สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

40

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551

การเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune*

Growth and nutritional values of snakehead fed on food containing cyanobacterium *Nostoc commune*

โดย

ผศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ผศ. ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

ดร. มณฑล แก่นมณี

ผศ. รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2551

RCH
SH
167.5
ก446

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 84837
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2551

12004169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระดับไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* ที่ผสมในอาหารเลี้ยงปลาช่อน โดยผสมไซยาโนแบคทีเรียในอาหารที่ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และใช้เลี้ยงปลาช่อนเป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์

ผลพบว่าปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เท่ากับ 2.79±0.02 มีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) เท่ากับ 35.89±0.25 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) เท่ากับ 0.82±0.01 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เท่ากับ 2.46±0.04 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

เนื้อปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดสูงที่สุดคือ 2.51±0.33 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดด้วย คือ 73.89±0.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารไม่ผสม *N. commune* มีปริมาณไขมันสูงที่สุดคือ 9.24±0.18 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Growth and nutritional values of snakehead fed on food containing cyanobacterium *Nostoc commune*

Abstract

The effects of feeding diet containing cyanobacterium *Nostoc commune* on snakehead *Channa striata* was studied. Diets containing 0 (control), 10, 20, and 30% of *N. commune* were used to fed *C. striata* for 14 weeks. *C. striata*, fed with diet containing 10 % of *N. commune*, had significance highest growth rate, including feed conversion ratio (FCR: 2.79±0.02), feed conversion efficiency (FCE: 35.89±0.25), protein efficiency ratio (PER: 0.82±0.01), and specific growth rate (SGR: 2.46±0.04 %/day).

In addition, flesh of *C. striata* fed by 30% of *N. commune* contained highest total carotenoid (2.51±0.33 mg /g fresh weight) and protein (73.89±0.06 %). *C. striata* fed by diet containing 0 % of *N. commune* produced significance higher lipid (9.24±0.18 %).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	3
สารบัญ	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
คำนำ	8
ตรวจเอกสาร	10
วิธีการทดลอง	26
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
สรุปผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ราคาจำหน่ายปลาช่อน (บาทต่อกิโลกรัม) ปี พ.ศ. 2551-2539	13
2 แสดงปริมาณสารอาหาร (ร้อยละ) ในแหล่งอาหารต่างๆ	15
3 คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ของปลา *Channa* spp.	15
4 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน (ร้อยละ) ของปลา *Channa* spp.	16
5 แสดงปริมาณไขมันในปลาต่างๆ	17
6 แสดงส่วนประกอบของอาหารทดสอบที่ให้ปลาช่อน	18
7 คุณค่าทางอาหารของ *N .commune*	25
8 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสม ***Nostoc commune*** ที่ใช้ในการเลี้ยงปลาช่อน	28
9 ค่าอัตราการเจริญเติบโต ,อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ SGR และน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม ***Nostoc commune***	31
10 ค่าอัตราแลกเนื้อ FCR, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ FCE และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร PER ของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม ***Nostoc commune***	32
11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสม ***Nostoc commune***	33
12 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย ***Nostoc commune*** ในปริมาณที่แตกต่างกัน	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะเซลล์ของ *Nostoc commune* ใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะของ *Nostoc commune* ทั่ว ๆ ไป เมื่อมองด้วยตาเปล่า	23
2 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *N. commune* ที่ระดับต่างๆ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune*

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบันทำให้มีความต้องการอาหารในการบริโภคเพิ่มขึ้นตามมา ซึ่งปัญหาหลายปัญหาที่ตามมาคือการขาดแคลนอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีฐานะยากจน ปัญหาการขาดแคลนสารอาหารประเภทโปรตีนนับเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากแหล่งโปรตีนหลักที่ได้จากเนื้อสัตว์นั้นมีต้นทุนสูง และต้องใช้เวลาในการผลิตนาน และยังมีปัญหาการตกค้างของสารอันตรายเช่นสารเร่งสีเนื้อแดงในสุกร หรือฮอร์โมนที่ผสมในไก่เนื้อ จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารตกค้างเหล่านี้

