

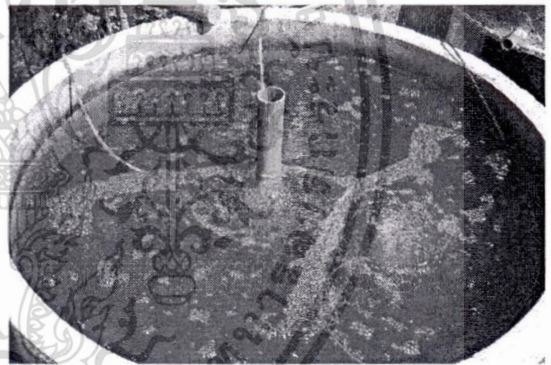
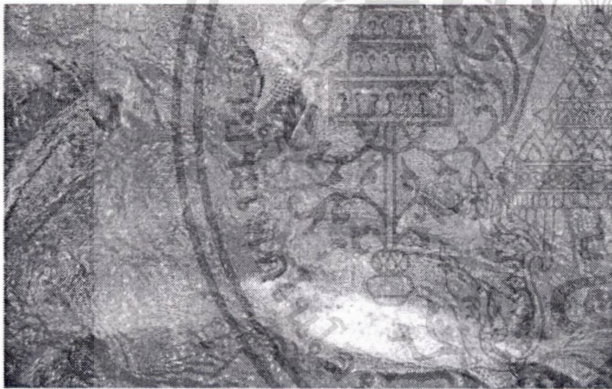


รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551

การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเนื้อปลาไนล์แดงโดยการเลี้ยง

ด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* สด

Yield improvement and flesh quality of red tilapia fed on food containing fresh *Spirulina platensis*



RCH

SH.

167

- 154

๙๖๒๕๗

พ. 1

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 86346

วัน,เดือน,ปี..... 3 S.A. 2551

โดย

รศ. ศักดิ์ชัย ชูโชติ

ผศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้



## รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551

การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเนื้อปลาหมอแดงโดย  
การเลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* สด

Yield improvement and flesh quality of red  
tilapia fed on food containing fresh  
*Spirulina platensis*

โดย

รศ. ศักดิ์ชัย ชูโชติ

ผศ. ดร. สุวีร์ตน์ เรืองสมบูรณ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเนื้อปลานิลแดงโดยการเลี้ยงด้วย อาหารผสม *Spirulina platensis* สด

### บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยการใช้สาหร่าย (ไซยาโนแบคทีเรีย) *Spirulina platensis* สด ผสมอาหารปลาสำเร็จรูปที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 14 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดง พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการเจริญเติบโตสูงที่สุดและมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR)  $0.79 \pm 0.17$ , ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE)  $167.10 \pm 5.60$ , ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)  $2.07 \pm 0.03$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน, อัตราการเจริญเติบโต (DWG)  $0.04 \pm 0.00$  กรัมต่อวัน แต่อาหารที่ผสมสาหร่ายไม่มีผลในการเพิ่มอัตราการรอดของปลานิลแดง ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีความสัมพันธ์กับปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารปลา ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อสูงที่สุดคือ  $4.48 \pm 0.47$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด

และยังพบว่าเนื้อปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน ( $28.47 \pm 0.42$  เปอร์เซ็นต์), ไขมัน ( $9.91 \pm 2.75$  เปอร์เซ็นต์), และแคลเซียม ( $6.73 \pm 2.20$  เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10-30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid) [ALA:(18:3(n-3))] ในเนื้อสูงกว่า ( $2.14-2.20$  เปอร์เซ็นต์) และมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ( $0.68$  เปอร์เซ็นต์)

## Yield improvement and flesh quality of red tilapia fed on food containing fresh *Spirulina platensis*

### Abstract

A feeding trial was conducted to study the effects of diets containing fresh cyanobacterium; *Spirulina platensis* on growth, feed conversion, survival, nutrition and carotenoid content of red tilapia. *S. platensis* was added to the basal diet at 0% (control), 10%, 20% and 30%, and fed to red tilapia for 14 weeks. Red tilapia fed with diet containing 30 % of *S. platensis*, had significance highest growth rate, including feed conversion ratio (FCR:  $0.79\pm 0.17$ ), feed conversion efficiency (FCE:  $167.10\pm 5.60$ ), specific growth rate (SGR:  $2.07\pm 0.03$  %/day) and diary weight gain (DWG:  $0.04\pm 0.00$  g/day). *S. platensis* supplements appeared to have no effect on survival. The total carotenoid levels were significantly related to the level of *S. platensis* in the diet. Flesh of red tilapia fed 30% *S. platensis* contained  $4.48\pm 0.47$   $\mu\text{g}$  carotenoid/g fresh weight.

In addition, flesh of red tilapia fed by 30 % of *S. platensis* contained highest protein ( $28.47\pm 0.42$  %), lipid ( $9.91\pm 2.75$  %), and calcium ( $6.73\pm 2.20$  %). Polyunsaturated fatty acid [ALA:(18:3(n-3))] content in red tilapia fed with diet containing 10-30 % *S. platensis* (2.14-2.20 %) was significantly different from the control (0.68 %).

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	3
สารบัญ	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
คำนำ	8
ตรวจเอกสาร	11
วิธีการ	24
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
สรุป	40
เอกสารอ้างอิง	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non essential acid) ของสไปรูลินา	14
2 เเปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในสไปรูลินาเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารอื่น ๆ	15
3 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนของ <i>Spirulina</i> (แห้ง) กับแหล่งอาหารประเภทอื่น ๆ	16
4 ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา ระดับต่าง ๆ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	27
5 ค่าอัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR), น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง, น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	29
6 ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR), ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE), อัตราการรอดตาย, ปริมาณแคโรทีนอยด์	31
7 ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียมและฟอสฟอรัสในเนื้อปลานิลแดง (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	34
8 องค์ประกอบกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในอาหารปลาที่ผสมด้วย <i>Spirulina platensis</i> สด	35
9 องค์ประกอบกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วย <i>Spirulina platensis</i> สด	36
10 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแต่กลุ่มการทดลอง	37

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินาระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน	28
2	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดการทดลอง	38
3	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดการทดลอง	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเนื้อปลาไหลแดงโดยการเลี้ยงด้วยอาหารผสม

### *Spirulina platensis* สด

#### คำนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบันทำให้มีความต้องการอาหารในการบริโภคเพิ่มขึ้นตามมา ซึ่งปัญหาหลายปัญหาที่ตามมาคือการขาดแคลนอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีฐานะยากจน ปัญหาการขาดแคลนสารอาหารประเภทโปรตีนนับเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากแหล่งโปรตีนหลักที่ได้จากเนื้อสัตว์นั้นมีต้นทุนสูง และต้องใช้เวลาในการผลิต (การเลี้ยงสัตว์) นาน และยังมีปัญหาการตกค้างของสารอันตรายเช่นสารเร่งสีเนื้อแดงในสุกร หรือฮอร์โมนที่ผสมในไก่เนื้อ จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารตกค้างเหล่านี้

แหล่งอาหารโปรตีนที่มาจากสัตว์น้ำจึงเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยและมีอันตรายจากสารเคมีตกค้างน้อยที่สุด และเนื่องจากในประเทศไทยมีแหล่งน้ำจืดมาก สัตว์น้ำน้ำจืดจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นอาหาร โดยที่ประชาชนจะสามารถเพาะเลี้ยงและผลิตได้เองเพื่อการบริโภคหรือเพื่อการค้า

ปลาไหลแดง เป็นปลาที่ประชาชนนิยมเพาะเลี้ยงทั้งเพื่อบริโภคในครัวเรือนและเพื่อเป็นการค้า ทั้งนี้เนื่องจากปลาไหลเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย กินอาหารได้แทบทุกชนิด เนื้อมีรสชาติดี และพบว่ากำลังได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ราคาปลาไหลแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกัน โดยปลาไหลแต่ละแห่งจะทำให้ได้ราคาสูงขึ้นกว่าการขายทั้งตัว ดังนั้นความสวยงามของเนื้อปลาจึงเป็นตัวดึงดูดผู้บริโภคได้อย่างชัดเจนซึ่งหากมีการพัฒนาหาวิธีเพิ่มผลผลิตในการเลี้ยง หรือเพิ่มคุณภาพของเนื้อปลา หรือความสวยงามนำรับประทานของเนื้อปลา จะทำให้ผู้เลี้ยงผลิตปลาได้มากขึ้นและขายปลาได้ในราคาสูง เพราะสีเนื้อปลาที่สวยงามนั้นสามารถนำไปแปรรูปเป็นเนื้อปลาดิบหรือสามารถจูงใจให้ผู้บริโภคสนใจในผลิตภัณฑ์นี้มากขึ้น

ซึ่งวิธีการเร่งสีเนื้อปลาให้สวยงาม การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาหรือการเพิ่มผลผลิตของปลาวิธีหนึ่งคือการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่ดี มีคุณภาพ โดยการผลิตอาหารปลาที่ผสมสาหร่ายก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาคุณภาพเนื้อปลาเหล่านี้ได้ *Spirulina* เป็นสาหร่ายตัวหนึ่งที่มีโปรตีนและกรดไขมันที่มีประโยชน์ในปริมาณสูงจึงสามารถช่วยในการเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาเพื่อเพิ่มโปรตีนและกรดไขมันในเนื้อปลา นอกจากนี้สารสี *astaxanthin* และ *phycocyanin* ที่มีในสาหร่ายยังสามารถช่วยทำให้สีของเนื้อปลาคูน่ารับประทาน ช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเพิ่มอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตให้กับปลาได้เป็นอย่างดีอีกด้วย และการใช้สาหร่ายสดให้เป็นอาหารปลาจะมีข้อดีเหนือสาหร่ายแห้งคือจะให้น้ำเน่าเสียได้ช้าลง สาหร่ายที่ยังเหลือตกค้างอยู่ปลาไหลก็สามารถกรอกกินต่อเป็นอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีอยู่ภายใต้เงื่อนไขของเว็บไซต์กรมประมงในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำสาหร่าย *Spirulina* สด มาผลิตเป็นอาหารเลี้ยงปลานิลแดง เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มคุณภาพเนื้อปลา ปริมาณโปรตีน กรดไขมันในเนื้อปลา เพิ่มความสวยงามของสีเนื้อ เพิ่มอัตราการรอด และอัตราการเจริญเติบโต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วัตถุประสงค์

1. หาระดับของสาหร่าย *Spirulina* สด ที่เหมาะสมในการผสมอาหารเลี้ยงปลา
2. ศึกษาแนวทางในการเพิ่มอัตราการเติบโต อัตรารอด เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และความสวยงามของเนื้อปลานิลแดงโดยการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *Spirulina* สดในอัตราส่วนต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตรวจเอกสาร

การเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบันทำให้มีความต้องการอาหารในการบริโภคเพิ่มขึ้นตามมา ซึ่งปัญหาหลายปัญหาที่ตามมาคือการขาดแคลนอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีฐานะยากจน ปัญหาการขาดแคลนสารอาหารประเภทโปรตีนนับเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากแหล่งโปรตีนหลักที่ได้จากเนื้อสัตว์นั้นมีต้นทุนสูง และต้องใช้เวลาในการผลิต (การเลี้ยงสัตว์) นาน และยังมีปัญหาการตกค้างของสารอันตรายเช่นสารเร่งสีเนื้อแดงในสุกร หรือฮอร์โมนที่ผสมในไก่เนื้อ จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารตกค้างเหล่านี้

