

# กรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสด เพื่อเพิ่ม คุณค่าทางโภชนาการ ในอาหารปลาแฟนซีคาร์พ Process of Preserving Raw *Spirulina platensis* to Increase the Nutritional Value of Fancy Carps Feed

จกมล พรหมยะ<sup>1/</sup> และชนกันต์ จิตมนัส<sup>1/</sup>  
Jongkon Promya<sup>1/</sup> and Chanagun Chitmanat<sup>1/</sup>

(Received: 18 March 2015; Accepted: 12 May 2015)

**Abstract:** Process of preserving raw *Spirulina platensis* (RS) was studied. The research aims to compare nutritional value of RS. The experimental design was CRD with four treatments and three replications per treatments including T<sub>1</sub>) heat application (HAP) T<sub>2</sub>) the amount of water and solid reduction (AWS) T<sub>3</sub>) herb addition (HAD) and T<sub>4</sub>) chemical treatment (CT). After RS was treated, it was then stored at room temperature for 30 days and statistical analysis was performed. Result showed that: T<sub>3</sub> (HAD) had overall preference and protein higher than other treatments. Each processed *S. platensis* was mixed with basal diets and the overall preference test showed that: T<sub>3</sub> (HAD) and T<sub>2</sub> (AWS) was higher than other treatments. The experiment tested the growth, pigment, immunity stimulating capacity and production costs of Fancy carps (*Cyprinus carpio* Linn.). The CRD with three treatments and three replication each of which was applied including T<sub>1</sub>) Basal diets (BD) T<sub>2</sub>) Basal diets+35%RS after the amount of water and solid reduction (BD+35%RSAWS) T<sub>3</sub>) Basal diets+35%RS after herb addition (BD+35%RSHAD). Average protein contents in three treatments were 26.38%. Fancy carps stocked were 2 g. in weight and 10 fishes/m<sup>2</sup>. The feeding rate was 5%/weight/day and data was collected every 15 day for 180-day period. It was found that: T<sub>3</sub> (BD+35%RSHAD) had growth, pigment on the fish and the averaged immunity stimulating capacity was higher than other treatments. It can be concluded that: process of preserving RS by additive fresh herbs showed the overall preference and protein higher than other treatments. The basal diets+RS after fresh herb treatment had the overall preference that was higher than other treatments. The growth, pigments on the fish and immunity stimulating capacity of Fancy carps fed with the basal diets+RS after fresh herb treatment were better than other treatments.

**Keywords:** Process of preserving, raw *Spirulina*, fancy carps, growth, cost

<sup>1/</sup> คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

<sup>1/</sup> Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

**บทคัดย่อ:** ศึกษากรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสดแต่ละวิธี เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ วางแผนการทดลองแบบ CRD เป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้  $T_1$ ) วิธีการใช้ความร้อน  $T_2$ ) วิธีการลดสัดส่วนปริมาณน้ำและของแข็ง  $T_3$ ) วิธีการใช้สมุนไพร และ  $T_4$ ) วิธีการใช้สารเคมี เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 30 วัน และวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า  $T_3$  มีค่าความชอบโดยรวมและโปรตีน มากกว่าการทดลองอื่น ๆ น้ำสไปรูลิน่าสดที่ได้จากกรรมวิธีการคงสภาพแต่ละวิธีผสมกับอาหารปลาทั่วไปและนำไปทดสอบความชอบโดยรวม พบว่า  $T_3$  และ  $T_2$  มีค่ามากกว่าการทดลองอื่น ๆ นำอาหารผสมไปทดสอบการเจริญเติบโต สารสี ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และต้นทุนการผลิตปลาแพนซีคาร์ฟ แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้  $T_1$ ) อาหารปลาทั่วไป  $T_2$ ) อาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากกรรมวิธีลดสัดส่วนปริมาณน้ำและของแข็ง และ  $T_3$ ) อาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากกรรมวิธีใช้สมุนไพร อาหารปลามีโปรตีนเฉลี่ย 26.38% น้ำหนักลูกปลาเริ่มต้น 2 กรัม/ตัว อัตราการปล่อย 10 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารอัตรา 5% ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน เก็บตัวอย่างทุก ๆ 15 วัน ระยะเวลา 180 วัน พบว่า  $T_3$  มีการเจริญเติบโต สารสีบนตัวปลา และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะมากกว่าการทดลองอื่น ๆ สรุปได้ว่ากรรมวิธีการคงสภาพสไปรูลิน่าสดวิธีการใช้สมุนไพร มีความชอบโดยรวม และโปรตีนสูง สูตรอาหารปลาทั่วไปผสมสาหร่ายสด 35% จากวิธีใช้สมุนไพร มีค่าความชอบโดยรวมมากกว่าการทดลองอื่น ๆ และปลาแพนซีคาร์ฟมีการเจริญเติบโต สารสีบนตัวปลา ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะดีกว่าการทดลองอื่น

**คำสำคัญ:** กรรมวิธีการคงสภาพ สไปรูลิน่าสด แพนซีคาร์ฟ การเจริญเติบโต ต้นทุน

## คำนำ

สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) มีโปรตีนร้อยละ 55-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เป็นแหล่งที่มาของวิตามิน แร่ธาตุ มีกรดไขมันชนิดไลโนลิก (linoleic) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำ (Nakamura, 1982) สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ผลผลิตของสาหร่าย *S. platensis* มีโปรตีนสูงถึง 51% (จงกล, 2543) และมีส่วนประกอบของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลืองส้ม แดง ในผิวหนังและเนื้อปลาอีกด้วย สไปรูลิน่าแห้งและสดมีรงควัตถุ (pigment) ไม่ต่างกัน แต่ต้นทุนการผลิตสาหร่ายสดต่ำกว่าสาหร่ายแห้งประมาณ 10 เท่า (จงกลและศิริเพ็ญ, 2548) ซึ่งสไปรูลิน่าแห้งและสด มีบทบาทในการพัฒนาระบบต่าง ๆ ของร่างกายสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะระบบสืบพันธุ์ ระบบภูมิคุ้มกันโรค เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (*Lactobacillus* spp.) ในลำไส้ ปรับปรุงระบบการย่อยและดูดซึมสารอาหาร เนื่องจากมีผนังเซลล์ที่ไม่หนา สัตว์สามารถย่อยได้ง่ายจึงเหมาะในการใช้เป็นอาหารลูกกุ้งและลูกปลาวัยอ่อน จะทำให้ปลา มีสีส้มสวยงาม อัตราการรอดตายสูง และมีอัตราการเจริญเติบโตดี