แหล่งอาหารโปรตีนที่มาจากสัตว์น้ำจึงเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยและมีอันตรายจากสารเคมีตกค้างน้อย และเนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำจืดมาก สัตว์น้ำน้ำจืดจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นอาหาร โดยที่ประชาชนสามารถเพาะเลี้ยงและผลิตได้เองเพื่อการบริโภคหรือเพื่อการค้า โดยสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่ประชาชนนิยมเลี้ยงและนิยมบริโภคคือปลาช่อน ซึ่งมีการนำปลาช่อนไปแปรรูปเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ และมีแนวโน้มความต้องการปลาช่อนของตลาดเพิ่มขึ้นตลอดเวลา จึงเป็นปลาที่น่าสนใจในการเพาะเลี้ยงเพื่อการค้าเป็นอย่างยิ่ง

ปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อจึงต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูง ในการอนุบาลและเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปมักใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเช่นไรแดง หรือเนื้อปลาบดในการเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อเลี้ยงปลาช่อน เมื่อมีปัญหาตกค้างของเศษอาหารเหล่านี้จะทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่ายและส่งผลทำให้ปลาอ่อนแอและเกิดโรค ซึ่งแหล่งอาหารโปรตีนที่เป็นที่นิยมผสมในอาหารสัตว์น้ำในปัจจุบันคือแหล่งโปรตีนจากพืชโดยเฉพาะจากสาหร่าย ข้อได้เปรียบของสาหร่ายคือเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยกว่าพืชขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาสั้น และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง และประชาชนสามารถผลิตได้เองในครัวเรือน

สาหร่ายชนิดหนึ่งที่เริ่มเป็นที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงและบริโภคเป็นอาหารมนุษย์เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงได้แก่ *Nostoc commune* นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายชนิดนี้มีสารช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ดีอีกด้วย ได้มีผู้ทดสอบนำสาหร่ายนี้มาเป็นอาหารปลาสวยงามพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและเร่งสีปลาสวยงามได้ดี ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้มีข้อดีคือเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้เองด้วยวิธีง่าย ๆ โดยใช้มูลสุกรหรือน้ำนมดิบเหลือทิ้งเป็นส่วนผสมซึ่งทำให้ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายนี้ยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำสาหร่าย *N. commune* มาเป็นอาหารเลี้ยงปลา โดยเฉพาะปลาช่อนซึ่งเป็นปลาที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และมีความต้องการจากตลาดในปริมาณสูง เพื่อหาปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาหร่ายที่เหมาะสมในการผสมอาหารเพื่อสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อปลา เพิ่มความสวยงามของสีเนื้อ เพิ่มอัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. หาปริมาณสาหร่าย *N. commune* ที่เหมาะสมในการผสมอาหารปลาเพื่อใช้เลี้ยงปลาช่อน
2. หาแนวทางในการเพิ่มอัตราการเติบโต อัตรารอด เพิ่มปริมาณโปรตีนและความสวยงามของเนื้อปลาช่อนโดยการเลี้ยงปลาช่อนด้วยอาหารผสมสาหร่าย *N. commune* ในอัตราส่วนต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ปัญหาการขาดแคลนสารอาหารประเภทโปรตีนนับเป็นปัญหาใหญ่ของประชากรในปัจจุบัน เนื่องจากแหล่งโปรตีนหลักที่ได้จากเนื้อสัตว์นั้นมีต้นทุนสูง และต้องใช้เวลาในการผลิต (การเลี้ยงสัตว์) นาน และยังมีปัญหาการตกค้างของสารอันตรายเช่นสารเร่งสีเนื้อแดงในสุกร หรือฮอร์โมนที่ผสมในไก่เนื้อ จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารตกค้างเหล่านี้