แหล่งอาหารโปรตีนที่มาจากสัตว์น้ำจึงเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยและมีอันตรายจากสารเคมีตกค้างน้อยที่สุด และเนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำจืดมาก สัตว์น้ำจืดจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นอาหาร โดยที่ประชาชนจะสามารถเพาะเลี้ยงและผลิตได้เองเพื่อการบริโภคหรือเพื่อการค้า โดยสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่ประชาชนนิยมเลี้ยงและนิยมบริโภคคือปลา โดยเฉพาะปลานิลแดงเป็นปลาชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย

### ประโยชน์ของปลานิล

ปลานิลเป็นปลาซึ่งมีเนื้อมาก และมีรสดี สามารถที่จะนำมาปรุงเป็นอาหารได้หลายอย่าง เช่น ทอด ต้ม แกง ตลอดจนทำน้ำยาได้ดีเท่ากับปลาช่อน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ โดยทำเป็นปลาเค็มตากแห้งแบบปลาสด ปลากรอบ ปลาঝ้า ปลาเจ้า ปลาจ่อม หรือปลาต้ม และยังนำมาประกอบเป็นอาหารแบบอื่นได้อีกมากชนิด ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถเก็บไว้ได้นาน ทั้งสามารถจำหน่ายเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวได้อีกทางหนึ่ง (กรมประมง, 2537)

ปลานิลได้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2508 โดยเจ้าฟ้าชายอาภิศ โด มกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น โดยโดยทรงนำปลานิลจำนวน 50 ตัว ขึ้นทูลเกล้าฯ ถวาย แต่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2508 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงโปรดเกล้าฯ ให้เลี้ยงไว้ในบ่อดินขนาด 10 ตารางเมตร ในบริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิตและโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า "ปลานิล" อีก 1 ปี ต่อมา ก็ได้ทรงพระราชทานลูกปลาขนาดเล็กที่เกิดจากพ่อแม่ที่เลี้ยงไว้แก่กรมประมง เพื่อนำไปเลี้ยงและขยายพันธุ์และกรมประมงได้ส่งเสริมให้ประชาชนเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยการเพาะพันธุ์จำหน่ายและแจกจ่าย จากการเพาะขยายพันธุ์ปลานิลในระยะหลัง ปรากฏว่ามีลูกปลานิลจำนวนหนึ่งมีสีสันผิดไปจากเดิมอย่างเด่นชัด กล่าวคือ สีของลำตัวซึ่งปกติเป็นสีเขียวปนน้ำตาลดำ ได้เปลี่ยนเป็นสีขาวอมชมพู เหลือง ส้ม หรือแดง อุบัติการณ์ดังกล่าวจัดว่าเป็นการผ่าเหล่า (mutant) กรมประมงจึงให้ชื่อปลาที่เกิดจากการผ่าเหล่านี้ว่า "ปลานิลสีแดง" (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลานิลเป็นปลาซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจนับตั้งแต่ปี 2508 เป็นต้นมา สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพ เป็นปลาที่ประชาชนนิยมเลี้ยงกันมากชนิดหนึ่ง ทั้งในรูปแบบการค้าและเลี้ยงไว้บริโภคในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย กินอาหารได้แทบทุกชนิด เนื้อมีรสชาติดีตลาดมีความต้องการสูง ([www.fisheries.go.th](http://www.fisheries.go.th))

ราคาปลานิลแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกัน ตลาดในชนบทมีความต้องการปลานิลขนาดเล็กเพื่อการบริโภค ซึ่งตรงกันข้ามกับตลาดในเมืองมีความต้องการปลาขนาดใหญ่ ราคาของปลาจึงแตกต่างกัน สำหรับราคาขายปลีกโดยเฉลี่ยราคาอยู่ที่ 20-25 บาท/กก. อย่างไรก็ตาม ราคาปลานิลแต่ละแห่งเพื่อมีราคาอยู่ระหว่าง 75-80 บาท/กก ([www.fisheries.go.th](http://www.fisheries.go.th)) ซึ่งเห็นได้ว่าการแล่นเนื้อขายจะทำให้ได้ราคาสูงขึ้น นอกจากนี้ปลานิลแดงยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมาก เนื่องจากเป็นปลาที่มีสีสันสวยงาม รสชาติดี เนื้อนุ่ม ในประเทศญี่ปุ่นนิยมเนื้อปลานิลแดงมาทำเป็นปลาดิบ ราคาที่โลกรั่มละ 1500 เยน (ชลธิชา, 2541) ดังนั้นความสวยงามของเนื้อปลาจึงเป็นตัวดึงดูดผู้บริโภคได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการเลี้ยงปลาชนิดนี้เพื่อผลิตจำหน่าย จึงมีความจำเป็นที่ จะต้องพิจารณาในด้านอาหารปลาที่จะนำมาใช้เลี้ยงเป็นหลัก

### ความต้องการอาหารของปลา

โดยทั่วไปลูกปลาที่ฟักออกจากไข่ปลาใหม่ ๆ จะใช้อาหารที่มีอยู่ในถุงอาหาร (Yolk sac) เพื่อยังชีวิตให้คงอยู่ หลังจากใช้อาหารในถุงอาหารหมดแล้ว ลูกปลาจึงจะเริ่มหาอาหารกินเอง อาหารที่ปลากินเข้าไปจะถูกย่อยให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก โดยน้ำย่อยที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหาร สารอาหารที่ได้จากการย่อยสลายอาหารจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าไปในระบบหมุนเวียนของเลือด เพื่อนำไปเลี้ยงร่างกายต่อไป ปลาจะกินอาหารเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ 3 ประการใหญ่ๆ คือ การเคลื่อนไหว และยังชีพประจำวัน การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ (ศักดิ์ชัย, 2536)

### แหล่งอาหารของปลา

ปลาได้รับอาหารจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ อาหารธรรมชาติและอาหารสมทบ

อาหารธรรมชาติ หมายถึง อาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในบ่อปลา มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเป็นวงจรชีววิทยา สัตว์กินพืชสีเขียวเป็นอาหาร และกินสัตว์ด้วยกันเองเป็นอาหารด้วย (ศักดิ์ชัย, 2536) อาหารที่จำเป็นจำพวกสัตว์ ได้แก่ ลูกน้ำ หนอนแดง ลูกแมลงปอ ไส้เดือน ตัวอ่อนของหอย ลูกกุ้ง แมลงน้ำชนิดต่างๆ รวมถึงแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก เช่น *Euglena* sp., *Brachionus* sp. เป็นต้น ส่วนอาหารที่เป็นจำพวกพืช ได้แก่ พืชน้ำต่างๆ ที่เกิดขึ้นในน้ำ ได้แก่ ไข่น้ำ แหน สาหร่าย หย้า เป็นต้น และพวกแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ *Chlorella* sp., *Spirulina* sp., *Nitzschia* sp. เป็นต้น

อาหารสมทบ หมายถึง อาหารที่ให้เพิ่มเติมแก่ปลา เพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตปลาให้มากขึ้นโดยใช้ระยะเวลาการเลี้ยงสั้นลง ไร่ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาคุณภาพอาหาร

การพัฒนาคุณภาพอาหารปลาสามารถทำได้ทั้งการเพิ่มปริมาณโปรตีนหรือสารสีในอาหาร โดยแหล่งอาหารโปรตีนที่เป็นที่นิยมผสมในอาหารสัตว์น้ำในปัจจุบันคือแหล่งโปรตีนจากพืช โดยเฉพาะจากสาหร่ายซึ่งประชาชนจะสามารถผลิตได้เองในครัวเรือน ข้อได้เปรียบของสาหร่ายคือเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยกว่าพืชขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาสั้น ซึ่งทำให้สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายควบคุมไปกับการเลี้ยงปลาและใช้สาหร่ายสดเป็นอาหารปลา โดยสาหร่ายสดจะมีข้อดีกว่าสาหร่ายแห้งคือจะไม่ทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่ายถ้ามีสาหร่ายเหลือตกค้างอยู่ในตู้ปลาหรือบ่อปลา นอกจากนี้สาหร่ายยังให้คุณค่าทางโภชนาการสูง เช่นสาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina*) ซึ่งเป็นที่ยอมรับและรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก

โดย *Spirulina* นอกจากเป็นอาหารมนุษย์แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสีให้สวยงาม เร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มอัตราการรอดได้อีกด้วย เนื่องจากมีสารสีพวกแคโรทีนอยด์และ phycocyanin เป็นองค์ประกอบอยู่ โดยสารสีนี้มีราคาแพงมีการผลิตขายในระดับอุตสาหกรรม (Patricia *et al.*, 1996) นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนธรรมชาติ (natural protein) โดยเฉพาะ phycocyanin นั้นนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจวัดระบบภูมิคุ้มกัน (fluorescent markers) (Tchernov *et al.*, 1999) ใช้ผสมในยาต่าง ๆ

## สไปรูไลนา

สไปรูไลนา อยู่ในกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมมาเงิน จำแนกอยู่ใน

Division	Cyanophyta
Class	Cyanophyceae
Order	Oscillatoriales
Family	Oscillatoriaceae
Genus	<i>Spirulina</i>

สไปรูไลนามีขนาดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็น ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอน คือ ล่องลอยอยู่ในน้ำที่มีคลื่น และเมื่อล่องลอยอยู่เป็นจำนวนมากจะเห็นน้ำเป็นสีเขียวเข้ม เซลล์ไม่มีนิวเคลียสให้เห็นอย่างชัดเจนหรือนิวเคลียสยังไม่มีเยื่อหุ้ม มีผนังเซลล์บางประกอบด้วยเปปติโดไกลแคน ซึ่งแตกต่างจากพืชทั่วไปที่ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส สไปรูไลนาประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอกหลายเซลล์มาเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย และบิดเป็นเกลียว การบิดเป็นเกลียวเป็นลักษณะเฉพาะที่ทำให้สไปรูไลนาแตกต่างจากสาหร่ายขนแมว แต่การบิดเป็นเกลียวมาก เกลียวน้อย หรือจะกลายเป็นเส้นตรงได้ภายใต้สภาวะบางอย่างโดยธรรมชาติ หรือปัจจัยที่กำหนด เช่นแสงและอาหาร (ธิตา, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Spirulina*

สาหร่าย *Spirulina* มีโปรตีนสูง ไม่ว่าจะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารมาตรฐาน Zarrouk หรือเลี้ยงด้วยของเสียหรือน้ำทิ้งต่าง ๆ อาจจะมีค่าแตกต่างกันไปบ้างตามคุณสมบัติของของเสียหรือน้ำทิ้งที่นำมาเลี้ยง นอกจากนี้ยังมี โปรวิตามินเอหรือเบต้าแคโรทีนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินตัวอื่นๆ ในด้านเกลือแร่จะมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมค่อนข้างสูงกว่าแร่ธาตุตัวอื่นๆ กรดอะมิโนในสาหร่ายชนิดนี้มีครบทุกชนิดและค่อนข้างสูง (ยิวดี, 2549) สาหร่ายสไปรูลินาดีกว่าคลอเรลลาอยู่ 3 ประการคือ การเก็บเกี่ยว คุณค่าทางอาหาร และความสามารถในการถูกย่อย (เจียมจิตต์, 2531)