(อมรรัตน์ และบุษกร, 2543) จากคุณค่าทางอาหารและต้นทุนการผลิตสาหร่ายสด ต่ำกว่าสาหร่ายแห้ง ทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอาหารปลาสวยงาม มองเห็นคุณค่าต่าง ๆ ของสไปรูลิน่าสด แต่อย่างไรก็ตามการใช้สไปรูลิน่าสด ยังคงมีปัญหาในการเก็บรักษา ตลอดจนมีห้องเย็นไม่เพียงพอกับพื้นที่ในการเก็บรักษา ดังนั้นการหาวิธีในการเก็บรักษาและคงสภาพของสาหร่ายสดไว้ในอุณหภูมิปกติให้ได้นานจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคิดหาวิธีการเก็บรักษาสไปรูลิน่าสดที่อุณหภูมิปกติ โดยการเปรียบเทียบวิธีต่าง ๆ ดังนี้ วิธีการใช้ความร้อน โดยนำสไปรูลิน่าสดไปสเตอริไลซ์ (sterilization) วิธีการลดสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำและของแข็ง ที่มีในสไปรูลิน่าสด วิธีการใช้สมุนไพรและกากพื้เหตุผลที่เลือกใช้ขอบเขตและกากพื้ เนื่องจากเป็นเครื่องเทศที่ใช้ในน้ำเกลือปรุงรสอยู่แล้ว และมีข้อมูลจากงานวิจัยหลายชิ้นที่พบว่าขอบเขตและกากพื้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ในอาหาร (Goni et al., 2009; Tzortzakis, 2009) และวิธีการใช้สารเคมี เพื่อนำสไปรูลิน่าสดไปทดสอบผสมในอาหารปลาแพนซีคาร์ฟ เพื่อทดสอบสารสีบนตัวปลา ระบบภูมิคุ้มกันโรค และลดต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด สนองความต้องการของเกษตรกรและผู้สนใจต่อไป

### วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซี-ไฟโคไซยานิน (C-phycoerythrin) และ ตันนินกรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสดแต่ละวิธี
2. เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ แคโรทีนอยด์ ซี-ไฟโคไซยานินและตันทนการผลิอาหารผสมสาหร่ายสดแต่ละวิธี
3. เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกัน และ สารสีบนตัวปลา และคุณภาพน้ำในบ่อปลา
4. ส่งเสริมให้นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจ ได้นำความรู้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย มาประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศให้ยั่งยืนต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

- 1) สาหร่ายสไปรูลิน่า (ภาพที่ 1) เพาะเลี้ยงใน บ่อขนาด 2.5x15x0.20 เมตร (ภาพที่ 2) ทำการเพาะเลี้ยง และเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายสด (ภาพที่ 3) ทุก ๆ 10 วัน ตามวิธีของจกกล และจกรเกียรติ (2548)
- 2) ทำการเก็บรักษาสาหร่ายสดที่ได้จากข้อ 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งออก 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำดังนี้

T<sub>1</sub>) วิธีการเก็บรักษาโดยใช้ความร้อน (Heat Application; HAP) โดยการนำสไปรูลิน่าสดบรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวความจุ 1 ลิตร ปิดฝาขวดนำไป sterilization ในเครื่อง Autoclave ความดันภายในหม้อหนึ่ง 1.1 kg/cm<sup>3</sup> (121 °C) นาน 15 นาที นำออกจากเครื่อง Autoclave เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 30 วัน

T<sub>2</sub>) วิธีการลดสัดส่วนปริมาณน้ำ และของแข็ง (The Amount of Water and Solid Reduction; AWS) นำสไปรูลิน่าสดบรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวความจุ 1 ลิตร ใช้สไปรูลิน่าสด 8 ส่วน เติมน้ำตาล 1 ส่วนและเกลือ 1 ส่วน ปิดฝาขวดเก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 30 วัน

T<sub>3</sub>) วิธีการใช้สมุนไพร (herb addition; HAD) นำสไปรูลิน่าสดบรรจุในขวดฝาเกลียวความจุ 1 ลิตร ใช้สไปรูลิน่าสด 8 ส่วน ใส่อบเชย 1 ส่วน และกานพลู 1 ส่วน เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 30 วัน

T<sub>4</sub>) วิธีการใช้สารเคมี (Chemical Treatment; CT) นำสไปรูลิน่าสดบรรจุในขวดฝาเกลียวความจุ 1 ลิตร ใช้สไปรูลิน่าสด 8 ส่วน เติมสารแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl<sub>2</sub>) 0.9 ส่วน+สารเบนโซอิก (Benzoic acid) 0.1 ส่วน เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 30 วัน



Figure 1 *S. platensis* cells



Figure 2 Raceway pond



Figure 3 Raw *S. platensis* (RS)

3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และ ต้นทุนการผลิตของสาหร่ายสด ดังนี้

3.1) ทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาหร่ายสดแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้บุคคลทั่วไปที่มาร่วมงานเกษตรแม่โจ้ครบรอบ 75 ปี ในปี พ.ศ 2553 จำนวน 100 คน ในการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ (questionnaire) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 5-point hedonic scale ตัวอย่างต้องได้รับคะแนนเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะเท่ากับ 3 หรือมากกว่า จึงจะถือว่าได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และนำข้อมูลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ Chi-square แบบ Independent – samples T Test

3.2) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เช่น วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เยื่อใย ความชื้น แคลโรทีนอยด์ ซี-ไฟโคไซยานิน และต้นทุนการผลิต (AOAC, 1990; Berns *et al.*, 1963) นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองโดยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

4) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของปลาแพนซีคาร์ฟที่ผสมสาหร่ายสดจากการเก็บรักษาในแต่ละวิธี

4.1) ทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารปลาผสมสาหร่ายสด การวิเคราะห์ เหมือนข้อที่ 3.1

4.2) การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารปลาผสมกับสาหร่ายสด การวิเคราะห์ เหมือนข้อที่ 3.2

5) ศึกษาการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ สารสีของปลาแพนซีคาร์ฟ และคุณภาพน้ำในบ่อที่เลี้ยงปลาด้วยอาหารผสมสาหร่ายสด ที่ได้จากการเก็บรักษาแต่ละวิธี

5.1) จากการศึกษาคุณค่าทางอาหารของปลาแพนซีคาร์ฟ ข้อที่ 4 ได้วิธีการคงสภาพสาหร่ายสดโดยการลดสัดส่วนปริมาณน้ำและของแข็ง และวิธีการใช้สมุนไพร ซึ่งสาหร่ายสดทั้ง 2 ชุดการทดลอง เป็นสาหร่ายสดที่ได้คะแนนความชอบโดยรวม และคุณค่าทางอาหารดีกว่าชุดการทดลองอื่น จึงนำสาหร่ายสดดังกล่าวมาคลุกผสมในอาหารปลา ใช้สาหร่ายสดแต่ละชุดการ

ทดลอง 35% ซึ่งจากการทดลองใช้สไปรูลิน่าแห้ง 5% เพื่อเลี้ยงปลาทอง พบว่าปลาทองมีการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนัก ดีกว่าชุดการทดลองอื่น (ธัชศึก และคณะ, 2554) มีการทดสอบสไปรูลิน่าสด 7 กิโลกรัม ตากแห้งได้ 1 กิโลกรัม ที่ความชื้น 70% (จงกล และขจรเกียรติ, 2548) ดังนั้นสไปรูลิน่าสด 35% ตากแห้งจะได้สไปรูลิน่าแห้ง 5% และนำอาหารดังกล่าวทดสอบกับปลาแพนซีคาร์ฟ แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

-ชุดการทดลองที่ 1 อาหารปลาทั่วไป (Basal diets; BD)

