.65 ± 0.07^{b}	0.67 ± 0.01^{ns}	12.43 ± 0.39^{a}

3. **องค์ประกอบทางโภชนาการของปลา** องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง แสดงในตารางที่ 5 โดยพบว่า

โปรตีน ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % มีค่ามากกว่าในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % , 45 % และชุดควบคุม ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

ไขมัน ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 45 % มีเปอร์เซ็นต์ไขมันมากกว่า เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % , 50 % และชุดควบคุม และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

คาร์โบไฮเดรต เนื้อปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา (ชุดควบคุม) และในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 45 % มีค่ามากกว่าในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % และ 50 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

เยื่อใย เนื้อปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด (ชุดควบคุม) เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % และ 50 % มีเปอร์เซ็นต์ เยื่อใยมากกว่า เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 45 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

ความชื้น เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % , 45 % และชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

เถ้า เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % มีเปอร์เซ็นต์เถ้ามากกว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % , 45 % และชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 5)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลแดง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 5 เดือน

องค์ประกอบทางโภชนาการ (% โดยน้ำหนักแห้ง)	T_1 **สไปรูลินาสด** 0 %	T_2 **สไปรูลินาสด** 45 %	T_3 **สไปรูลินาสด** 50 %	T_4 **สไปรูลินาสด** 55 %
โปรตีน	23.23 ± 0.12^{c}	24.66 ± 0.68^{b}	25.37 ± 0.25^{b}	26.53 ± 0.38^{a}
ไขมัน	3.64 ± 0.07^{b}	5.51 ± 0.30^{a}	3.33 ± 0.15^{b}	3.38 ± 0.24^{b}
คาร์โบไฮเดรต	45.69 ± 0.52^{a}	45.01 ± 0.43^{a}	39.92 ± 0.45^{b}	40.54 ± 0.43^{b}
เยื่อใย	3.43 ± 0.19^{a}	2.45 ± 0.31^{b}	3.46 ± 0.13^{a}	3.58 ± 0.18^{a}
ความชื้น	12.44 ± 0.29^{c}	12.94 ± 0.56^{c}	14.58 ± 0.36^{a}	13.68 ± 0.16^{b}
เถ้า	11.57 ± 0.21^{c}	9.43 ± 0.15^{d}	13.30 ± 0.21^{a}	12.29 ± 0.06^{b}

4. **คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง** จากตารางที่ 6 พบว่า

อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในบ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 45 % , 50 % , 55 % และชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (total dissolved solid) (TDS ; mg / l)) ในบ่อปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 45 % และ 50 % มีค่ามากกว่าในบ่อปลาที่กินอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด (ชุดควบคุม) และบ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 6)

ความนำไฟฟ้า (conductivity ; µs / cm) ในบ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 50 % มีค่ามากกว่าในบ่อปลาที่กินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 45 % , 55 % และชุดควบคุม (ในบ่อปลาที่กินอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 6)

ค่าความเป็นด่าง (total alkalinity) **และค่าออกซิเจนละลายน้ำ** (dissolved oxygen) ในบ่อปลาที่กินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % และ 50 % มากกว่า บ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 45 % แต่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) และทั้ง 4 หน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 6)

แอมโมเนีย (ammonia ; NH_3 – N) ในบ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด) แต่มากกว่าบ่อที่ปลากินสาหร่ายสไปรูลินาสด 50 % และ 45 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 6)

ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Orthophosphates phosphorus) ในบ่อปลากินอาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด มีค่ามากกว่าในบ่อที่ปลากินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 % , 45 % และ 50 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 6)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง ตลอดระยะเวลา การเลี้ยงทั้ง 5 เดือน

คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี	T_1 **สไปรูลินา สด** 0 %	T_2 **สไปรูลินา สด** 45 %	T_3 **สไปรูลินา สด** 50 %	T_4 **สไปรูลินา สด** 55 %
อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}$C)	26.80 ± 1.00 ^{ns}	27.27 ± 0.29 ^{ns}	27.33 ± 0.29 ^{ns}	28.17 ± 0.29 ^{ns}
pH	7.09 ± 0.26 ^{ns}	7.18 ± 0.07 ^{ns}	7.27 ± 0.25 ^{ns}	7.00 ± 0.20 ^{ns}
TDS (mg / l)	123.33 ± 5.77 ^{b}	143.33 ± 5.77 ^{a}	133.33 ± 15.28 ^{ab}	120.00 ± 0.00 ^{b}
Conductivity (µs / cm)	240.00 ± 20.00 ^{c}	313.33 ± 5.77 ^{b}	346.67 ± 5.77 ^{a}	240.00 ± 10.00 ^{c}
Alkalinity (mg / l)	27.33 ± 0.58 ^{a}	25.83 ± 0.76 ^{b}	27.33 ± 0.29 ^{a}	27.50 ± 0.50 ^{a}
DO (mg / l)	10.90 ± 0.26 ^{ab}	10.40 ± 0.35 ^{b}	11.20 ± 0.00 ^{a}	11.40 ± 0.35 ^{a}
NH_3-N (mg / l)	0.14 ± 0.01 ^{a}	0.09 ± 0.01 ^{c}	0.11 ± 0.00 ^{b}	0.15 ± 0.00 ^{a}
PO_4-P (mg / l)	0.17 ± 0.01 ^{a}	0.10 ± 0.01 ^{c}	0.10 ± 0.00 ^{c}	0.14 ± 0.01 ^{b}

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด หน่วยทดลองที่ 4 รำ 45 % ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด 55 % ส่งผลให้การเจริญเติบโต (อัตราการรอดตาย : ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน) ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งมีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Positive control) ในขณะที่สาหร่ายสไปรูลินาสด 45 % ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ซึ่งอัตราการรอดตาย คล้ายการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลินาสด 100 % เลี้ยงปลานิลทำให้ปลามีอัตราการรอดสูงกว่าสูตรอาหารควบคุม (Lu *et al*., 2004) ผลการศึกษาครั้งนี้ คล้ายกับการทดลอง Nandeesha *et al*.(1998) ในการทดลองใช้ปลายี่สกเทศ พบว่า การแทนที่ปลาป่นด้วย สาหร่ายสไปรูลินาสูงกว่า 25 % ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และ คล้ายกับการทดลอง วุฒิพร และอัญชลี (2548) การทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 10 % ผสมในอาหารปลาดุก มีผลให้ปลาดุกมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และปลาดุกมีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น และมีการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผง 10-15 % ผสมในอาหารปลานิลแดง ทดแทนปลาป่นเพื่อให้โปรตีนในอาหารปลาเท่ากับ 30 % มีผลให้ปลานิลแดง มีอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด และปลานิลแดง มีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2546) ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่า สาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูงอีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลลูโลส อย่างไรก็ตามระดับการผสมสาหร่ายสไปรูลินาในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลาและการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน

จากการศึกษาของ Sato and Regier (1971) พบว่า ระดับของคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับที่อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสดในอาหาร ซึ่งอยู่ในรูปของคาโรทีนอยด์รวม (total carotenoids) โดยการสะสมของคาโรทีนอยด์ปลา พบว่า มีการสะสมบริเวณผิวหนัง เนื้อ ไข่ และตับ และมีการทดลองนำเบตาคาโรทีน ลูทีน (Lutein) และซีเอแซนทีน ที่มีคาร์บอนกัมมันตรังสี (radio – actuve carbon) ผสมในอาหารปลาเราโบว์เทราท์ จากนั้น 48 ชั่วโมง สามารถตรวจพบ คาโรทีนอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่บริเวณผิวหนัง เนื้อ ตับ และระบบทางเดินอาหารสอดคล้องกับ Latscha (1991) กล่าวว่า สาหร่ายสไปรูลินามีผล ต่อการเกิดสีในหนังและเนื้อของสัตว์น้ำ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณ และระยะเวลา รวมทั้ง คาโรทีนอยด์มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (Nakano *et al*., 2003)