แหล่งอาหารโปรตีนที่มาจากสัตว์น้ำจึงเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยและมีอันตรายจากสารเคมีตกค้างน้อยที่สุด และเนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำจืดมากกว่าทะเล สัตว์น้ำน้ำจืดจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นอาหาร โดยที่ประชาชนจะสามารถเพาะเลี้ยงและผลิตได้เองเพื่อการบริโภคหรือเพื่อการค้า โดยสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่ประชาชนนิยมเลี้ยงและนิยมบริโภคคือปลา โดยเฉพาะปลาช่อนเป็นปลาชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย โดยพบว่าราคาของปลาช่อนมีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งจากรายงานด้านราคาขายของปลาช่อนในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากปี 2543 ถึง ปี 2545 ราคาขายเพิ่มจากกิโลกรัมละ 40 บาท เป็น 65 บาท และปริมาณในการขายเพิ่มจาก 178,912 กิโลกรัม เป็น 1,444,840 กิโลกรัม (www.nakhonsithammarat.go.th/parmong.php, www.oae.go.th/research/month.htm) ส่วนราคาปลาช่อนในจังหวัดมหาสารคาม ปี 2546 ราคากิโลกรัมละ 70 บาท มีผลผลิตจำหน่ายจากฟาร์มและจากแหล่งธรรมชาติสูงถึง 234.50 ตัน (www.mahasarakham.go.th/basic45/menu37-5.html)

โดยปลาช่อนสามารถเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ปลอดภัยให้กับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีการนำปลาช่อนไปแปรรูปเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ เช่นขนมเปี๊ยะก้างปลาช่อน ขนมเค้กเนื้อปลาช่อน ข้าวเกรียบปลาช่อน ข้าวตังหน้าปลาช่อน ฯล ซึ่งเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงได้รับความนิยมและจัดเป็นสินค้าประเภทหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์อีกด้วย ซึ่งมีแนวโน้มความต้องการปลาช่อนของตลาดเพิ่มขึ้นตลอดเวลา จึงเป็นปลาที่น่าสนใจในการเพาะเลี้ยงเพื่อการค้าเป็นอย่างยิ่ง

ปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อจึงต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูง ซึ่งในการอนุบาลและเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปมักใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเช่นไรแดง หรือเนื้อปลาบดในการเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อเลี้ยงปลาช่อน ซึ่งเมื่อมีปัญหาตกค้างของเศษอาหารเหล่านี้จะทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่ายและส่งผลทำให้ปลาอ่อนแอและเกิดโรค ซึ่งแหล่งอาหารโปรตีนที่เป็นที่นิยมผสมในอาหารสัตว์น้ำในปัจจุบันคือแหล่งโปรตีนจากพืช โดยเฉพาะจากสาหร่ายซึ่งประชาชนจะสามารถผลิตได้เองในครัวเรือน ข้อได้เปรียบของสาหร่ายคือเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยกว่าพืชขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาสั้น และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น สาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina*) ซึ่งเป็นที่ยอมรับและรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก

สาหร่ายชนิดใหม่ที่มีมานานในประเทศไทยแต่เพิ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากคือสาหร่ายN. commune หรือ ไข่หิน (*Nostoc commume*) (กาญจนภาชน์, 2527) โดยนิยมนำมาทำเป็นลาบเพื่อบริโภค ได้มีการนำสาหร่ายเห็ดลาบจากธรรมชาติมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่ามีความชื้น 10.19 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน 20.26 เปอร์เซ็นต์, เถ้า 16.20 เปอร์เซ็นต์, ไขมันทั้งหมด 0.02 เปอร์เซ็นต์, ใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43.00เปอร์เซ็นต์, นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินบี 1 บี2 แคลเซียม เหล็ก กรดอะมิโนต่าง ๆ เช่น aspartic acid, thereonine, serine, glutamic acid, proline, glycine alanine, valine, methionine, isoleudcine, leucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine และ trypophan และได้มีการทดสอบแล้วว่าไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค (อาภารัตน์ และคณะ, 2546) ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นสาหร่ายที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารมาก โดยพบว่าสามารถเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารมนุษย์หรืออาหารสัตว์ได้ง่ายโดยใช้ต้นทุนต่ำ (สุนีรัตน์ และคณะ, 2548) ในต่างประเทศพบว่ามีการใช้สาหร่ายสกุล *Nostoc flagelliforme* เป็นอาหาร ซึ่งชนิดนี้ประกอบด้วย โปรตีน 21.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรท 56.8 เปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์ 1.9 เปอร์เซ็นต์ และ เถ้า 4.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้มีการทดสอบความปลอดภัยในการบริโภคไว้แล้วเช่นกัน (Takenaka *et al*, 1998)