ตารางที่ 1 กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non essential acid) ของสไปรูลินา

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ร้อยละ
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	4.13
ลิวซีน (leucine)	5.80
ไลซีน (lysine)	4.00
เมทไทโอนีน (methionine)	2.17
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	3.95
ทรีโอนีน (threonine)	4.17
ทริปโตเฟน (tryptophan)	1.13
กรดอะมิโนที่จำเป็น	ร้อยละ
วาเลีน (valine)	6.00
อะลานีน (alanine)	5.82
อาร์จินีน (arginine)	5.98
กรดแอสปาร์ติก (aspartic acid)	6.43
ซีสตีน์ (cystine)	0.67
กรดกลูตามิก (glutamic acid)	8.94
ไกลซีน (glycine)	3.46
ฮิสตีดีน (histidine)	1.08
โพรลีน (proline)	2.97
เซอรีน (serine)	4.00
ไทโรซีน (tyrosine)	4.60
ที่มา: สมบัติ (2528)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาหร่าย *Spirulina* sp. ประกอบด้วยโปรตีนสูงถึง 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง มีวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกายหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามินและเกลือแร่ (Santillan, 1982) ไขมันในเซลล์สาหร่ายประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (Ciferri, 1983) จึงเป็นที่นิยมรับประทานเป็นอาหารเสริมสุขภาพ (สุมาลี, 2535) ผัสดูคล้ายสาหร่ายประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์สามารถย่อยสลายได้ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ (Borowitzka, 1989; Li and Qi, 1997; เบญจวรรณ, 2543) สาหร่าย *Spirulina* มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สาหร่าย *Spirulina* ยังเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการผลิตสารเคมีสำคัญซึ่งพบไม่ค่อยพบในสิ่งมีชีวิตอื่น โดยประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายพันธะ (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยเฉพาะกรดแกมมา - ลิโนเลนิก หรือ GLA (g - linolenic acid, 18:3 w 6), รงควัตถุธรรมชาติ เช่น ไฟโคไซยานิน (phycocyanin) และคาร์โบไฮเดรตชนิด myxoxanthophyll, zeaxanthin และสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เป็นต้น (มารศรี, 2541)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในสไปรูลินาเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารอื่น ๆ

กรดอะมิโน	สไปรูลินา	คลอเรลลา	ถั่วเหลือง	เนื้อวัว	ไข่ไก่	ปลาทู
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	3.3-3.9	3.9	1.8	0.93	0.67	0.83
ลิวซีน (leucine)	5.9-6.5	6.01	2.70	1.7	1.08	1.28
ไลซีน (lysine)	2.6-3.3	3.6	2.58	1.76	0.89	1.95
เมทไทโอนีน (methionine)	1.3-2.0	0.61	0.48	0.43	0.40	0.58
ซีสทีน (cystine)	0.5-0.7	0.48	0.48	0.23	0.35	0.38
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	2.6-3.3	3.00	1.98	0.86	0.65	0.61
ไทโรซีน (tyrosine)	2.6-3.1	2.53	1.38	0.68	0.49	0.61
ทรีโอนีน (threonine)	3.0-3.6	2.30	1.62	0.86	0.59	0.99
ทริปโตเฟน (tryptophan)	1.0-1.6	0.59	0.55	0.25	0.20	0.30
วาเลีน (valine)	4.0-4.6	3.30	1.86	1.05	0.83	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนของ *Spirulina* (แห้ง) กับแหล่งอาหารประเภทอื่น ๆ

	ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)
เนื้อวัว	18-20
ไข่	10-25
ข้าวสาลี	6-10
ข้าวเจ้า	7
ถั่วเหลือง	33-35
ปลาทู ปลาอินทรี	20
คลอเรลลา	40-56
<i>Spirulina</i>	69.5-71

ที่มา: เจียมจิตต์ (2531)

### วิตามินและเกลือแร่ใน *Spirulina*

*Spirulina* มีวิตามินอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน วิตามินที่น่าสนใจได้แก่ วิตามิน B12 ซึ่งปกติจะมีมากในเนื้อสัตว์ และมีปริมาณ น้อยมากในพืชทั่ว ๆ ไป แต่สาหร่ายสไปรูลินาเป็นสาหร่ายที่มีวิตามิน B12 สูง วิตามินอีกชนิดหนึ่งที่มีมากในสาหร่ายสไปรูลินาคือ วิตามิน A ซึ่งอยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีน มีบทบาทสำคัญในการลดอนุมูลอิสระ (free radical) ส่งผลให้ภูมิคุ้มกันโรคสูง และยังเป็นแหล่งอาหารที่มีวิตามิน E, C, B1, B6 และไนอาซินสูง นอกจากนี้วิตามินต่าง ๆ แล้ว สาหร่ายสไปรูลินายังอุดมไปด้วยเกลือแร่ที่จำเป็นอีกมากมาย เช่น ธาตุเหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง เซเลเนียม และแคลเซียม นอกจากนี้รังควัตถุในสาหร่ายสไปรูลินายังประกอบด้วยสีเขียวของคลอโรฟิลล์ สีน้ำเงินของไฟโคไซยานิน สีส้มของเบต้าแคโรทีน และแซนโทฟิลล์ โดยพบว่าคลอโรฟิลล์หรืออนุพันธ์มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียและสัตว์ การเผาผลาญอาหาร การหายใจ กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง การทำงานของฮอร์โมน และการกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย (สุพิศ, 2536)

หากพิจารณาในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่าสไปรูลินามีความเหมาะสม เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีน 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งสูงเท่ากับถั่วเหลือง ข้าว และถั่ว (Linda and Lee, 2000) อีกทั้งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดในอัตราที่พอเหมาะ มีคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10-15 ไขมัน ร้อยละ 2-6 มีวิตามินและกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นสูง วิตามินที่สำคัญเช่น บี1, บี2, บี6 และเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารกับวิตามินเอ (Linda and lee, 2000) สารให้สีได้แก่แคโรทีนอยด์, ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ประโยชน์ของสาหร่าย *Spirulina*

การผลิตสาหร่าย *Spirulina* ในปัจจุบันนอกจากเป็นอาหารเสริมสุขภาพแล้วยังนิยมใช้สาหร่ายผงเพื่อผสมในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารปลาสวยงามเพื่อเร่งสี ทั้งนี้เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นบนตัวปลาโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีของรงควัตถุหรือสารสีโดยเฉพาะที่เป็นสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ ความเข้มของสีที่ปรากฏบนผิวของปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณคาโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

การเลี้ยง *Spirulina* สามารถเลี้ยงได้ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเช่นนมดิบหรือมูลสุกร โดยสาหร่ายทั้งสองชนิดมีโปรตีนในปริมาณสูงจึงสามารถช่วยในการเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาเพื่อเพิ่มโปรตีนในเนื้อปลา นอกจากนี้สารสี astaxanthin และ phycocyanin ที่มีในสาหร่ายยังสามารถช่วยทำให้สีของเนื้อปลาดูน่ารับประทาน และช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเพิ่มอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตให้กับปลาได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

สีของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคและมีผลต่อราคาสินค้าที่สูงขึ้น ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงพยายามผลิตอาหารที่มีส่วนผสมของ carotenoid เพื่อเร่งสีของสัตว์น้ำให้เข้มขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูงขึ้น การจะเลือกใช้ carotenoid ชนิดใดต้องพิจารณาถึงชนิดของสัตว์น้ำด้วย ทั้งนี้เพราะสัตว์น้ำต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสม carotenoid ได้ต่างกัน

ในปัจจุบันผู้ผลิตอาหารปลานิยมใช้สาหร่ายผสมในอาหารปลาเพื่อเร่งสี ทั้งนี้เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นที่ตัวปลาโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีของรงควัตถุหรือสารสีโดยเฉพาะที่เป็นสารในกลุ่ม carotenoid การสะสม carotenoid ในปลา carotenoid ส่วนใหญ่จะละลายในไขมัน โดยจะทำให้เกิด สีเหลือง ส้ม หรือแดง ในส่วนของไข่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและผิวหนัง ปลาที่มีการสะสม xanthophyll มากกว่า carotene หรือไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ ซึ่งมักพบในรูปของ taraxanthin, lutein, และ astaxanthin จากการตรวจเนื้อเยื่อและผิวหนังของปลา พบว่ามีส่วนประกอบของ beta carotene และ xanthophyll รวมอยู่ด้วย (Fox, 1967) ความเข้มของสีที่ปรากฏบนที่ตัวของปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ carotenoid ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ carotenoid เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

86346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประโยชน์ของ *Spirulina* ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

### การเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต

*Spirulina* sp. เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูง ซึ่งช่วยให้สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโตที่ดี โดย Britz (1996) ได้ทดลองศึกษาหาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ (*Haliotis midae*) จากแหล่งที่อุดมไปด้วยโปรตีน 5 ชนิด คือ casein (โปรตีน 91 เปอร์เซ็นต์), fishmeal (โปรตีน 70 เปอร์เซ็นต์), soya oil cake (โปรตีน 51 เปอร์เซ็นต์), torula yeast (โปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์) และ *Spirulina* spp. (โปรตีน 44 เปอร์เซ็นต์, เก็บจากโรงเพาะเลี้ยง) แล้วนำไปผสมในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ โดยใช้สูตรคำนวณเพื่อให้อาหารที่ผสมมีโปรตีนอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์โปรตีนในอาหารที่ผสมจากการคำนวณแล้วอาหารผสมทุกชนิดจะมีโปรตีนอยู่ที่ 31, 29, 32, 29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ยกเว้นอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Spirulina* spp. จะมีโปรตีนอยู่ที่ 19 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น จากการทดลองเลี้ยง *Haliotis midae* เป็นเวลา 124 วัน ผลคืออัตราการบริโภคอาหารของหอยเป่าฮื้อที่กินอาหารผสม casein มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ส่วน fishmeal และ *Spirulina* spp. จะอยู่ที่ 0.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ซึ่งค่าการบริโภคของอาหารที่ผสมด้วยแหล่งโปรตีนต่าง ๆ นี้จะไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ

หอยเป่าฮื้อที่กินอาหารที่ผสม fishmeal และ *Spirulina* spp. จะมีค่าความยาว และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่สูงกว่ากลุ่มอาหารที่ผสมแหล่งโปรตีนแหล่งอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเทียบค่า FCR ของ casein (0.7) และ FCR ของ fishmeal กับ *Spirulina* spp. (0.8) ซึ่งค่าของ casein จะต่ำกว่า *Spirulina* spp. มีค่า FCR 0.8 และ PER 6.5 แสดงให้เห็นว่าโปรตีนจากแหล่งนี้มีค่ามวลชีวภาพที่สูง เพราะอาหารที่ผสม *Spirulina* spp. มีค่าโปรตีนเพียง 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอาหารผสมอื่น แต่กลับให้ค่า PER ที่สูง จึงแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีความสามารถย่อยได้สูง