สรุปผลการทดลอง

1. สามารถใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดทดแทนปลาป่นหรือแหล่งอาหารโปรตีนสูงจากแหล่งอื่น ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลแดงได้ถึง 50 – 55 % โดยช่วยเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหาร

2. การผสมสาหร่ายสไปรูลินามีผลต่อการเพิ่มระดับคุณค่าทางโภชนาการ และคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลาโดย ระดับสาหร่ายที่สามารถส่งผลต่อ คาโรทีนอยด์ในเนื้อปลา ดีที่สุด คือ อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 55 %

คำขอบคุณ

ทุนสนับสนุนการวิจัย จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และ คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

จงกล พรมยะ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ. ภาคเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

จงกล พรมยะ, เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร และชนกันต์ จิตมนัส .2546. การพัฒนา สาหร่าย *Spirulina platensis* ระดับพื้นบ้านเพื่อเป็นอาหารเร่งสีเนื้อปลานิลแดง. การประชุมสัมมนาวิชาการ งานวันเกษตร และเทคโนโลยี ครั้งที่3 ระหว่างวันที่ 5-6 ธันวาคม 2546 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และอัญชลี พิพัฒนวัฒนากุล . 2548. ผลของสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดี ในปลาดุกพันธุ์ผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus* (Burchell) วารสาร สงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1) 115-132.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington DC.

Becker, E. W. and Venkataraman, L. V. 1984. Production and utilization of blue – green alga. *Spirulina platensis.* In India. Biomass., 4 : 105 – 125.

Boyd, C. E. and Tucker, C. S. 1992. Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquacult. Auburn University , Alabama.

Duncan, P. L. and Klesius, P. H. 1996. Effects of feeding *Spirulina* on specific and non – specific immune responses of channel catfish. J. of Aquat. Anim. Heal., 8 : 308 – 313.

Latscha, T. 1991. Carotenoid in aquatic animal nutrition. In Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Pp. 68 – 79. (eds. Akiyama, D. M. and Tan , R. K. H.) Thailand and Indonesia, 19 – 25 september 1991, Thailand.

Lu, J. and Takeuchi T. 2003. Taste of Tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. Fisheries science 68 (supp. 1) , The Japanese Society of Fisheries Science Tokyo JAPAN, P. 987 – 988.

Lu J ., Toshio T. and Hiroo S. 2004. Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Article in press, corrected Proof-Not to users.

Nandeesha, M. C., Gangadhara, B., Varghese, T.J. and keshavanath, P. 1998. Effect of Feeding *Spirulina platensis* on the growth , proximate composition and organoleptic quality of common carp , L. Aquacult. Res., 29 : 305 – 312.

Nakamura, H. 1982. *Spirulina* : Food for Hungry World. University of the Tress. Prss, Boulder Creek., California.

Nakono, T., Yamaguchi, T., Sato, M. and Iwama, G. K. 2003. Biological effects of carotenoids infish. International Seminar "Effective Utilization of Marine Food Resource". Songkhla, Thailand. 18 December. Pp. 1 – 15.

Pranot, W. 1999. The study about stomach contents of Nile tilapia in Chiang-Mai. Bachelor ' s degree fisheries, Maejo University, Chiang Mai, Thailand.

Sato, A. and Regier, L. W. 1971. Pigmentation of brook Trout (*Savelinus fonliwafis*) by feeding dried crustacean waste. J. Fish. Res. Board. Can., 28 : 509 – 512.

Sommer, T. R., D'Souza, F. M. L. and Morrisy , N. m. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green alga *Haematococcus pluvialis*. Aquacult. 106 : 63 – 74.

Takeuchi, T., Noto S., Yoshizaki G. 1997. Study on the development of closed ecological recirculating aquaculture system. Aquaculture, 10 , 1-4.

Venkataraman L.V. 1983. A monograph on *Spirulina platensis*. Central Food Technological Research Institute, Mysore .