Nostoc เป็นสาหร่ายซึ่งสามารถสร้างรงควัตถุพวก phycobiliprotein ได้ โดยสารสีนี้มีราคาแพงมีการผลิตขายในระดับอุตสาหกรรม (Patricia *et al*., 1996) นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนธรรมชาติ (natural protein) โดยเฉพาะ phycocyanin นั้นนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจวัดระบบภูมิคุ้มกัน (fluorescent markers) (Tchernov et al., 1999) ใช้ผสมในยาต่าง ๆ สารสกัดจาก *Nostoc commune* ยังมีประสิทธิภาพในการเป็น antifungal, antitumor และ antibacterial ได้ดี (Kajiyama *et al*, 1998) ส่วน *Nostoc ellipsossporum* มีคุณสมบัติเป็น anti-HIV protein (Gustafson *et al*, 1997; Kirk *et al*, 1997) *Nostoc* จึงเป็นสาหร่ายที่ได้รับความสนใจในทางการค้าเป็นอย่างมาก (Reis et al, 1998)

ส่วนการผลิตสาหร่ายเพื่อเป็นอาหารสัตว์นั้นนิยมผลิตด้วยวิธีที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำเช่น เลี้ยงในแหล่งน้ำทิ้งประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา (พงษ์เทพ และอดิเรก, 2539) น้ำทิ้งโรงงานยางพารา โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานวุ้นเส้น โรงงานฆ่าไก่ โรงงานขนมจีน โรงงานผลิตเส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยว โรงงานน้ำอัดลม บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตนมถั่วเหลือง (นฤมล และคณะ, 2528; สุขใจ และนวลพรรณ, 2530; พิมพรรณ และอารักษ์, 2531; จารุวรรณ และมุกดา, 2533; หยกแก้ว และคณะ, 2534; เพ็ญจันทร์ และ คณะ 2534; สุขใจ และคณะ, 2535; จีระพรรณ, 2536; สุวิมล, 2536; จีระพรรณและคณะ, 2540; Boonme et al, 1991; Tansakul and Jantasilp, 1991; Tanticharoen et al, 1993) โดยสาหร่ายนอกจากเป็นอาหารมนุษย์แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสีให้สวยงาม เร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มอัตรารอดได้อีกด้วย เนื่องจากมีสารสีพวกแคโรทีนอยด์และไฟโคไซยานินเป็นองค์ประกอบอยู่

และพบว่าการเพาะเลี้ยง *N. commune* โดยใช้น้ำหมักมูลสุกรผสมร่วมกับสารเคมีสามารถลดต้นทุนในการผลิต และยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง (สุนีรัตน์, รายงานการวิจัยประจำปี 2549) เพราะน้ำหมักมูลสุกรมีปริมาณสารอินทรีย์พวกไนโตรเจนสูงจะทำให้ได้สูตรอาหารในการเลี้ยงสาหร่ายที่มีธาตุอาหารครบถ้วนยิ่งขึ้น และยังเป็นการนำของเหลือทิ้งเหล่านี้มาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตสาหร่ายในปัจจุบันนอกจากเป็นอาหารเสริมสุขภาพแล้วยังนิยมใช้สาหร่ายผงเพื่อผสมในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารปลาสวยงามเพื่อเร่งสี ทั้งนี้เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นบนตัวปลาโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีของรงควัตถุหรือสารสีโดยเฉพาะที่เป็นสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ ความเข้มของสีที่ปรากฏบนผิวของปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณคาโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเลี้ยง *N. commune* สามารถเลี้ยงได้ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเช่นมูลสุกร โดยสาหร่ายมีโปรตีนในปริมาณสูงจึงสามารถช่วยในการเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาเพื่อเพิ่มโปรตีนในเนื้อปลา นอกจากนี้สารสี astaxanthin และ phycocyanin ที่มีในสาหร่ายยังสามารถช่วยทำให้สีของเนื้อปลาดูน่ารับประทาน และช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเพิ่มอัตรารอดอัตราการเจริญเติบโตให้กับปลาได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำสาหร่าย *N. commune* มาผลิตเป็นอาหารเลี้ยงปลา โดยเฉพาะปลาช่อนซึ่งเป็นปลาที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และมีความต้องการจากตลาดในปริมาณสูงเนื่องจากสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ เพิ่มความสวยงามของสีเนื้อ เพิ่มอัตรารอดอัตราการเจริญเติบโตและกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ราคาจำหน่ายปลาช่อน (บาทต่อกิโลกรัม) ปี พ.ศ. 2539-2551