Nandeesh et al. (2001) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต จากการทดแทนอาหารด้วยสาหร่าย *Spirulina platensis* จากแต่เดิมที่ใช้ fishmeal ในการเลี้ยงปลา catla (*Catla catla*) และ rohu (*Labeo rohita*) พบว่าเมื่อเลี้ยงปลา catla และ rohu ด้วยสูตรอาหารที่ต่างกันคือ ผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* แห่ง ที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยทดลองให้อาหารเป็นระยะเวลา 90 วัน ได้ผลว่าในปลา catla เมื่อได้รับอาหารผสมในระดับต่าง ๆ กันนั้น การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งแตกต่างกับใน rohu ที่ได้รับอาหารผสม 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอาหารผสม 25 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่ไม่ได้ผสม *S. platensis* สำหรับค่าประสิทธิภาพในการนำโปรตีนไปใช้ (PER) ของ catla ไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ใน rohu จะมีค่าที่ต่ำเมื่อมีการผสม *S. platensis* ในระดับที่สูง

เอกสารนี้เป็นเพียงเอกสารนำเสนองานวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายโดยตรงแล้ว ยังได้มีการศึกษาถึงสารสีภายในสาหร่ายด้วย ซึ่งสารสีที่อยู่ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีหลายชนิด การศึกษาของสารสีของสาหร่ายต่อประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำนั้นมีการศึกษามากมาย ซึ่งผลส่วนใหญ่ นั้นสารสีมักไม่มีส่วนช่วยให้มีการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น ดังการทดลองของ Suparattaya et al. (2000) ซึ่งให้อาหารเสริมเบต้าแคโรทีน แก่ลูกกุ้งที่ระดับต่าง ๆ กันคือ ควบคุม, 125, 200, 300 มิลลิกรัมเบต้าแคโรทีน และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl โดยเก็บตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักในระหว่าง 8 สัปดาห์ของการให้อาหารทดลอง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งในอาหารแต่ละระดับ โดยน้ำหนักที่เพิ่มของกุ้งที่ให้อาหารผสม 125 – 300 มิลลิกรัมเบต้าแคโรทีนต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่าสูงกว่าในกลุ่ม ควบคุม หรืออาหารผสม 0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl ( $P < 0.05$ ) เปอร์เซ็นต์การรอดของกุ้งในกลุ่มควบคุม จะต่ำสุดเช่นเดียวกับกลุ่มที่ให้อาหารผสม 0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งที่ได้รับอาหารผสมต่าง ๆ นั้นจะไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากรายงานการทดลองนี้จะเห็นว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเบต้าแคโรทีน นั้น จะมีค่าต่าง ๆ สูงกว่าในกลุ่มควบคุม แต่เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก สารสีที่อยู่ภายในสาหร่ายหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนั้นอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตมากนัก แต่ผลของสารสีนั้นจะเห็นได้ชัดเจนต่อการเกิดขึ้นของสีภายนอกและภายในของสัตว์เลี้ยง ซึ่งได้มีรายงานการวิจัยมากมายที่สนับสนุนการกระตุ้นการเกิดของสีของสัตว์เลี้ยง

#### ผลของรงควัตถุต่อปริมาณสารสีในสัตว์น้ำ

สารสีของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ (คลอโรฟิลล์ เอ), แคโรทีนอยด์ (เบต้า-แคโรทีนแซนโทโรฟิลล์หลายชนิด) และ ไฟโคบิลิน (ซี-ไฟโคไซยานิน, อัลโลไฟโคไซยานิน, ซี-ไฟโคอิทริน) ซึ่งสารสีแต่ละชนิดก็จะแสดงสีที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งคุณสมบัตินี้จะส่งผลไปถึงสีของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับด้วย

สีของปลาเกิดจากการสะสมของรงควัตถุ (Pigments) พวกแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นแหล่งสารที่สำคัญที่สุดสำหรับปลาและพวก ครัสเตเชีย (Silva and Trevor, 1995) ซึ่งให้ผลในการเร่งสีปลาสวยงามซึ่งแคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่พบโดยทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ แต่สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ขึ้นมาเองได้ ดังนั้นจึงต้องรับจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรงและสามารถเก็บเม็ดสีเอาไว้ในตัวของมันหรืออาจเปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นสารสีรูปอื่นได้ (Chien et al., 2005)

ปลาเมื่อรับรงควัตถุหรือสารสีจะมีการสะสมสีต่าง ๆ ที่บริเวณใต้ผิวหนังในชั้นเดอร์มิส (dermis) และเนื้อเยื่อบริเวณกล้ามเนื้อ (Latscha, 1991) ซึ่งอยู่ในรูปต่าง ๆ เมื่อสัตว์น้ำกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะได้รับรงควัตถุนิตต่าง ๆ เช่น เบต้า-แคโรทีน ซีเอแซนทิน (zeaxanthin) หลังจากนั้นสัตว์น้ำก็จะเปลี่ยนรูปโครงสร้างของรงควัตถุ จนในที่สุดจะเก็บสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในรูปแอสตาแซนทิน โดยสารสีเหล่านี้จะส่งผลให้คุณภาพสีของเนื้อดีขึ้น และทำให้ปลาสวยงามมีสีเข้มสวย

สัตว์น้ำสามารถใช้แอสตาแซนทินได้ดีกว่าคาร์ทีนอยด์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งจากการทดลองของ Amar et al. (2004) ได้ทดลองให้อาหารปลา rainbow trout ด้วยอาหารผสมระหว่าง *Dunaliella salina* (ซึ่งเป็นแหล่งเบต้า-คาร์ทีน) กับอาหารผสม *Phaffia rhodozyma* (ซึ่งเป็นแหล่งแอสตาแซนทิน) พบว่าในปลาที่กินอาหารผสม *Phaffia* มีปริมาณความเข้มข้นของคาร์ทีนอยด์ในซีรัมสูงกว่าเมื่อเทียบกับปลาที่ให้อาหารผสม *Dunaliella*

บานชื่น (2532) ทดลองเลี้ยงปลาดุกด้วยอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด (*Spirulina* sp.) ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อศึกษาสีของเนื้อปลาดุก พบว่าส่วนประกอบของอาหารที่มีส่วนผสมของสไปรูลินาตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป จะทำให้สีของเนื้อปลาดุกเข้มขึ้นตามปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เลี้ยง

ชลธิชา (2541) ซึ่งศึกษาผลของแอสตาแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับ 0, 50, 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นเวลา 90 วัน พบว่าการใช้แอสตาแซนทินผสมในอาหารที่ระดับ 0, 50, 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. แต่มีผลต่อสีของลำตัวและเนื้อปลานิลสีแดง

มะลิและนันทิยา (2537) ได้ทดลองรงควัตถุแหล่งต่างๆ ผสมอาหารสูตรพื้นฐาน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี การเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอดในปลานิลสีแดง ใช้อาหาร 5 สูตร คืออาหารสูตรพื้นฐานที่ไม่มีรงควัตถุ อาหารสูตรพื้นฐานผสมรงควัตถุต่างๆ คือ สาหร่ายสไปรูลินาแห้ง กลีบดอกดาวเรืองพันธุ์ทอริดอร์ หัวและเปลือกกุ้งสด และขมิ้นในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์, 5 เปอร์เซ็นต์, 15 เปอร์เซ็นต์, 5 เปอร์เซ็นต์, ตามลำดับ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าสาหร่ายสไปรูลินาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอดของปลานิลแดง แต่มีความเข้มสีของลายบนตัว หัวและครีบมากที่สุด ถ้าต้องการเร่งสีปลาให้เป็นสีแดงเข้มควรใช้สาหร่าย สไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลีบดอกดาวเรืองไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอด แต่มีผลต่อความเข้มสีของลายบนตัว หัวและครีบ เช่นเดียวกับสาหร่ายสไปรูลินาต่างกันที่โทนสีไปทางแดงเหลืองทองและกลีบดอกดาวเรืองยังทำให้จอยปากและโคนครีบเป็นสีเหลือง ถ้าต้องการเร่งปลาให้เป็นสีแดงเข้มควรใช้กลีบดอกดาวเรือง 5 เปอร์เซ็นต์เลี้ยง ส่วนหัวกุ้งสดมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโต และเร่งสีของลายบนตัว หัวและครีบเร่งได้ช้ากว่า ถ้าต้องการให้เป็นสีแดงเพลิงควรใช้หัวกุ้งสด 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขมิ้นไม่มีผลต่อการเร่งสีปลาทั้งยังมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงปลา

จกมล และคณะ (2545) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลานิลแดงโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไก่อาน้ำสาหร่ายมาผสมในอาหาร 4 สูตรดังนี้ 1. อาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์

เอ็่การเป็นนัยที่เห็นได้ชัดคือ การเร่งสีของเนื้อปลาให้เข้มขึ้น และเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรัมปลา ซึ่งการนำปลาไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ 2. อาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์ 3. อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ 4. อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ นำอาหารผสมเลี้ยงปลาในกระชัง ระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดงที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่า อาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การผสมคาโรทีนอยด์ ลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา salmon โดยส่วนใหญ่จะเป็นแอสตาแซนทิน (Simpson et al., 1981) ส่งผลให้เนื้อของปลา salmon นั้นมีสีชมพู เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจุบันมีการนำรงควัตถุเหล่านี้เสริมในอาหารเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะแคโรทีนอยด์ พบว่ามีหน้าที่ในระบบชีวเคมีที่สำคัญหลายประการ เช่นช่วยให้โครงสร้างโปรตีนมีความคงสภาพ (Fox et al., 1967) ป้องกันเนื้อเยื่อมิให้ถูกทำลายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Chew, 1996) โดยช่วยทำลายอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่มีพิษซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของเซลล์ Liao et al. (1993) กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูไลนามีผลต่อการเกิดสีในหนัง และเนื้อของสัตว์น้ำโดยขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลา (Cuzon et al., 1985) และคาโรทีนอยด์มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียดทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

#### ผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

การใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* สดอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดงจนถึงระยะวางไข่ พบว่าปลานิลมีอัตราการผสมพันธุ์ อัตราการฟักออกเป็นตัว และอัตราการรอดของลูกปลาสูงกว่าการใช้อาหารปลาทั่วไป และสาหร่าย *Spirulina platensis* สด ทำให้เนื้อปลามีกรดไขมันจำพวก linoleic acid , Gamma-linoleic acid สูงกว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงในอาหารทั่วไป (Lu and Toshio, 2003)

การทดลองใช้สาหร่ายในด้านการต้านทานโรคกับสัตว์ โดยการให้สาหร่าย *Spirulina* ในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาว (White spot syndrome) ในกุ้งกุลาดำ (*Peneaus monodon*) โดยผสม *Spirulina* แห่งอาหารเม็ดในอัตราส่วน 0, 0.0005, 0.005, 0.5, 5 และ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมให้กุ้งกินเวลา 7 วัน และมาทดสอบความต้านทานเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวแล้วเลี้ยงต่อ 17 วัน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดผสม *Spirulina* มีอัตราการตายเฉลี่ย 60, 56, 56, 36, 52, 25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวของกุ้งที่รอดตายที่ตรวจโดย immunohistochemistry เท่ากับ 75, 75, 66.67, 50, 83.33, 22.22 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดทดลองที่ให้อาหารเม็ดผสม *Spirulina* 10 กรัมต่อกิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายสูงและการติดเชื้อแตกต่างจากกุ้งที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ปิยาลักษณ์และคณะ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารผสมเบต้า-คาโรทีนในระดับสูงสามารถทนต่อสภาวะเครียดได้ดี เป็นเพราะเบต้า-คาโรทีน อาจมีส่วนช่วยในการสะสมออกซิเจนในกุ้งกุลาดำ เช่นเดียวกับที่ Chien and Shian (2005) ได้รายงานว่ากุ้งที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ 360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นั้นมีอัตราการรอดที่ดีในสภาวะเครียดที่ปราศจากออกซิเจน และเมื่อทดลองกับกุ้งในระยะ juvenile หลังจากให้อาหารในการทดลองไปแล้ว 6 สัปดาห์ ปริมาณเม็ดเลือดของกุ้งกลุ่มควบคุมและในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสม 0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ปริมาณเม็ดเลือดจะมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับการเพิ่มของเบต้า-คาโรทีน ที่ผสมในอาหาร ( $r = -0.97$ )

การทดลองความสามารถในการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันของแหล่งคาโรทีนอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ คือ สาหร่าย *Dunaliella salina* กับ ยีสต์ *Phaffia rhodozyma* (Amar et al., 2004) ผลปรากฏว่า ปลา rainbow trout ที่ได้รับอาหารเสริม สาหร่าย *Dunaliella* และ ยีสต์ *Phaffia* จะพบปริมาณคาโรทีนอยด์ ใน serum และเนื้อเยื่อ ซึ่งในปลากลุ่มควบคุมจะไม่พบคาโรทีนอยด์เลยในทั้งสองที่ และจะมีปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) รวมทั้ง serum lysozyme activity เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัญชลี (2547) ได้รายงานการวิจัยเกี่ยวกับการใช้สาหร่าย *Spirulina* ต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาอุกพันธุ์ผสม โดยจะให้สาหร่าย *Spirulina* แห่งผสมลงในอาหาร 7 สูตร ที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 เปอร์เซ็นต์ และปรับอาหารแต่ละสูตรให้มีระดับของโปรตีน ไขมัน และพลังงานใกล้เคียงกัน และเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายชนิดนี้จะมีผลทำให้การสร้างแอนติบอดีต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์คาโรทีนอยด์รวม ในเนื้อปลาพบว่ามีคาโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นตามระดับของสาหร่าย *Spirulina* ที่เสริมเข้าไปในอาหาร และการเสริมสาหร่าย *Spirulina* ในอาหารไม่ส่งผลต่อค่าฮีโมโกลบินรวมแต่ส่งผลให้เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นและไม่พบความผิดปกติทางเนื้อเยื่อวิทยาของปลา

โดยพบว่ามีผลการทดลองผสม *Spirulina* ในอาหารเลี้ยงปลานิลและศึกษาอัตราการย่อยการใช้ประโยชน์ รวมทั้งการวางไข่และคุณภาพไข่ของปลา ซึ่งพบว่าปลานิลสามารถย่อย *Spirulina* ได้ดี แต่ไม่มีผลต่อการวางไข่และคุณภาพไข่ (Lu et al., 2004; Lu and Takeuchi, 2004; Lu et al., 2006) และพบว่ามีผลต่อสีของปลา (Boonyaratpalin and Unprasert, 1989) ส่วนการทดลองเลี้ยงปลาดุกอุยด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสีของปลาดุกอุยจะเข้มขึ้น หากใช้สาหร่ายเกลียวทองผสมในอาหารปริมาณ ตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ความเข้มของสีเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายเกลียวทองและระยะเวลาที่เลี้ยง (บานชื่น, 2532)

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำสาหร่าย *Spirulina* มาผลิตเป็นอาหารเลี้ยงปลา โดยเฉพาะปลานิลแดงซึ่งเป็นปลาที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และมีความต้องการจากตลาดในปริมาณสูงเนื่องจากสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด เพื่อหาสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารของเนื้อปลาโดยเฉพาะโปรตีนและกรดไขมัน  
เพิ่มความสวยงามของสีเนื้อ เพิ่มอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง

### การเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา

เลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อกลางแจ้ง ขนาดความจุ 1 ตัน โดยใส่สารเคมี commercial grade ประกอบด้วย  $\text{NaNO}_3$  150 กรัม  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  30 กรัม  $\text{NaHCO}_3$  1000 กรัม และผสมนมสด 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมูลสุกร 500 กรัม (ใช้น้ำที่แช่มูลสุกร) ซึ่งเป็นสูตรที่ให้ผลผลิตและโปรตีนสูงที่สุด (สุนีรัตน์ และคณะ, 2548) เลี้ยงสาหร่ายจนเข้าสู่ระยะปลายการเจริญเติบโตเต็มที่ (late exponential phase) จึงเก็บผลผลิตโดยใช้ถุงกรองขนาดตา 60 ไมโครเมตร ล้างสาหร่ายด้วยน้ำประปาที่สะอาด 2-3 ครั้ง และนำไปผสมอาหารปลาต่อไป

### การเตรียมอาหารปลาผสมสาหร่าย *S. platensis*

นำอาหารปลาขนาดเล็กที่มีจำหน่ายทั่วไปตามตลาด (ส่วนประกอบที่ระบุไว้ข้างภาชนะบรรจุคือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด กากมะพร้าวอัด ถั่วเหลืองนึ่ง ข้าวโพด ปลายข้าว วิตามินและเกลือแร่ และระบุคุณค่าทางโภชนาการไว้คือมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นผสม *S. platensis* สด ในอาหารปลาที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธีเคลือบไว้ที่เม็ดอาหารสำเร็จรูป โดยจากการวิเคราะห์ *S. platensis* ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้พบว่า มีระดับโปรตีนเท่ากับ 56.73 เปอร์เซ็นต์ คลอโรฟิลล์  $250.35 \pm 4.62$  มิลลิกรัมต่อกรัม คาร์โบไฮเดรต  $0.902 \pm 0.001$  มิลลิกรัมต่อกรัม และไฟโคไซยานิน  $1.74 \pm 0.49$  มิลลิกรัมต่อกรัม

### การเลี้ยงปลา

นำปลานิลแดงที่มีอายุ 2 สัปดาห์ มาอนุบาลในในกระชังขนาด 120X120X150 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยฝึกให้ปลานิลแดงกินอาหารสำเร็จรูปให้คุ้นเคยจึงเริ่มทำการทดลอง โดยใส่ปลากระชังละ 30 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย  $0.92 \pm 1.83$  กรัม ชุดการทดลองละ 4 กระชัง เปลี่ยนถ่ายน้ำออกครึ่งหนึ่งและทำความสะอาดบ่อทุก 3-4 วัน ชั่งน้ำหนัก วัดความยาวของปลา พร้อมทำความสะอาดกระชังทุก 2 สัปดาห์ ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลาที่ 09.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยจะให้อาหารที่ล้นน้อยจนปลาอืด และบันทึกน้ำหนักอาหารที่ปลากินในทุกครั้ง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการแร่เนื้อปลาและนำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน แคลโรทีนอยด์ (Sommer *et al.*, 1992) วัดระดับ immunoglobulin ในเลือดปลา และคำนวณค่าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลาดังนี้ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (PER) โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (NPR) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับคอมพิวเตอร์

### การบันทึกข้อมูล

ชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 14 สัปดาห์ ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดงก่อนให้อาหารและจดบันทึก เมื่อปลากินอิ่มเต็มที่แล้วจึงคำนวณน้ำหนักอาหารที่เหลือ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate), ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency), อัตราการรอดตาย (Survival rate), น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละตัว (Mean fish weight) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain)

1. อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate) (กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{เวลาที่ใช้ในการทดลอง}}$$

2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate)

$$= \frac{[(\ln \text{ น้ำหนักเมื่อยุติการทดลอง}) - (\ln \text{ น้ำหนักเริ่มต้น})]}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง}} \times 100$$

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate)

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

4. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน}} \times 100$$

5. อัตราการรอดตาย (Survival rate)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือรอด}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทำการทดลอง}} \times 100$$

6. น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละตัว (Mean fish weight)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain)

= น้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ชั่งวัดครั้งที่ 1 - น้ำหนักเฉลี่ยของปลาชั่งวัดครั้งที่

สุดท้าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

### คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดง

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในอาหารปลานิลแดงพบว่าอาหารที่ผสมสไปรูลินามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอาหารที่ไม่ผสม ทั้งนี้เป็นเพราะสไปรูลินาเป็นสาหร่ายที่มีโปรตีนสูง การผสมสไปรูลินาที่มากขึ้น จึงทำให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ไขมันและแคลเซียมเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยอาหารที่ผสมสไปรูลินา 30 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน ไขมัน และแคลเซียม เท่ากับ  $63.54 \pm 3.12$ ,  $11.75 \pm 0.76$ ,  $3.72 \pm 0.05$  เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าการเพิ่มปริมาณสไปรูลินาในอาหารจะทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำลง (ตารางที่ 4)

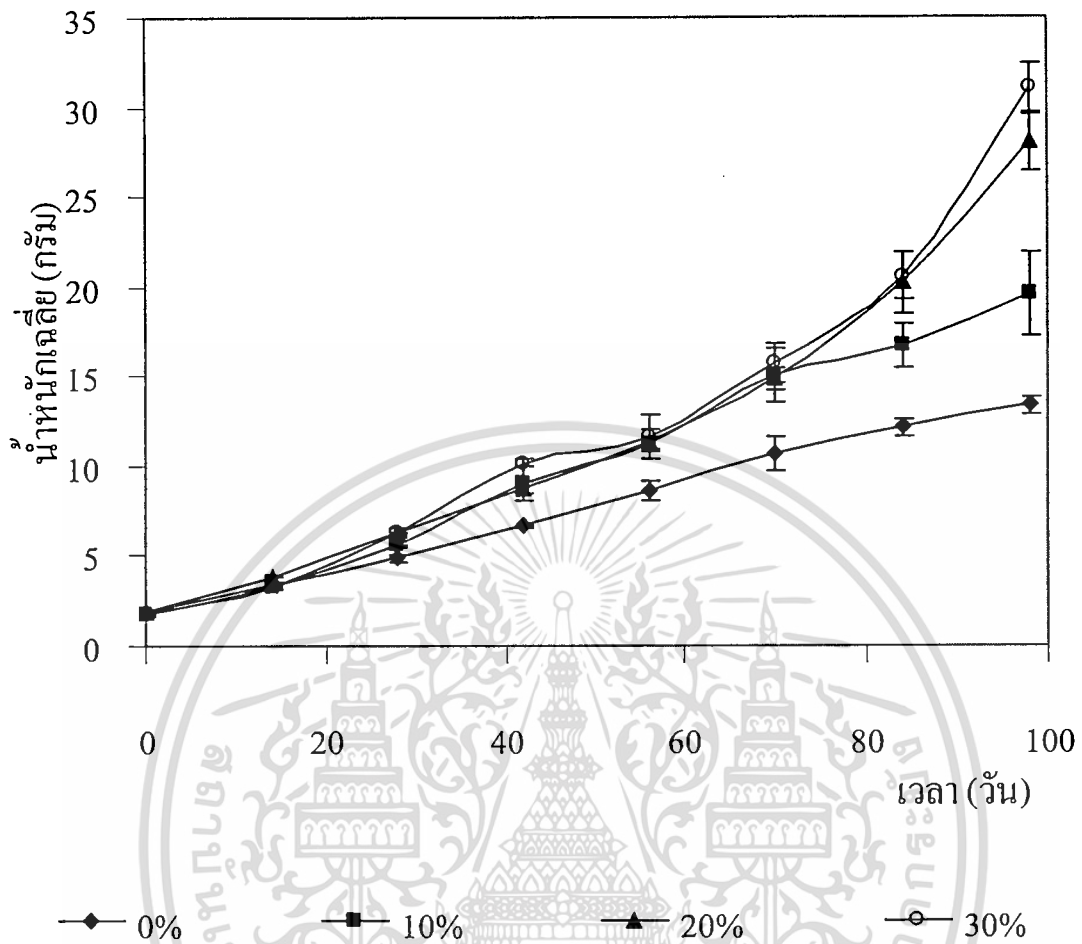
ตารางที่ 4 ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา ระดับต่าง ๆ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)