-ชุดการทดลองที่ 2 อาหารปลาทั่วไป + สาหร่ายสด 35% จากวิธีคงสภาพโดยลดสัดส่วนปริมาณน้ำและของแข็ง (Basal diets+35%RS after the amount of water and solid reduction; BD+35%RSAWS)

-ชุดการทดลองที่ 3 อาหารปลาทั่วไป + สาหร่ายสด 35% จากวิธีคงสภาพโดยใช้สมุนไพรอบเชยและกานพลู (Basal diets+35%RS after herb addition; BD+35%RSHAD)

5.2) การเตรียมบ่อทดลอง ใช้บ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร x สูง 0.80 เมตร จำนวน 9 บ่อ ระดับน้ำในบ่อสูง 0.50 เมตร และมีอุปกรณ์ให้อากาศ ตลอดการทดลอง

5.3) การเตรียมสัตว์ทดลอง นำลูกปลาแพนซีคาร์ฟ จำนวน 500 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 1-2 กรัม/ตัว มาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ (บ่อเตรียมสัตว์ทดลอง) ขนาด  $2 \times 3 \times 0.80$  เมตร และมีการให้อากาศเพื่อให้ปลาคืนเคยกับอาหารทดลองระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรควบคุมที่ใช้ในการทดลองนี้ (อาหารสูตรที่1) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. และ 16.30 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหาร ก่อนการทดลองทำการตรวจสอบสุขภาพลูกปลา จากนั้นจึงคัดขนาดให้ใกล้เคียงกันลงในบ่อทดลอง จำนวน 9 บ่อ

5.4) วางแผนทดลองแบบ CRD แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ (ตามข้อ 5.1) อัตราการปล่อยปลา 20 ตัว/ตารางเมตร โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น  $2.00 \pm 0.00$  กรัม/ตัว ให้อาหารในอัตรา 5%/น้ำหนักตัวปลา/วัน ให้วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 8.30 น. และ 16.30 น. บันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินทุกวัน สุ่มชั่งน้ำหนักปลาในบ่อทดลอง 30% ของจำนวนปลาทั้งหมด และตรวจคุณภาพ

น้ำทุก ๆ 15 วัน ระยะเวลาการทดลอง 180 วัน เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเติบโตของปลาตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH<sub>3</sub>-N) ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (NO<sub>3</sub>-N) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO<sub>4</sub>-P)

5.5) การศึกษาการเติบโตของปลา ซึ่งน้ำหนักปลาทุก 15 วัน เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยการสุ่มปลามา 7-10 ตัว/บ่อ หรือ 30% ของจำนวนปลาในบ่อ แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปประเมินค่า ดังนี้

1. อัตราการเจริญเติบโต (average daily growth; ADG; กรัม/ตัว/วัน)

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

2. อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain; %)

=  $\frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) %/วัน)

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

4. อัตราการรอดตาย (survival rate; %)

=  $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$

5. อัตราการแลกน้ำหนัก (feed conversion rate; FCR)

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

6. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER)

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

7. ต้นทุนในการผลิตปลา = ราคาอาหารปลา + ต้นทุนพันธุ์ปลา

8. การวิเคราะห์แคโรทีนอยด์ และ ซี-ไฟโคไซยานิน ในอาหาร ตามวิธี Berns *et al.* (1963)

9. การวัดสีแดง และสีเหลืองบนตัวปลา ใช้ Colorimeter, Minolta color reader CR – 10

10. การวิเคราะห์การกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ศึกษาความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ทดสอบการทำงานของ lysozyme activity assay ตามวิธีของ Sarder *et al.* (2001) นำเลือดเพื่อแยกซีรัมเปรียบเทียบกับ ซีรัมปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสด (ชุดควบคุมที่เป็นลบ) และซีรัมที่ได้รับการกระตุ้นโดยการให้วัคซีนเชื้อตาย (ชุดควบคุมที่เป็นบวก) โดยการใส่เชื้อที่ระเหิดแห้งของ *Micrococcus* (0.2 mg/mL) ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.04 M (pH 5.75) เป็นสารตั้งต้น (substrate) แล้วเติมซีรัมของปลาจำนวน 40 ไมโครลิตรในเชื้อแบคทีเรีย 3 มิลลิลิตร วัดความขุ่นที่ลดลงที่ 540 นาโนเมตร หลังจากมีการวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 0.5 และ 5 นาที หนึ่งหน่วยของ lysozyme activity หมายถึงการลดลงของความขุ่น 0.001 ต่อนาที

**การวิเคราะห์ทางสถิติ** นำข้อมูลการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิต ความเข้มของสีปลา การกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะและคุณภาพน้ำ ไปวิเคราะห์ทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

**การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสาหร่ายสด** ส่งเสริมให้นักศึกษาได้นำความรู้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมาประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่งเสริมทางเลือกใหม่ให้ผู้ประกอบการ เกษตรกร และผู้สนใจ สามารถพัฒนาผลผลิตสาหร่ายสดสู่อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ช่วยเศรษฐกิจของประเทศให้ยั่งยืนต่อไป

## ผลการทดลอง

1) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ในการเก็บรักษาสาหร่ายสดแต่ละวิธีเป็นเวลา 30 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนค่าความชอบโดยรวมของสาหร่าย ได้ค่า  $P$  เท่ากับ 0.008 ดังนั้น ค่า  $P$  น้อยกว่าค่า  $\alpha$  (เท่ากับ sig.) สรุปได้ว่า

ค่าความชอบโดยรวมของสหายทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ชุดการทดลองที่ 3 (RSHAD) ได้รับคะแนน คิดเป็นร้อยละ 50.00 มากกว่าชุดการทดลองอื่น

2) คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณแคลโรทีนอยด์ ซี-ไฟโคไซยานิน และต้นทุนการผลิตโปรตีนใน การเก็บรักษาแต่ละวิธี ดังตารางที่ 2 และ 3 โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนโดยน้ำหนักแห้ง และต้นทุนการผลิต สหายสด จากกรรมวิธีการใช้สมุนไพร ( $T_3$ ; RSHAD) มีค่ามากกว่า การทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

3) การทดสอบทางกายภาพ และคุณค่าทางอาหารปลา ที่ผสมสหายสด ในแต่ละวิธี มีดังนี้

3.1) การทดสอบทางกายภาพ ของอาหารปลา ผสมสหายสดแต่ละวิธี โดยใช้สหายสด 35% ที่ความชื้น 70% (ได้สหายแห้ง 5% ที่ความชื้น 10%) มาผสมกับอาหารปลา นำไปตากในที่ร่มให้แห้ง และนำไปทดสอบทางกายภาพ ได้ผล ดังตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบ ให้คะแนนค่าความชอบโดยรวม (overall) ของอาหารผสม สหายสด ได้ค่า  $P$  เท่า กับ 0.002 ดังนั้น ค่า  $P$  น้อยกว่า ค่า  $\alpha$  (เท่ากับ sig.) สรุปได้ว่า ค่าความชอบโดยรวมของ

อาหารผสมสหายสด ทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) การทดลอง ที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3 หรือมากกว่า คิดเป็นร้อยละ ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 3, 2, 1 และ 4 เท่ากับ 55.00, 25.00, 22.50 และ 15.00% ตามลำดับ