ปี พ.ศ./ เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2539	76.67	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	76.90	82.50	82.50	82.50	82.50	82.50	78.42
2540	82.39	79.74	75.00	75.00	77.37	82.50	82.50	82.50	82.50	82.50	82.50	82.50	80.58
2541	82.50	82.50	82.50	80.83	80.00	81.82	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	83.35
2542	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	80.91	80.00	80.00	80.00	83.41
2543	78.50	77.50	80.54	86.56	92.50	90.68	88.55	85.00	84.64	83.57	87.27	87.50	85.23
2544	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	88.00	87.50	87.50	87.50	87.54
2545	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	87.50	82.50	91.67	97.50	97.50	97.50	89.93
2546	97.50	95.53	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	86.92
2547	85.00	86.00	94.66	95.17	95.16	95.00	95.00	100.25	102.50	102.50	102.50	102.50	96.35
2548	102.50	102.50	104.78	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	108.32
2549	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00
2550	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00
2551	110.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110.00

ที่มา: http://203.148.172.199/pricestat/report2.asp?mode=A&product=520 (- ยังไม่มีข้อมูล)

ปลาช่อน

ชื่อไทย ช่อน ,ค้อ

ชื่อสามัญ SNAKE-HEAD FISH

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Channa striata*

อยู่ในวงศ์ (Channidae)

ปลาช่อนเป็นปลาพื้นเมืองของไทย พบอาศัยแพร่กระจายทั่วไปตามแหล่งน้ำทั่วทุกภาคของไทย อาศัยอยู่ในแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง ปลาช่อนนอกจากพบในประเทศไทยยังมีแพร่หลายในประเทศจีน อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์

ลักษณะทั่วไป

ปลาช่อนเป็นปลามีเกล็ด ลำตัวอ้วนกลมและยาวเรียว ท่อนหางแบนข้าง หัวแบนลง เกล็ดมีขนาดใหญ่และเกล็ดตามลำตัวเป็นสีเทาจนถึงน้ำตาลอมเทา ปากกว้างมาก มุมปากยาวถึงตา ริมฝีปากล่างยื่นยาวกว่าริมฝีปากบน มีฟันซี่เล็กๆอยู่บนขากรรไกรทั้งสองข้าง ตามีขนาดใหญ่ ครีบทุกครีบไม่มีก้านครีบแข็ง ครีบหลังและครีบก้นยาวจนเกือบถึงโคนหาง ครีบหลังมีก้านครีบ 38-42 อัน ครีบก้นมีก้านครีบ 24-26 อัน ครีบอกมีขนาดใหญ่ ครีบท้องมีขนาดเล็ก ครีบหางกลม โคนครีบหางแบนข้างมาก ลำตัวส่วนหลังมีสีดำ ท้องสีขาว ด้านข้างลำตัวมีลายดำพาดเฉียง เกล็ดตามเส้นข้างลำตัวมีจำนวน 49-55 เกล็ด และมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ ปลาช่อนจึงมีความอดทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี อยู่ในที่ชื้นๆได้นาน และสามารถเคลื่อนไหวไปมาบนบกหรือฝังตัวอยู่ในโคลนได้เป็นเวลานานๆ (ชอบ, 2518)