<i>S. platensis</i>	โปรตีน	ไขมัน	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
0 เปอร์เซ็นต์	$46.17 \pm 1.86d$	$2.85 \pm 0.21b$	$1.67 \pm 0.03a$	$0.013 \pm 0.000a$
10 เปอร์เซ็นต์	$51.92 \pm 1.98c$	$8.27 \pm 0.54a$	$2.49 \pm 0.11b$	$0.012 \pm 0.000a$
20 เปอร์เซ็นต์	$56.73 \pm 2.04b$	$9.93 \pm 0.33a$	$2.79 \pm 0.08b$	$0.011 \pm 0.001a$
30 เปอร์เซ็นต์	$63.54 \pm 3.12a$	$11.75 \pm 0.76c$	$3.72 \pm 0.05c$	$0.009 \pm 0.000a$

a,b,c,d ในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

### อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate)

การนำสาหร่ายสไปรูลินาสดมาเลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30เปอร์เซ็นต์ ปลานิลแดงมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ  $1.83 \pm 0.04$  กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลานิลแดงมีน้ำหนักเฉลี่ย  $13.39 \pm 0.48$ ,  $19.55 \pm 2.99$ ,  $27.99 \pm 1.85$  และ  $30.99 \pm 0.85$  กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งอาหารผสมสไปรูลินาสดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด (ภาพที่ 1) โดยจะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ผสมสไปรูลินาสด 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมจะมีน้ำหนักน้อยที่สุด (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินาระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

ปลานิลแดงเป็นปลากินพืช และเนื่องจากสาหร่ายสไปรูลินาเป็นแพลงก์ตอนพืชที่ถูกย่อยได้ง่าย ดังนั้นปลานิลแดงจึงสามารถดึงโปรตีนจากสไปรูลินามาใช้ในการเจริญเติบโตได้มากกว่า เช่นเดียวกับการทดลองของ Stanley and Jones (1976) ที่ได้ทดลองนำสาหร่ายสไปรูลินาแห้งไปผสมอาหารสำหรับเลี้ยงปลา blue tilapia (*Tilapia auxa*) โดยให้ที่ปริมาณ .42 กรัมต่อกิโลกรัม 21 วัน, 5.5 กรัมต่อกิโลกรัม 14 วัน และ 29.1 กรัมต่อกิโลกรัม 28 วันของน้ำหนักตัว และปลา bigmouth buffalo (*Ictiobus cyprinellus*) พบว่าปลาทั้งสองมีการเจริญเติบโตได้ดีมากแต่เมื่อลดปริมาณของสาหร่ายลง อัตราการเจริญเติบโตจะลดลง

ส่วนการทดลองของ โชติและคณะ (2005) ได้ทดลองใช้สไปรูลินาสดผสมกับเนื้อปลาสดเป็นอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดงที่อัตราส่วน 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วันพบว่าลูกปลากะรังดอกแดงที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาสดผสมสไปรูลินาสด 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตสูงกว่าการเลี้ยงด้วยเนื้อปลาสดเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองของ Nandeesh et al. (2001) ซึ่งทดลองในปลา *Catla* และ rohu ซึ่งเป็นปลาในตระกูลปลาคาร์พที่ได้ทดลองให้สาหร่ายสไปรูลินาแห้งแทนโปรตีนจากอาหารที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 90 วัน ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่าง ( $p < 0.05$ ) ในด้านการเจริญเติบโตในปลา *Catla* ในการทดลองสาหร่ายสไปรูลินาทุกระดับเทียบกลุ่มควบคุม แต่ในปลา rohu ที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลินาในระดับที่มากกว่า 25เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลต่อการเจริญเติบโตเพราะในสาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งโปรตีนจำเป็นสำหรับสัตว์เพราะมีโปรตีนสูงและกรดอะมิโนจำเป็น, วิตามินและแร่ธาตุ และนำไปสู่การปรับปรุงการเจริญเติบโตในปลาได้

แต่ต่างจากการทดลองของวันเพ็ญและกาญจนา (2547) ที่ทำการทดลองเลี้ยงลูกปลาทองสายพันธุ์รันชูด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสไปรูลินาแห้งเป็นส่วนผสมของอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 สูตร คือ 0, 8, 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตของลูกปลารันชูไม่มีความแตกต่างกัน

และการทดลองของบานชื่น (2532) ที่ทดลองใช้สไปรูลินาสดที่ระดับ 0, 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนและปลาดุกกู่ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเจริญเติบโตในปลาตะเพียนขาวไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในปลาดุกกู่ อาหารที่ไม่มีสไปรูลินาจะมีอัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนดีกว่าปลาดุกกู่ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสดแต่อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 ค่าอัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR), น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง, น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

	ปริมาณ <i>S. platensis</i> (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	0.02±0.00a	0.03±0.00b	0.04±0.00c	0.04±0.00c
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	1.64±0.05a	1.81±0.11a,b	1.94±0.02b,c	2.07±0.03c
น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัมต่อตัว)	7.71±0.33a	9.28±0.53a,b	10.00±0.73b,c	11.61±0.69c
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	1.64±0.06a	2.31±0.17b	2.50±0.26b	3.51±0.22c

a,b,c,d ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

### อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินา 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย  $1.64 \pm 0.05$ ,  $1.81 \pm 0.11$ ,  $1.94 \pm 0.02$  และ  $2.07 \pm 0.03$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และเมื่อทดสอบค่าทางสถิติพบว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินา 20 และ 30 มีค่าสูงและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Nandeesh et al. (2001) ในปลา Catla และ rohu โดยการให้ใช้สไปรูลินาแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 25, 50, 75, 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 90 วัน โดยในปลา Catla ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกันในกลุ่มที่ได้รับสไปรูลินาในระดับต่างๆ เทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ในปลา rohu ที่ได้ สไปรูลินาสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ซึ่งการทดลองของ Jantrarotai et al. (1995) ได้ทดลองศึกษาระดับโปรตีนที่ระดับ 25, 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และมีค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตสูงสุด คือที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของค่า SGR จะเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เหมาะสมเมื่อถึงระดับโปรตีนที่ต้องการ แต่หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลง ในระดับโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้น

### น้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Mean fish weight)

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ได้รับสไปรูลินาสดที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $13.39 \pm 0.48$ ,  $19.55 \pm 2.99$ ,  $27.99 \pm 1.85$  และ  $30.99 \pm 0.85$  กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และโดยปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินามีน้ำหนักที่สูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ( $p < 0.05$ )

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใช้สไปรูลินาแห้งเป็นอาหารอนุบาลลูกกุ้งแช่บ๊วย เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งผลน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับสไปรูลินาระดับ 0 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์จะมีการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักน้อยกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสไปรูลินาสด 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (ปิยาลัยและคณะ, 2547) และในปลา rohu ที่ให้สไปรูลินาที่ระดับสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์จะมีน้ำหนักตัวสูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Nandeeshr, 2001) เช่นเดียวกับในการทดลองเลี้ยงปลารันชูด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสไปรูลินาเป็นส่วนผสมที่ระดับ 0, 8, 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินาจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสไปรูลินาผสมและพบว่าสไปรูลินาที่ระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ จะมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 3.8 กรัม (วันเพ็ญและกาญจนา, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate, FCR)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดง ที่ได้รับสไปรูลินาที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.09 \pm 0.22$ ,  $0.90 \pm 0.18$ ,  $0.85 \pm 0.42$  และ  $0.79 \pm 0.17$  ตามลำดับ โดยปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินา 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า FCR ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินา 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR), ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE), อัตราการรอดตาย, ปริมาณแคโรทีนอยด์

	ปริมาณ <i>S. platensis</i> (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
FCR	$1.09 \pm 0.22^c$	$0.90 \pm 0.18^b$	$0.85 \pm 0.42^{a,b}$	$0.79 \pm 0.17^a$
FCE	$79.95 \pm 0.00^a$	$119.68 \pm 0.00^{a,b}$	$143.72 \pm 0.00^{b,c}$	$167.10 \pm 0.00^c$
Survival	$80.00 \pm 3.85^a$	$73.33 \pm 2.52^a$	$76.67 \pm 2.56^a$	$73.33 \pm 1.92^a$
ปริมาณแคโรทีนอยด์ $\mu\text{g/g}$	$0.33 \pm 0.10^a$	$2.18 \pm 0.94^b$	$3.51 \pm 0.63^c$	$4.48 \pm 0.47^d$

a,b,c,d ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

โดยทั่วไปค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อควรมีค่าเป็น 1 หรือน้อยกว่า ถ้าอาหารมีคุณภาพสูง ส่วนอาหารที่มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงกว่าค่าเฉลี่ยสำหรับปลาทั่วไปคือ 1.6 เป็นอาหารที่นักโภชนาการถือว่ามีความคุณภาพต่ำ (เวียง, 2542)

จากการทดลองครั้งนี้ในกลุ่มที่ผสมสไปรูลินาจะมีค่า FCR น้อยกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ผสมสไปรูลินาสดเป็นอาหารที่มีคุณภาพดีกว่าในกลุ่มควบคุม

ในการทดลองของ Jantrarotai et al. (1995) ได้ทดลองศึกษาโปรตีนที่ระดับ 25, 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกผสมพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.14 และต่ำสุดที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 1.07 ซึ่งที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ จะมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารสูงสุดโดยดูจากค่า FCR ต่ำสุด ส่วนการทดลองของ โชติและคณะ (2548) ที่ทำการทดลองโดยใช้สไปรูลินาสดผสมกับเนื้อปลาสดเป็นอาหารอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดงที่ระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน พบว่าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้อยที่สุด เท่ากับ 13.54 รองลงมาคือที่ระดับ 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 14.10 และ 17.67 ตามลำดับ ที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีความแตกต่างกันไปในปลาแต่ละชนิด ส่วนการทดลองของ วิมลและ

กিজา (2535) ทดลองเลี้ยงลูกปลานิลแดงด้วยอาหารสำเร็จรูป 3 ชนิด ที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันคือ 16.5, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อคือ 1.48, 1.59 และ 1.46 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าเมื่อค่าโปรตีนในอาหารสูงขึ้นไม่ได้ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลานิลแดงดีกว่าอยู่ที่มีโปรตีนต่ำกว่า

### ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency, FCE)

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดงที่ได้รับสไปรูลินาสดที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $79.95 \pm 0.00$ ,  $119.68 \pm 0.00$ ,  $143.72 \pm 0.00$  และ  $167.10 \pm 0.00$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยทั่วไปอาหารที่มีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็น 100 แสดงว่าเป็นอาหารที่มีคุณภาพสูง กล่าวว่สำหรับสัตว์น้ำมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อโดยเฉลี่ยเท่ากับ 62.5 ดังนั้นอาหารสัตว์น้ำที่มีค่าประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าค่าเฉลี่ยโดยเฉพาะ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำ (เวียง, 2542) จากการทดลองนี้พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาเป็นอาหารที่มีคุณภาพสูง

### อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่เลี้ยงโดยใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาในระดับความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $80.00 \pm 3.85$ ,  $73.33 \pm 12.52$ ,  $76.67 \pm 5.56$  และ  $73.33 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งพบว่าเมื่อผสมสไปรูไลนาในอาหารทำให้ปลา มีอัตราการรอดต่ำกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับการทดลองของ โชติและคณะ (2005) ได้ทำการทดลองโดยใช้สไปรูลินาสดผสมปลาบดในระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าชุดที่เลี้ยงด้วยปลาบดผสมสไปรูลินาสดที่ 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการตายสูงกว่า ชุดที่เลี้ยงด้วยปลาบดอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และในการทดลองของวันเพ็ญและกาญจนา (2547) โดยการใช้อาหารผสมสไปรูลินาที่ระดับ 0, 8, 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงลารันซุพบว่าปลารันซุที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการรอดตายสูงสุด

### ปริมาณแคโรทีนอยต์ในปลานิลแดง

ปริมาณแคโรทีนอยต์เฉลี่ยของปลานิลแดงที่ได้รับสไปรูลินาสดที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณแคโรทีนอยต์เท่ากับ  $0.30 \pm 0.00$ ,  $2.16 \pm 0.00$ ,  $3.50 \pm 0.00$  และ  $4.50 \pm 0.00$  ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เห็นได้ว่ากลุ่มที่ได้รับสไปรูลินาที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณแคโรทีนอยต์มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ เป็นเพราะได้รับสาหร่ายสไปรูลินาในปริมาณที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มอื่น ซึ่งส่งผลต่อการสะสมปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าเนื่องจากในสาหร่ายสไปรูลินามีรงควัตถุจำพวกแคโรทีนอยด์ ซึ่งแสดงว่าสไปรูลินามีผลต่อการปรับปรุงสีในปลานิลแดง

การทดลองพัฒนาคุณภาพอาหารปลาสวยงาม โดยใช้สาหร่ายสไปรูลินามาปรับปรุงคุณภาพสีของปลารันชู พบว่าการเลี้ยงปลารันชูที่มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลินาแห้งเป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณแตกต่างกัน 5 สูตร คือ 8, 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์พบว่า ปลารันชูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสไปรูลินาเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมในปริมาณ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์จะมีความเข้มของสีมากที่สุด (วันเพ็ญและกาญจนา, 2547)

การทดลองเลี้ยงปลาดุกอุยด้วยอาหารที่ผสมสไปรูลินาสด (*Spirulina* sp.) ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อศึกษาสีเนื้อของปลาดุกอุย พบว่า ส่วนประกอบของอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินาตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะทำให้สีของเนื้อปลาดุกอุยเข้มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เลี้ยง (ปานชื่น, 2532)

#### คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลานิลแดง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลานิลแดงพบว่าปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินาที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนื้อปลานิลแดงสดที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนสูงที่สุดคือ  $28.47 \pm 0.42$  เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับปริมาณไขมัน ปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่ายมีปริมาณไขมันในเนื้อปลามากกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันในเนื้อปลาสูงที่สุดคือ  $9.91 \pm 2.75$  เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 7)

แคลเซียมในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมและอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีแคลเซียมในเนื้อปลาสูงที่สุดคือ  $6.73 \pm 2.20$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียมและฟอสฟอรัสในเนื้อปลานิลแดง (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)

<i>S. platensis</i>	โปรตีน (น้ำหนักสด)	ไขมัน	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
0 เปอร์เซ็นต์	27.12±0.65a	6.32±1.69a	3.83±0.24a	0.007±0.000a
10 เปอร์เซ็นต์	26.76±1.09a	8.04±1.19b	3.99±0.27a	0.007±0.001a
20 เปอร์เซ็นต์	28.40±0.25b	8.64±10.71b	4.35±0.84b	0.008±0.000a
30 เปอร์เซ็นต์	28.47±0.42b	9.91±2.75c	6.73±2.20c	0.007±0.000a

a,b,c,d ในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

ชนิดของกรดไขมันที่พบในอาหารปลาผสมสไปรูลินาสดที่ระดับ 0- 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าประกอบด้วยทั้งกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว (ตารางที่ 8) โดยพบว่าส่วนใหญ่แล้วเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหาร จะทำให้ปริมาณของกรดไขมันที่พบในอาหารมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยในเนื้อปลาพบกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 ทั้ง ALA-Alpha-linolenic acid (18:3(n-3), DHA-Docosahexaenoic acid (22:6(n-3) และ DPA-Docosapentaenoic acid (22:5(n-3) (ตารางที่ 9) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 8 องค์ประกอบกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในอาหารปลาที่ผสมด้วย *Spirulina platensis* สด

Fatty acid	<i>Spirulina platensis</i> สด (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
12:0	0.14	0.20	0.27	0.51
14:0	1.22	3.58	4.54	4.00
15:0	0.58	0.60	0.76	0.64
16:0	21.12	22.33	25.61	23.59
16:1	3.36	3.43	4.03	3.66
17:0	0.63	0.71	0.75	0.68
17:1	0.35	0.52	0.33	0.84
18:0	6.27	6.46	6.04	5.80
18:1n-9	18.66	19.19	15.34	18.06
18:2n-6	20.22	20.72	21.13	20.10
18:3n-6	2.19	2.14	2.17	2.20
18:3n-3	0.68	2.14	2.17	2.20
20:0	0.34	0.32	0.27	0.65
20:1	0.37	0.36	0.31	0.29
20:2	-	0.18	0.28	0.17
20:3n-3	1.47	1.38	1.28	1.33
21:0	5.10	4.80	4.49	4.53
22:0	0.28	0.25	-	0.23
22:5n-3	0.85	0.78	0.63	0.73
22:6n-3	8.49	7.88	6.73	7.48
รวม	92.29	97.97	97.13	97.68
Other	7.71	2.03	2.87	2.32
รวมทั้งหมด	100	100	100	100

หมายเหตุ - คือ ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 องค์ประกอบกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วย  
*Spirulina platensis* สด

Fatty acid	<i>Spirulina platensis</i> สด (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
6:0	-	2.67	-	-
8:0	-	1.41	-	-
12:0	2.78	-	0.09	-
14:0	5.30	2.79	2.94	3.65
15:0	0.55	0.57	0.60	0.72
16:0	24.25	23.46	23.06	26.29
16:1	5.06	0.77	5.25	5.75
17:0	0.55	0.63	0.27	0.71
17:1	0.37	0.58	0.67	0.46
18:0	7.66	8.34	7.12	7.15
18:1n-9	19.22	23.55	24.63	20.20
18:2n-6	10.77	11.45	12.26	12.12
18:3n-6	0.38	0.41	0.44	0.46
18:3n-3	0.73	1.18	1.29	0.90
20:0	0.44	-	-	-
20:1	0.67	0.70	0.82	0.73
20:2	0.46	0.75	0.56	0.53
20:3n-6	0.60	0.49	0.67	0.60
20:3n-3	2.19	2.14	2.16	1.99
21:0	0.57	0.50	0.60	0.56
22:1n-9	-	-	0.39	-
22:5n-3	1.03	1.00	1.13	1.03
22:6n-3	6.96	6.21	7.31	6.50
รวม	90.56	89.60	92.29	90.34
Other	9.44	10.40	7.71	9.66
รวมทั้งหมด	100	100	100	100

หมายเหตุ - คือ ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดง

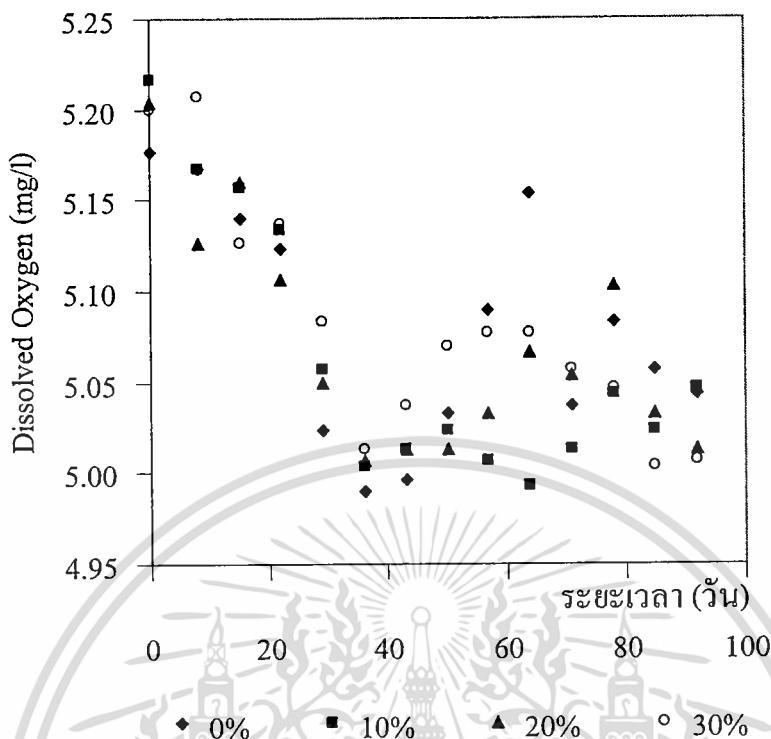
ระหว่างการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาที่ระดับแตกต่างกัน นั้น ได้มีการวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายน้ำ พีเอช และอุณหภูมิ ส่วนค่าอื่น ๆ เช่นแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เพราะได้เน้นการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นประจำ เพื่อป้องกันปัญหา เรื่องคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อปลา

โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่างการเลี้ยง ในแต่ละบ่อมีค่าคือ ในบ่อเลี้ยงที่ให้อาหารผสมสไปรูลินา ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ จะมีออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ  $5.08 \pm 0.00$ ,  $5.06 \pm 0.00$ ,  $5.07 \pm 0.02$  และ  $5.08 \pm 0.01$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ซึ่งในทุกบ่อมีค่า ใกล้เคียงกัน และอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยปริมาณออกซิเจนมีการผันแปรดังภาพที่ 2