3.2) คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลา ผสมสหายสดแต่ละวิธี เช่น วัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เยื่อใย ความชื้น แคลโรทีนอยด์ ซี-ไฟโคไซยานิน และต้นทุนการผลิต ในแต่ละชุดการทดลอง ดังตารางที่ 5 และ 6 ได้เปอร์เซ็นต์โปรตีนโดยน้ำหนักแห้ง และ ซี-ไฟโคไซยานิน ในอาหารปลาผสมสหายสดจากการคงสภาพแต่ละวิธี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และจากผลการทดสอบความชอบโดยรวม พบว่า  $T_3$  และ  $T_2$  มีค่าความชอบโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 55.00 และ 25.00 ดังตารางที่ 4 ซึ่งมากกว่าการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) จึงนำสูตรอาหารทั้ง 2 สูตรไปเปรียบเทียบกับอาหารทั่วไปในการทดสอบกับปลาแพนซีคาร์ฟต่อไป

Table 1 Physical tested of process of preserving RS for 30 days

| Treatments    | Appearance (%) | Color (%) | Odor (%) | Texture (%) | Overall (%) |
|---------------|----------------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $T_1$ (RSHAP) | 12.50          | 17.50     | 7.50     | 17.50       | 17.50       |
| $T_2$ (RSAWS) | 20.00          | 20.00     | 10.00    | 20.00       | 25.00       |
| $T_3$ (RSHAD) | 45.00          | 50.00     | 47.50    | 35.00       | 50.00       |
| $T_4$ (RSCT)  | 7.50           | 10.00     | 12.50    | 20.00       | 20.00       |
| Asymp. Sig    | 0.001          | 0.000     | 0.002    | 0.406       | 0.008       |

**Table 2** Analysis of the nutritional value of RS such as moisture, ash, fiber, fat, carbohydrates and protein in each treatments after storage for 30 days

| Treatments             | Dry matter (%)            | Moisture (%)              | Ash (%)                  | Fiber (%)                | Fat (%)                  | Carbohydrates (%)         | Protein (%)               |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| T <sub>1</sub> (RSHAP) | 23.83 ± 1.88 <sup>c</sup> | 76.17 ± 1.88 <sup>a</sup> | 0.48 ± 0.06 <sup>c</sup> | 1.13 ± 0.18 <sup>b</sup> | 3.62 ± 0.43 <sup>b</sup> | 5.98 ± 2.06 <sup>d</sup>  | 12.63 ± 0.83 <sup>c</sup> |
| T <sub>2</sub> (RSAWS) | 63.42 ± 0.38 <sup>a</sup> | 36.58 ± 0.38 <sup>c</sup> | 0.22 ± 0.09 <sup>d</sup> | 1.02 ± 0.03 <sup>b</sup> | 4.74 ± 1.07 <sup>a</sup> | 46.27 ± 0.74 <sup>a</sup> | 11.17 ± 0.76 <sup>d</sup> |
| T <sub>3</sub> (RSHAD) | 65.07 ± 1.36 <sup>a</sup> | 34.93 ± 1.36 <sup>c</sup> | 6.52 ± 0.12 <sup>a</sup> | 2.66 ± 0.13 <sup>a</sup> | 3.23 ± 1.04 <sup>c</sup> | 36.37 ± 1.49 <sup>b</sup> | 16.29 ± 1.35 <sup>a</sup> |
| T <sub>4</sub> (RSCT)  | 30.64 ± 1.08 <sup>b</sup> | 69.36 ± 1.08 <sup>b</sup> | 2.31 ± 0.18 <sup>b</sup> | 0.63 ± 0.48 <sup>c</sup> | 1.31 ± 0.08 <sup>d</sup> | 11.85 ± 0.69 <sup>c</sup> | 14.53 ± 0.53 <sup>b</sup> |

Note: Different letters (a,b,c,d) show significant statistical differences ( $P < 0.05$ ), ns=no significant difference

**Table 3** Analysis of carotenoids, C-phycocyanin and product of cost RS in each treatments after storage for 30 days

| Treatments             | Carotenoids (mg/g)        | C-phycocyanin (mg/g)       | Product of cost (Bath/Kg) |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| T <sub>1</sub> (RSHAP) | 2.53 ± 0.02 <sup>a</sup>  | 13.53 ± 1.00 <sup>a</sup>  | 30.83 ± 0.25 <sup>b</sup> |
| T <sub>2</sub> (RSAWS) | 2.21 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 11.90 ± 0.88 <sup>b</sup>  | 26.19 ± 0.27 <sup>c</sup> |
| T <sub>3</sub> (RSHAD) | 2.43 ± 0.08 <sup>a</sup>  | 12.74 ± 0.94 <sup>ab</sup> | 38.08 ± 0.95 <sup>a</sup> |
| T <sub>4</sub> (RSCT)  | 2.32 ± 0.00 <sup>ab</sup> | 11.61 ± 0.91 <sup>b</sup>  | 23.38 ± 1.20 <sup>c</sup> |

Note: Different letters (a,b,c) show significant statistical differences ( $P < 0.05$ ), ns=no significant difference

**Table 4** Physical of basal diets (BD) mixed process of preserving raw *S. platensis* (RS) from storage for 30 days

| Treatments                   | Appearance (%) | Color (%) | Odor (%) | Texture (%) | Overall (%) |
|------------------------------|----------------|-----------|----------|-------------|-------------|
| T <sub>1</sub> (BD+35%RSHAP) | 5.00           | 20.00     | 7.50     | 15.00       | 22.50       |
| T <sub>2</sub> (BD+35%RSAWS) | 10.00          | 22.50     | 15.00    | 15.00       | 25.00       |
| T <sub>3</sub> (BD+35%RSHAD) | 32.50          | 35.00     | 21.00    | 32.50       | 55.00       |
| T <sub>4</sub> (BD+35%RSCT)  | 7.50           | 7.50      | 12.50    | 17.50       | 15.00       |
| Asymp. Sig                   | 0.005          | 0.115     | 0.001    | 0.194       | 0.002       |