คุณค่าทางโภชนาการของปลาช่อน

ปลากินเนื้อเป็นปลาที่แบ่งตามลักษณะการกินของปลาจึงเป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญโดยเฉพาะซึ่งปลากินเนื้อจะมีโปรตีนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ และเต็มไปด้วยกรดอะมิโนที่มีประโยชน์มีทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นเช่น histidine, threonine, argionine, valine, methionine, tryptophan, phenylalanine, isoleucine, leucine, lycine และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น aspartic acid, glutamic acid, asparagines, serine, glycine, alanine, tyrosine, cystine, hydroxyproline, praline ดังนั้นปริมาณกรดอะมิโนจึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลาและคุณค่าทางโภชนาการของผู้บริโภคด้วย (Rahman et al., 1995) นอกจากนี้ปลายังมีเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนได้ดีกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และปลาช่อนยังมีโปรตีนมากกว่าแหล่งอาหารจากส่วนของเนื้อสัตว์บางชนิด (ตารางที่ 2) (ธวัชชัย, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารอาหาร (ร้อยละ) ในแหล่งอาหารต่างๆ

แหล่งอาหาร	โปรตีน(กรัม)	ไขมัน(กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)
ปลาช่อน	19.1	0.1	0.1
ปลากระพง	18.2	0.4	0
ไก่/เนื้อน่อง	18.8	3.9	0
วัว/เนื้อติดมัน	17.2	22.1	0
หมู/เนื้อติดมัน	11.9	45	0

ที่มา : ธวัชชัย (2549)

Channa spp. ซึ่งเป็นปลาที่อยู่ในตระกูล Channidae อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดเขตร้อน เป็นปลากินเนื้อ เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ รวมถึงเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่สำคัญอีกมากมาย (Mohsin and Ambak, 1983) เช่น aspartic acid, glycine และ glutamic acid จากการศึกษาของ Zuraini *et al.*, (2006) ได้ทำการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการในปลา *Channa spp.* 3 ชนิด ในเขตของมาเลเซีย พบว่าจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากธรรมชาติของปลาทั้ง 3 สายพันธุ์คือ *C. striatus C. micropeltes* และ *C. lucius* มีค่าโปรตีนอยู่ในช่วง 19.9 ถึง 23.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ของปลา *Channa* spp.

Species	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
C.striatus	23.0 ± 0.7	5.7 ± 1.9	1.8 ± 0.07	83.5 ± 6.7
C.micropeltes	22.1 ± 0.6	9.3 ± 2.7	1.0 ± 0.01	82.1 ± 9.1
C.lucius	19.9 ± 1.3	11.9 ± 4.2	1.2 ± 0.11	80.0 ± 5.4

ที่มา: Zuraini *et al.* (2006)

กรดอะมิโนที่สำคัญที่พบส่วนใหญ่ คือ glutamic acid, aspartic acid และ lysine มีค่าอยู่ในช่วง 9.7-21.7 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมด (ตารางที่ 4) ระดับของกรดอะมิโนใน *C. striatus* อยู่ในช่วง 0.9-21.7 เปอร์เซ็นต์ *C. micropeltes* อยู่ในช่วง 0.1-19.4เปอร์เซ็นต์ และ *C. lucius* อยู่ในช่วง 0.6-21.2เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าปลาช่อนมีคุณค่าทางโภชนาการ คือ โปรตีน และกรดไขมันสูง และยังเต็มไปด้วยกรดอะมิโน จึงเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนและไขมันแก่ผู้บริโภคด้วย (Zuraini *et al.*, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน (ร้อยละ) ของปลา *Channa* spp.