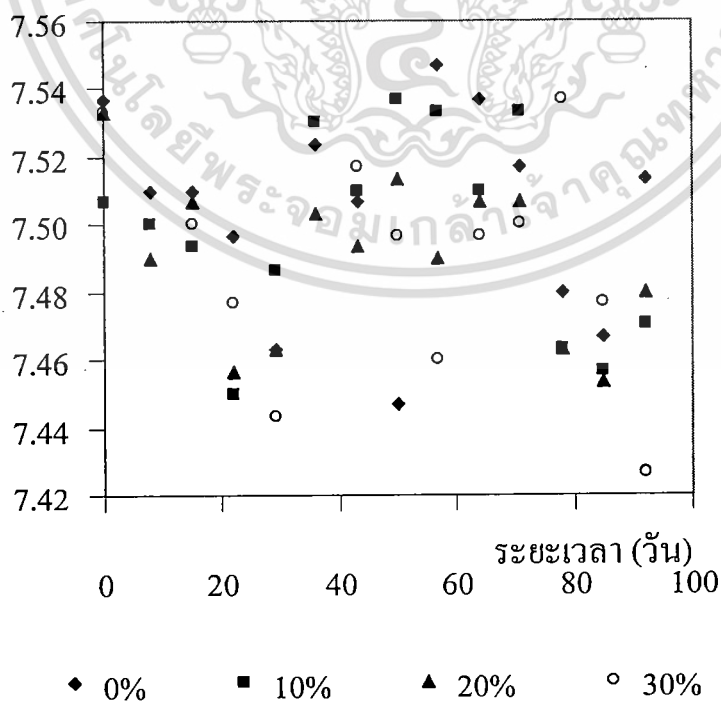
ตารางที่ 10 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในแต่ละกลุ่ม การทดลอง

สไปรูลินาที่ระดับต่างๆ	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	pH
0 เปอร์เซ็นต์	4.99-5.20	7.45-7.55
10 เปอร์เซ็นต์	5.00-5.22	7.45-7.54
20 เปอร์เซ็นต์	5.00-5.20	7.45-7.54
30 เปอร์เซ็นต์	5.00-5.20	7.43-7.54

ค่าความเป็นกรด-ด่างหรือ ค่า pH ในบ่อเลี้ยงที่มีการผสมสไปรูลินาที่ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.50 \pm 0.01$ ,  $7.50 \pm 0.01$ ,  $7.49 \pm 0.01$  และ  $7.49 \pm 0.01$  ตามลำดับ (ตารางที่ 11, ภาพที่ 3) และค่า pH ในการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 7.40-7.55 ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดการทดลอง



ภาพที่ 3 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดการทดลอง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำทั้งออกซิเจนละลายน้ำและพีเอชอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำคือมี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ ในช่วง 7-8 รวมทั้งยังมีค่าใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มการทดลอง เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ตลอดเพื่อป้องกันไม่ให้คุณภาพน้ำมีผลอันตรายต่อปลาที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

การใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* สด ผสมอาหารปลาสำเร็จรูป 0,10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าอาหารปลาที่ผสมสาหร่ายมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และแคลเซียมในอาหารสูงขึ้นมากกว่าชุดควบคุม และปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโต ค่าอัตราแลกเนื้อ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอด และปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อดีที่สุด และพบว่าสาหร่ายที่ผสมในอาหารสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมัน และแคลเซียมในเนื้อปลาได้ และสามารถเพิ่มปริมาณของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 โดยเฉพาะ ALA (18:3(n-3)) ได้ทั้งในอาหารและในเนื้อปลา สาหร่าย *Spirulina platensis* สด จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาผสมในอาหารปลาเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- Amar, E.C., V. Kiron, S. Satoh and T. Watanabe. 2004. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. *Fish & Shellfish immunology*. 16 : 527 – 537.
- Bauernfeind, J.C. 1981. Carotenoids as colorants and vitamin A. Precursors. : Technological and nutritional application, Academic Press, New York. 938 p.
- Boonyaratpalin, M. and Unprasert, N. 1989. Effects of pigments from different sources on colour changes and growth of red *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 79:375-380.
- Borowitzka, M.A. and L.J. Borowitzka. 1989. Micro-Algae Biotechnology. Cambridge University Press, Melbourne. 477 p.
- Britz, P.J. 1996. The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture*. 140 : 63 – 73.
- Chein, Y.U., and Wen-Chung Shiau. 2005. The effects of dietary supplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth and low dissolved oxygen stress resistance of Kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 318 : 201-211.
- Chien Y. H. and Shiau W. C. 2005. The effects of dietary supplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved oxygen stress resistance of kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate", *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*. 318:201-211, 2005.
- Ciferri, O. 1983. *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiol. Rev.* 47: 551-578.
- Fox, M. H. 1967. An introduction to the algae. p. 25 – 36.
- Hill, C.1980. It would be the manna from Heven; New Food and from Sunlight. King sport Press, pp 322-334.
- <http://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/04/nk1p4s12.htm>
- Jantrarotai,W., Sitasit, P. and Amonrat Sermwatanakul.1995. Quantifying dietary protein level for maximum growth and diet utilization of Hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- macrocephalus* × *C.gariepinus*). Technical paper No.164. National Inland Fisheries Institute Bangkok, Thailand. 11 p.
- Latcha, T. 1990. Carotenoid in animal nutrition. F. Hoffmann-La Roche Ltd., Switzerland, 110 p.
- Li, D.M. and Y.Z. Qi. 1997. *Spirulina* industry in China : Present status and future prospects. J. Appli. Phycol. 9 : 25-28.
- Linda, E.G. and Lee W. Wilox. 2000. Prentice-Hall. 640 p.
- Lu, J. and Takeuchi, T. 2004. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. Aquaculture. 234:625-640.
- Lu, J., Takeuchi, T. and Satoh, H. 2004. Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 238:437-449.
- Lu, J., Takeuchi, T., and Satoh, H. 2006. Ingestion, assimilation and utilization of raw *Spirulina* by larval tilapia *Oreochromis niloticus* during larval development. Aquaculture. 254:686-692.
- Lu, Jun., Takeuchi Toshio. And Ogawa Hiroo. 2003. Flesh quality of tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. Fishery science. 69:529-534.
- Nakamura, H. 1982. *Spirulina* : Food for a Hungry World. Aquaculture University of the Tress Press, Boulder Creek, California. 215 p.
- Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Manissery, J.K., and L.V. Venkataraman. 2001. Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. Bioresource Technology. 80 : 117 - 120
- Patricia A., Austin I., Stuart R. and John D.M. 1996. Regulation of pigment content and enzyme activity in the cyanobacterium *Nostoc* sp. Mac grown in continuous light , a light-dark photoperiod, or darkness. Biochimica et Biophysica Acta 1277:141-149.
- Santillan, C. 1982. Mass production of *Spirulina*. Experientia 38: 40-43.
- Silva, S.S.D. and Trevor A. Anderson. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall. 316 p.

- Simpson, K.L., Katayama, T. and Chichester, C.O. 1981. Carotenoids in fish feeds. In: J.C. Bauernfeind (Editor), Carotenoids as Colorants and vitamin A Precursors. Academic Press,
- Stanley, J.N. and Jack B.Jones. 1976. Feeding algae to fish. *Aquaculture*. 7 : 219-223.
- Supaattaya, K., S. Kiriratnikom, M. Boonyaratpalin and L. Borowitzka. 2005. Effect of a *Dunaliella* extract on growth performance, health condition, immune response and disease resistance in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*. Article in press.
- Tchernov A.A., Minkova K.M., Houbavenska N.B. and Kovacheva N.G. 1999. Purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. by aminoethyl-sepharose chromatography. *Journal of Biotechnology* 69 (1999); 69-73.
- [www.fisheries.go.th/fish\\_test/knowledge/f\\_nin/](http://www.fisheries.go.th/fish_test/knowledge/f_nin/) - 1k
- เจียมจิตต์บุญสม. 2531. ความลับของสาหร่ายเกลียวทอง ผลทางการรักษาโรคที่นายแพทย์ชาวญี่ปุ่นค้นพบ. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 237 น.
- เบญจวรรณ ชิวปรีชา. 2543. การศึกษาไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้ง สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 น.
- โชติ เขียนดวง ปิยาลัย เหมทานนท์ และชัยวัฒน์ วิชัยวัฒน์. 2548. การใช้สไปรูลินาสดเป็นส่วนประกอบอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 44. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งนครศรีธรรมราช สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กรุงเทพฯ 14 น.
- กรมประมง, 2537)กรมประมง. 2538. ปลาหมอ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 42 หน้า.
- จنگล พรมยะ เพ็ญรัตน์ หงส์วิทยากร และศิริเพ็ญ ดรัยไชยาพร. 2545. การปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลานิลแดงโดยใช้ *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. ผลของแอสตาแซนทีนต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง (*Tilapia nilotica* Linn.) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 96 น.
- ธิดา เพชรมณี. 2546. การเพาะเลี้ยงสไปรูลินาแบบเศรษฐกิจเพียงพอ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ วันที่ 18-19 เมษายน 2546. 25 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บานชื่น ชลสวัสดิ์. 2532. การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอูย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 78 น.

ปิยาลัย เหมทานนท์ มณีญ์ กรรณรงค์ ศุภรา ตรีเกรี และอิทธิกร เหมทานนท์. 2547. ผลของการใช้สไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในการอนุบาลลูกกุ้งแช่บ๊วย (*Penaeus merguensis*) ระยะโพสท์ลาร์วา (พี10-พี20). เอกสารวิชาการฉบับที่ 43. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งนครศรีธรรมราช สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. กรุงเทพฯ. 10 น.

ฝ้ายเผยแพร์และประชาสัมพันธ์กองส่งเสริมการประมง. 2537. ปลาที่เพาะเลี้ยงง่าย, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 60 น.

มะลิ บุญยรัตผลิน และนันทิยา อุ้นประเสริฐ. 2528. ผลของสารสีที่ได้จากแหล่งต่างๆ ต่อการเปลี่ยนสีและการเจริญเติบโตของปลานิลแดง. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528. กรมประมง. น. 38-51.

มะลิ บุญยรัตผลิน จารุรัตน์ วรรณโกวิวัฒน์ ชุศักดิ์ บริสุทธิ์ และสุจินต์ บุญช่วย. 2537. ผลของแคนดาแซนตินและแอสตาแซนตินที่ระดับต่างๆ ต่อสีของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. กรุงเทพฯ. 11น.

มะลิ บุญยรัตผลิน นันทิยา อุ้นประเสริฐ. 2528. ผลของสารสีที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนสีและการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528, กรมประมง. น. 38-51.

มะลิ บุญยรัตผลิน จารุรัตน์ วรรณโกวิวัฒน์ ชุศักดิ์ บริสุทธิ์ และสุจินต์ บุญช่วย. 2537. ผลของแคนดาแซนตินและแอสตาแซนตินที่ระดับต่างๆ ต่อสีของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. กรุงเทพฯ. 11 น.

มารศรี เรื่องจิตซ้ชวาล. 2541. การเพาะเลี้ยง *Spirulina* โดยใช้ น้ำหมักจากมูลไก่. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 546 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547. การปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้ รังควัตถุคาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลินา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง. กรุงเทพฯ. 9 น.

วิมล จันทรโรทัย กิจจา ใจเย็น. 2535. การศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการเลี้ยงลูกปลานิลสีแดง. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 11 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 199 น.
- สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 2526. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17. กรมประมง. กรุงเทพฯ. 18 น.
- สมบัติ สิริพันธ์วรารมณ. 2528. การทดลองเลี้ยงสไปรูไลน่า (*Spirulina*) โดยใช้ธาตุอาหารจำเป็น (trace element) จากนาเกลือ. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ บุปผา จงพัฒน์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2548. คุณค่าทางโภชนาการของไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* Vaucher ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 23:38-47.
- สุพิศ ทองรอด. 2536. อาหารพ่อแม่พันธุ์ สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง 41/14 ถ. สุขุมวิท ต.บางพระ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี.
- สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 น.
- อัญชลี พิพัฒน์วัฒนากุล. 2547. ผลของสไปรูไลน่าต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกพันธุ์ผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.