**Table 5** Analysis of the nutritional value of basal diets (BD) mixed raw *S. platensis* RS from storage for 30 days (moisture, ash, fiber, fat, carbohydrates and protein)

| Treatments                   | Moisture (%)             | Ash (%)                  | Fiber (%)                | Fat (%)                  | Carbohydrates (%)         | Protein (%)                |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| T <sub>0</sub> (BD)          | 9.45 ± 0.38 <sup>a</sup> | 8.95 ± 0.25 <sup>a</sup> | 4.88 ± 1.23 <sup>a</sup> | 8.97 ± 0.85 <sup>a</sup> | 40.05 ± 1.29 <sup>c</sup> | 27.70 ± 1.14 <sup>ns</sup> |
| T <sub>1</sub> (BD+35%RSHAP) | 6.10 ± 0.48 <sup>c</sup> | 7.68 ± 0.14 <sup>b</sup> | 3.96 ± 0.04 <sup>b</sup> | 5.67 ± 0.31 <sup>c</sup> | 50.20 ± 1.21 <sup>a</sup> | 26.38 ± 0.92 <sup>ns</sup> |
| T <sub>2</sub> (BD+35%RSAWS) | 7.05 ± 0.17 <sup>b</sup> | 7.61 ± 0.35 <sup>b</sup> | 3.77 ± 0.33 <sup>b</sup> | 5.28 ± 0.05 <sup>c</sup> | 48.90 ± 1.14 <sup>a</sup> | 27.39 ± 1.18 <sup>ns</sup> |
| T <sub>3</sub> (BD+35%RSHAD) | 6.62 ± 0.27 <sup>c</sup> | 8.98 ± 0.23 <sup>a</sup> | 4.27 ± 0.63 <sup>b</sup> | 7.64 ± 0.31 <sup>b</sup> | 46.09 ± 0.19 <sup>b</sup> | 26.90 ± 1.45 <sup>ns</sup> |
| T <sub>4</sub> (BD+35%RSCT)  | 5.93 ± 0.21 <sup>d</sup> | 8.03 ± 0.20 <sup>a</sup> | 4.72 ± 1.11 <sup>a</sup> | 7.33 ± 1.3 <sup>b</sup>  | 46.65 ± 0.95 <sup>b</sup> | 27.34 ± 1.20 <sup>ns</sup> |

Note: Different letters (a,b,c,d) show significant statistical differences ( $P < 0.05$ ), ns=no significant difference

**Table 6** Analysis of the nutritional value of basal diets mixed RS from storage for 30 days (Carotenoids, C-Phycocyanin and product of cost)

| Treatments                   | Carotenoids<br>(mg/g)      | C-Phycocyanin<br>(mg/g)    | Product of cost<br>(Bath/Kg) |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| T <sub>0</sub> (BD)          | 0.033 ± 0.005 <sup>c</sup> | 0.68 ± 0.01 <sup>b</sup>   | 29.18 ± 0.50 <sup>a</sup>    |
| T <sub>1</sub> (BD+35%RSHAP) | 0.807 ± 0.015 <sup>a</sup> | 4.617 ± 0.036 <sup>a</sup> | 30.79 ± 0.085 <sup>a</sup>   |
| T <sub>2</sub> (BD+35%RSAWS) | 0.763 ± 0.010 <sup>b</sup> | 4.360 ± 0.153 <sup>a</sup> | 29.16 ± 0.093 <sup>a</sup>   |
| T <sub>3</sub> (BD+35%RSHAD) | 0.763 ± 0.015 <sup>b</sup> | 4.500 ± 0.100 <sup>a</sup> | 32.73 ± 0.63 <sup>a</sup>    |
| T <sub>4</sub> (BD+35%RSCT)  | 0.863 ± 0.006 <sup>a</sup> | 4.467 ± 0.150 <sup>a</sup> | 28.18 ± 0.419 <sup>b</sup>   |

Note: Different letters (a,b,c) show significant statistical differences ( $P < 0.05$ ), ns=no significant difference

4) การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ในการเลี้ยงปลาแพนซีคาร์ฟ ระยะเวลา 180 วัน มีดังนี้

4.1) น้ำหนักเฉลี่ย เริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแต่ละชุดการทดลองมีค่าเท่ากันคือ  $2.00 \pm 0.00$  กรัม/ตัว น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ตั้งแต่ วันที่ 45 ของการเลี้ยง โดยปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีผสมสมุนไพร (T<sub>3</sub>; BD+35%RSHAD) และปลาแพนซีคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีลดสัดส่วนน้ำ (T<sub>2</sub>; BD+35%RSAWS) มีน้ำหนักเฉลี่ย มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป (T<sub>0</sub>; BD) ดังภาพที่ 4

4.2) อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีใช้สมุนไพร (T<sub>3</sub>; BD+35%RSHAD) และปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีลดสัดส่วนน้ำ (T<sub>2</sub>; BD+35%RSAWS) มีค่ามากกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป (T<sub>0</sub>; BD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังตารางที่ 7

5) รงควัตถุ หรือสารสีบนตัวปลาแพนซีคาร์ฟ

5.1) ค่าสีแดง (a\*) บนตัวปลา เมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าสีแดง (a\*) บนตัวปลา อยู่ระหว่าง  $18.67 \pm 0.58 - 20.33 \pm 1.15$  โดยค่าสีแดง (a\*) บนตัวปลาเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ตั้งแต่วันที่ 30 ของการเลี้ยง โดยปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีผสมสมุนไพร (BD+35%RSHAD) และปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีลดสัดส่วน

ปริมาณน้ำ (BD+35%RSAWS) มีค่าสีแดง (a\*) บนตัวปลา มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารทั่วไป (BD) ภาพที่ 5

5.2) ค่าสีเหลือง (b\*) บนตัวปลา เริ่มต้นทดลองมีค่าสีเหลือง (b\*) บนตัวปลา อยู่ระหว่าง  $35.33 \pm 3.79 - 37.67 \pm 6.66$  โดยค่าสีเหลือง (b\*) บนตัวปลา เริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ตั้งแต่วันที่ 45 ของการเลี้ยง โดยปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีการผสมสมุนไพร (BD+35%RSHAD) และปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% จากวิธีลดสัดส่วนปริมาณน้ำ (BD+35%RSAWS) มีค่าสีเหลือง (b\*) บนตัวปลามากกว่าปลาที่ได้รับอาหารทั่วไป (BD) ภาพที่ 6

6) การกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

ค่าเฉลี่ยภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Lysozyme activity assay) เริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ตั้งแต่ ในเดือนที่ 2 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป โดยปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีใช้สมุนไพร (BD+35%RSHAD) มีค่าเฉลี่ยภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มากกว่าชุดการทดลองอื่น (ภาพที่ 7)

7) คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลาคาร์ฟ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ มีค่าตั้งแต่  $29.43 \pm 0.12 - 29.66 \pm 0.20$  °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่  $7.54 \pm 0.01 - 7.65 \pm 0.03$  ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) มีค่าตั้งแต่  $5.05 \pm 0.10 - 5.18 \pm 0.06$  mg/L แอมโมเนีย (ammonia; NH<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่  $0.036 \pm 0.001 - 0.038 \pm 0.002$  mg/L ไนโตรเจน-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่  $0.034 \pm 0.002 - 0.036 \pm 0.001$  mg/L

และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphates-phosphorus) มีค่าตั้งแต่  $0.045 \pm 0.002$  -  $0.047 \pm 0.003$  mg/L คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์กลมเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ปที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

8) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอาหารปลาสผสมสาหร่ายสด: ส่งเสริมให้นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจได้นำความรู้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพที่ 8) เพื่อพัฒนาผลผลิตสาหร่ายสด

ผู้อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งภาคอุตสาหกรรมได้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะบริษัทแพทเทิร์นเพ็ท จำกัดที่ร่วมโครงการ ได้นำสาหร่ายสดจากวิธีผสมสมุนไพรนำไปอัดเม็ด เป็นอาหารสัตว์น้ำ ชนิดลอยน้ำ และสูตรสาหร่ายสด จากวิธีการลดสัดส่วนปริมาณน้ำ และของแข็ง บรรจุขวดเก็บในอุณหภูมิห้อง เพื่อจำหน่ายให้เกษตรกร และผู้สนใจเพื่อช่วยเศรษฐกิจของประเทศให้ยั่งยืนต่อไป (ภาพที่ 9)

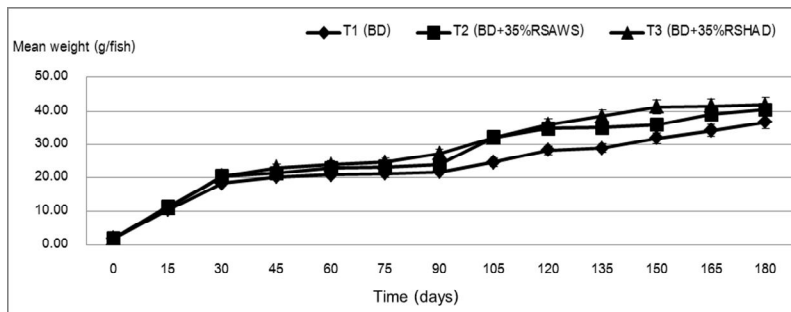


Figure 4 Mean weight (g /fish) of fancy carp, in each treatment for 180 days

Table 7 Analysis of Weight gain, average daily growth, Specific growth rate, survival rate, feed conversion rate, protein efficiency ratio and product cost of fancy carp, in each treatment for 180 days

| Parameter                         | T <sub>1</sub> (BD)         | T <sub>2</sub> (BD+35%RSAWS) | T <sub>3</sub> (BD+35%RSHAD) |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Weight gain (%)                   | 31.17 ± 1.36 <sup>b</sup>   | 35.44 ± 5.62 <sup>a</sup>    | 37.21 ± 1.76 <sup>a</sup>    |
| Average daily growth (g/fish/day) | 0.190 ± 0.007 <sup>b</sup>  | 0.210 ± 0.028 <sup>a</sup>   | 0.220 ± 0.009 <sup>a</sup>   |
| Specific growth rate (%/day)      | 3.22 ± 0.04 <sup>ns</sup>   | 3.31 ± 0.12 <sup>ns</sup>    | 3.35 ± 0.04 <sup>ns</sup>    |
| Survival rate (%)                 | 100 ± 0.00 <sup>ns</sup>    | 100 ± 0.00 <sup>ns</sup>     | 100 ± 0.00 <sup>ns</sup>     |
| feed conversion rate (units)      | 2.60 ± 0.17 <sup>ns</sup>   | 2.68 ± 0.12 <sup>ns</sup>    | 2.72 ± 0.15 <sup>ns</sup>    |
| Protein efficiency ratio (units)  | 1.20 ± 0.04 <sup>b</sup>    | 1.40 ± 0.18 <sup>a</sup>     | 1.49 ± 0.06 <sup>a</sup>     |
| product of cost (bath/fish)       | 20.00 ± 0.017 <sup>ns</sup> | 20.00 ± 0.021 <sup>ns</sup>  | 20.00 ± 0.015 <sup>ns</sup>  |

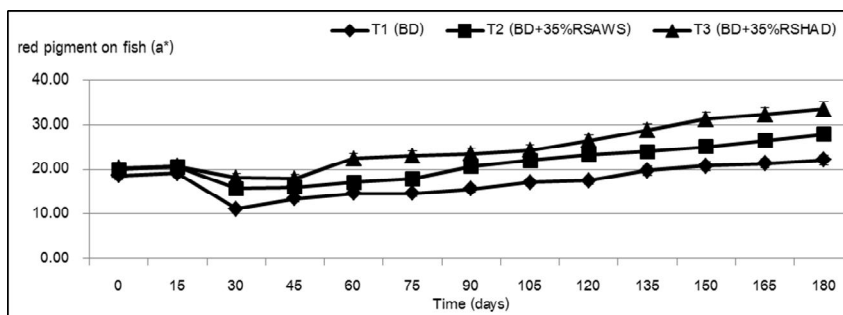


Figure 5 Pigment (red; a\*) of fancy carp, in each treatment for 180 days

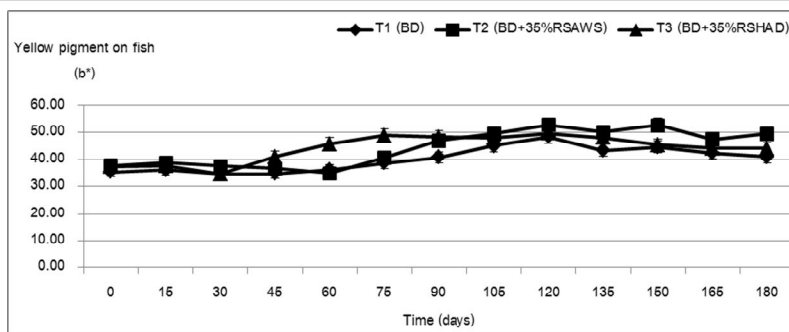


Figure 6 Pigment ( yellow; b\*) of fancy carp, in each treatment for 180 days

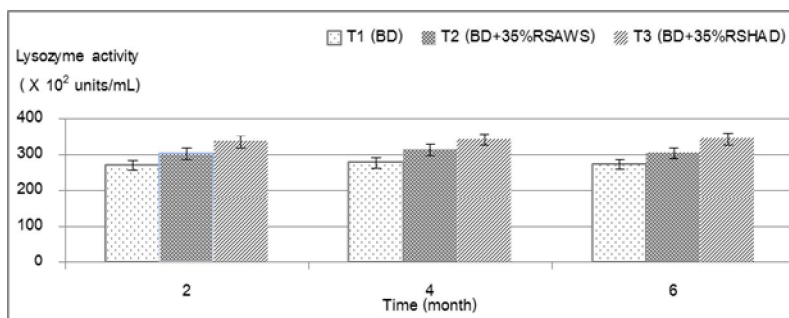


Figure 7 Immunity stimulating capacity of fancy carp, in each treatment for 180 days



Figure 8 Students extension to farmers and others



Figure 9 Ornamental fish diets and bottle raw *Spirulina*

## อภิปรายผล

1. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาหร่ายสดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน โดยทดสอบจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 5-point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนค่าความชอบโดยรวม ของสาหร่ายสดจากวิธีการใช้สมุนไพร (อบเชยและกานพลู) ได้รับคะแนนเฉลี่ย มากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องที่ใช้สมุนไพร อบเชยและกานพลูในการถนอมอาหารซึ่งอบเชย และกานพลู เป็นเครื่องเทศที่ใช้ในน้ำเกลือปรุงรสอยู่แล้ว และมีข้อมูลจากงานวิจัยหลายชิ้นที่พบว่า อบเชยและกานพลู สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารได้ (Goni et al., 2009; Tzortzakis, 2009) สารสกัดจากพืชสมุนไพรมาประยุกต์ใช้ในการถนอมอาหารมีประโยชน์ในทางการแพทย์ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ทั้งยังมีความปลอดภัย พบว่าการดัดแปลง ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในเครื่องเทศหลายชนิด รวมทั้งอบเชย สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ได้หลายชนิด เช่น น้ำมันหอมระเหยของอบเชย มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Bacillus cereus* ในน้ำแครอท ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ได้ 60 วัน และน้ำมันหอมระเหยของกานพลู มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* ในไส้กรอก (Roller, 1995; Kim et al., 2003; Singh et al., 2003; Valero et al., 2003)

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสไปรูลิน่าสดจากกรรมวิธีการใช้สมุนไพร มีโปรตีนโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ  $16.29 \pm 1.35\%$  และสาหร่ายสดจากวิธีการใช้ความร้อน และสาหร่ายสดจากกรรมวิธีการใช้สมุนไพรมีปริมาณแคลโรตีนอยด์ เท่ากับ  $2.53 \pm 0.02$  และ  $2.43 \pm 0.08$  มิลลิกรัม/กรัม ซี-ไฟโคไซยานิน เท่ากับ  $13.53 \pm 1.00$  และ  $12.74 \pm 0.94$  มิลลิกรัม/กรัม ทั้งปริมาณแคลโรตีนอยด์ และ ซี-ไฟโคไซยานิน มีค่ามากกว่าการทดลองอื่น ๆ จากผลการศึกษาค้นคว้าสาหร่ายสดจากวิธีการใช้ความร้อน และวิธีการใช้สมุนไพร มีค่า ซี-ไฟโคไซยานิน มากกว่าสาหร่ายแห้งจากการทดลองของ จงกล และชนกันต์ (2556) ได้ทดลองเปรียบเทียบ สารสี ของ สไปรูลิน่าแต่ละถิ่นกำเนิด ในระบบการเพาะเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

พบว่าสไปรูลิน่าที่มีถิ่นกำเนิดจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ( $T_3$  Spi.MJU2) มีสารสีซี-ไฟโคไซยานิน เท่ากับ 5.10 มิลลิกรัม/กรัม และ Becker and Venkataraman (1984) กล่าวว่า การเพาะเลี้ยง *S. platensis* เพื่อนำผลผลิตทั้งสดและแห้งเป็นอาหารของคน และอาหารสัตว์ ใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงไม่ยุ่งยาก แต่ได้ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาการสูง มีความปลอดภัยทางพิษวิทยา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า *S. platensis* เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี และจากการทดสอบการกินอาหารของหนูไม่มีอาการทางลบใด ๆ สรุปได้ว่า *S. platensis* สามารถใช้ประโยชน์ด้านอาหารคนและอาหารสัตว์ได้

3) การทดสอบ และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลาทั่วไปผสมสาหร่ายสดแต่ละวิธี พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนน ค่าความชอบโดยรวม ในอาหารปลาผสมสาหร่ายสดจากวิธีการใช้สมุนไพร มีค่ามากกว่าการทดลองอื่น ๆ ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยน้ำหนักแห้ง ของอาหารปลาผสมสาหร่ายสดแต่ละวิธี เช่น เปอร์เซ็นต์โปรตีน อยู่ระหว่าง  $(26.38 \pm 0.92 - 27.39 \pm 1.18\%)$  แคลโรตีนอยด์  $(0.033 \pm 0.005 - 0.807 \pm 0.015)$  มิลลิกรัม/กรัม และซี-ไฟโคไซยานิน  $(0.68 \pm 0.01 - 4.617 \pm 0.036)$  มิลลิกรัม/กรัม และต้นทุนอาหาร  $(28.18 \pm 0.419 - 32.73 \pm 0.63)$  บาท/กิโลกรัม) จากผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับ จงกล และคณะ (2555) ได้ศึกษา ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคาร์ฟ แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้  $T_1$  อาหารปลาทั่วไปโปรตีน 30%  $T_2$  อาหารปลาทั่วไปโปรตีน 30% + สไปรูลิน่าสด 21% และ  $T_3$  อาหารปลาทั่วไปโปรตีน 30% + สไปรูลิน่าผง 3% โดยอาหารแต่ละสูตรมีโปรตีนโดยน้ำหนักแห้ง 30%, ซี-ไฟโคไซยานิน อยู่ระหว่าง  $0.72 \pm 0.05 - 3.19 \pm 0.16$  มิลลิกรัม/กรัม และแคลโรตีนอยด์ อยู่ระหว่าง  $0.025 \pm 0.008 - 0.032 \pm 0.009$  มิลลิกรัม/กรัม

4) ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตปลาแฟนซีคาร์ฟ ในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลา 180 วัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีใช้สมุนไพร และปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีลดสัดส่วนน้ำ มีอัตราการน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน สารสีบน

ตัวปลาที่มีค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารทั่วไป ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองใช้ *S. platensis* อนุบาลปลาแพนซีคาร์ฟ พบว่าปลาแพนซีคาร์ฟ ที่ให้สาหร่าย *S. platensis* ผงมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย และสารสีแคโรทีนอยด์ที่สะสมในเนื้อปลาล้างการทดลอง มากกว่าอาหารผงทั่วไป (จกกล และ เพ็ญรัตน์, 2546) และสอดคล้องกับการทดลองใช้สไปรูลิน่าสด 100% อนุบาลและเลี้ยงปลานิลทำให้ปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น สูงกว่าสูตรอาหารควบคุม (Lu et al., 2004) ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) รายงานว่าสไปรูลิน่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามิน และเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลล์ลูโลส อย่างไรก็ตามปริมาณการผสมสไปรูลิน่าในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกันจากการทดลองครั้งนี้ การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า ทำให้สารสีบนตัวปลาที่มีค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารทั่วไป ในอนาคตสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงปลาเศรษฐกิจเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้ เช่น การปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาสลิด (*Trichogaster pectoralis*) โดยการเสริมของเหลือจากการตัดแต่งเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) ในอาหารปลา เพื่อศึกษาการเติบโต และคุณภาพเนื้อปลา หลังการแปรรูปด้วยการทำเค็มตากแห้ง พบว่าการเสริมของเหลือจากการตัดแต่งเห็ดนางฟ้าในอาหารปลาสลิดสามารถเพิ่มปริมาณการกินอาหารและปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาสลิดโดยยับยั้งการเหี่ยวของเนื้อปลาภายหลังการแปรรูป (อรพินท์ และคณะ, 2556)

5) การกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ โดยปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีใช้สมุนไพรที่มีค่าเฉลี่ยภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไป+สาหร่ายสด 35% วิธีลดสัดส่วนปริมาณน้ำ และปลาที่ได้รับอาหารปลาทั่วไปตามลำดับ จากผลการศึกษาค้นคว้านี้คล้ายกับการทดลองของ จกกล และคณะ (2555) มีการใช้อาหารทั่วไปผสมกับ *S. platensis* สด และผง ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันของปลาแพนซีคาร์ฟ

พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั่วไปผสมกับ *S. platensis* สดและผง มีดัชนีการเจริญพันธุ์ทั้งเพศผู้ และเพศเมีย และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั่วไป ในการเพิ่มขึ้นของ จำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวของภูมิคุ้มกัน อาจมาจากสารสีจำพวก ซี-ไฟโคไซยานิน ในสาหร่ายสไปรูลิน่า ซึ่งเป็นสารช่วยสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Vonshak, 1997) และสไปรูลิน่า มีสารสีที่เรียกว่า แคโรทีนอยด์ ทำให้มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลามีสุขภาพดี ทนต่อเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (Nakano et al., 2003)

6) คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในการเลี้ยงปลาแพนซีคาร์ฟ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-9 ค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 mg/l, alkalinity อยู่ระหว่าง 100-120 mg/l as CaCO<sub>3</sub> ค่า PO<sub>4</sub>-P อยู่ระหว่าง 0.1-0.5 mg/l และ NH<sub>3</sub>-N ไม่เกิน 0.05 mg/l (Boyd and Tucker, 1992)

7) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอาหารปลาผสมสาหร่ายสด สามารถส่งเสริมให้นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจ ได้นำความรู้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไปประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการพัฒนาผลผลิตสาหร่ายสดสู่อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และภาคอุตสาหกรรม นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะบริษัท แพทเทิร์นเพ็ท จำกัดที่ร่วมโครงการวิจัย นำสาหร่ายสดจากกรรมวิธีใช้สมุนไพรไปผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์อัดเม็ดเป็นอาหารสัตว์น้ำ และสูตรสาหร่ายสดจากกรรมวิธีการลดสัดส่วนปริมาณน้ำและของแข็ง บรรจุขวดเก็บในอุณหภูมิห้องจำหน่ายให้เกษตรกร และผู้สนใจ เพื่อช่วยเศรษฐกิจของประเทศให้ยั่งยืนต่อไป

## สรุป

กรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ในอาหารสัตว์น้ำ วิธีที่ได้ผลดีในการวิจัยครั้งนี้คือ การคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสดด้วยวิธีผสมสมุนไพร มีค่าความชอบโดยรวม คุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะโปรตีน ดีกว่ากรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสด ด้วยกรรมวิธีอื่น ๆ และปริมาณที่เหมาะสม

ของสาหร่ายสไปรูลิน่าสด ที่คงสภาพด้วยวิธีผสมสมุนไพร 35% ผสมในอาหารสัตว์น้ำ นำไปเลี้ยงปลาแพนซีคาร์ฟ ทำให้ปลาแพนซีคาร์ฟ มีอัตราการน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน มีสารสีแดง (a\*) ค่าสีเหลือง (b\*) บนตัวปลา และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ดีกว่าการทดลองอื่นๆ และการทดลองครั้งนี้ ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาเชิงธุรกิจ โดยเฉพาะรูปแบบของสาหร่ายสไปรูลิน่าสดบรรจุขวดจำหน่าย และสาหร่ายสดมาผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ เพื่อสร้างสูตรอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ ของเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- จกมล พรหมยะ. 2543. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 หน้า.
- จกมล พรหมยะ และเพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร. 2546. การใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อเร่งสีปลาแพนซีคาร์ฟ. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 1 20-21 มีนาคม 2546 ห้องประชุม 10 อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จกมล พรหมยะ และจรรยาเกียรติ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อสุขภาพ. โรงพิมพ์สิรินาฏการพิมพ์, เชียงใหม่. 39 หน้า.
- จกมล พรหมยะ และศิริเพ็ญ ตระัยไชยาพร. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย สไปรูลิน่าในน้ำทิ้งจากโรงอาหาร

และน้ำหมักกากถั่วเหลือง. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 วันที่ 18-20 ตุลาคม 2548 ณ มหาวิทยาลัยสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

- จกมล พรหมยะ บัญชา ทองมี และจรรยาเกียรติ แซ่ตัน. 2555. ผลของการใช้สไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแพนซีคาร์ฟ (*Cyprinus carpio* Linnaeus). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6(1): 11-22.
- จกมล พรหมยะ และชนกันต์ จิตมนัส. 2556. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย สไปรูลิน่าสายพันธุ์ แม่ไก่กับสายพันธุ์อื่น ๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 62 หน้า.
- ธัชศิก คุ่มพร้อม จกมล พรหมยะ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน นิวุฒิหวังชัย และชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายโก ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและการปรับปรุงสีของปลาทอง (*Carassius auratus*). วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 16(6): 612-621.
- อรพินท์ จินตสถาพร จุฑามาต ทะแกลัวพันธุ์ อรทัย จินตสถาพร ศรีน้อย ชุ่มคำ ฉัตรชัย ไทยทุ่งจิน และสาธิต บุญน้อม. 2556. การปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาผลิตด้วยของเหลือ จากการตัดแต่งเห็นนางฟ้าในอาหารปลา. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(1): 125-133.
- อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และบุษกร บำรุงธรรม. 2543. อาหารปลาสวยงาม. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงาม และสถานที่แสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรุงเทพฯ. 16- 19 หน้า.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. AOAC, Washington DC.
- Berns, D.S., H.L. Crespi and J.J. Katz. 1963. Isolation, amino acid composition and some physico-chemical properties of the protein deuterio-phycocyanin. Journal of Aquatic Animal Chemistry Society 85: 8-14.

- Boyd, C.E. 1992. Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Auburn University, Alabama.
- Duncan, P.L. and P.H. Klesius. 1996. Effects of feeding *Spirulina* on specific and non – specific immune responses of channel catfish. Journal of Aquatic Animal Health 8: 308–313.
- Goñi, P., P. López, C. Sánchez, R. Gómez-Lus, R. Becerril and C. Nerín. 2009. Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. Food Chemistry 116 (4): 982-989.
- Kim, J.W. and K.H. Kyung. 2003. Antiyeast activity of heated garlic in the absence of allinase enzyme action. Journal Food Science 68: 1766-1770.
- Lu, J. and T. Takeuchi. 2004. Taste of Tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. Fisheries Science 68 (supp.1): 987 – 988.
- Nakamura, H. 1982. *Spirulina*: Food for Hungry World. University of the Trees. Press, Boulder Creek, California.
- Nakono, T., T. Yamaguchi., M. Sato and G. K. Iwama. 2003. Biological effects of carotenoids in fish. In: International Seminar on Effective Utilization of Marine Food Resource. Songkhla, Thailand. pp. 1–15.
- Roller, S. 1995. The quest for natural antimicrobials as novel means of food preservation: Status report on a European research project. International Biodeterioration and Biodegradation 36 (3): 333-345.
- Sardar, M.R., K.D. Thompson, D.J. Penman and B.J. McAndrew. 2001. Immune responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) clones: I. Non-specific responses. Developmental and Comparative Immunology 25: 37-46.
- Singh, A., R.K. Singh, A.K. Bhunia and N. Singh. 2003. Efficacy of plant essential oils as antimicrobial agents against *Listeria monocytogenes* in hotdogs. Lebensmittel-Wissenschaft und Technology 36: 787-794.
- Tzortzakis, N.G. 2009. Impact of cinnamon oil-enrichment on microbial spoilage of fresh produce. Innovative Food Science & Emerging Technologies 10(1): 97-102.
- Valero, M. and M.C. Salmeron. 2003. Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth. International Journal Food Microbiology 85: 73-81.
- Vonshak, A. 1997. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell - Biology and Biotechnology. Taylor & Francis, London. 540 pp.
-