Amino acid	*Channa striatus*	*Channa micropeltes*	*Channa lucius*
Aspartic acid	11.4±0.12	11.7±1.4	10.6±1.23
Glutamic acid	21.7±0.9	19.4±1.9	21.2±1.97
Serine	4.8±0.03	5.2±0.77	4.9±0.26
Glycine	4.3±0.19	3.7±0.15	3.6±0.06
Histidine	1.2±0.02	1.7±0.07	1.8±0.04
Arginine	5.9±0.15	7.2±0.54	6.0±0.17
Threonine	4.2±0.0.06	4.6±0.45	4.3±0.26
Alanine	5.8±0.73	4.2±0.75	6.1±0.34
Proline	3.2±0.21	3.2±0.23	3.0±0.18
Tyrosine	3.6±0.14	3.8±0.51	3.6±0.26
Valine	4.2±0.09	4.4±0.26	4.4±0.51
Methionine	3.4±0.11	4.0±0.91	3.6±0.16
Cystine	0.9±0.15	0.1±0.03	0.6±0.05
Isoleucine	3.8±0.25	4.0±0.17	3.8±0.14
Leucine	7.5±0.85	7.4±0.97	7.7±0.76
Phenylalanine	4.3±1.2	4.8±0.65	4.6±0.48
Lysine	9.7±0.57	10.9±1.05	10.1±1.42

ที่มา: Zuraini *et al.* (2006)

นอกจากนี้เนื้อปลายังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สำคัญอีกหลายชนิดด้วยกัน ทั้งโอเมก้า 3 เช่น กรดไอโคซาเพนตะอีโนอิก (EPA) และกรดโดโคซาเฮกซาอีโนอิก (DHA) จะพบได้มากในปลาทะเล และปลาน้ำจืดที่นิยมเลี้ยงเพื่อจำหน่าย เช่น ปลาจาละเม็ดดำ ปลาจาระเม็ดขาว ปลากะพงขาว ปลาสวาย ปลาสลิด ปลาดุก และปลาช่อน เมื่อนำมาต้มหรือนึ่งจะให้กรดไขมันโอเมก้า 3 สูงและปลาช่อนจัดว่าเป็นปลาที่มีไขมันสูงด้วย (ตารางที่ 5) (ครรชิต, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณไขมันในปลาต่างๆ

ปลาที่มีไขมันต่ำมาก ≤ 2 กรัมต่อ 100 กรัม	ปลาที่มีไขมันต่ำ≥ 2-4 กรัมต่อ 100 กรัม	ปลาที่มีไขมันปานกลาง ≥ 4-5 กรัมต่อ 100 กรัม	ปลาที่มีไขมันสูง ≥8-20 กรัมต่อ 100 กรัม
ปลาไหล	ปลาทูนึ่ง	ปลาสลิด	ปลาช่อน
ปลากราย	ปลากะพงขาว	ปลาตะเพียน	ปลาสวาย
ปลานิล	ปลาจะละเม็ดดำ	ปลาจะละเม็ดขาว	ปลาดุก
ประกะพงแดง	ปลาอินทรี		ปลาสำลี
ปลาเก๋า			

ที่มา: ครรชิต (2545)

แหล่งอาหารของปลา

ปลาได้รับอาหาร 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ อาหารธรรมชาติและอาหารสมทบ

อาหารธรรมชาติ หมายถึง อาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในบ่อปลา โดยสัตว์ในแหล่งน้ำมีทั้งที่กินพืชสีเขียวเป็นอาหารและกินสัตว์ด้วยกันเองเป็นอาหาร อาหารปลาที่เป็นจำพวกสัตว์ได้แก่ ลูกน้ำ หนอนแดง ลูกแมลงปอ ไส้เดือน ตัวอ่อนของหอย ลูกกุ้ง แมลงน้ำชนิดต่างๆ รวมถึงแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก เช่น *Brachionus sp.* ส่วนอาหารที่เป็นพวกพืช ได้แก่ พืชน้ำต่างๆ ที่เกิดขึ้นในน้ำ ได้แก่ ไข่น้ำ แหน สาหร่าย หญ้า และพวกแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ *Chlorella sp., Spirulina sp., Nitzschia sp.* เป็นต้น (ศักดิ์ชัย, 2536)

ประเภทของโภชนาการอาหารปลา

โปรตีน มีความจำเป็นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของปลา การที่ปลานำส่วนที่เป็นโปรตีนที่ได้จากอาหารนี้ไปใช้ได้ย่อมสำคัญ ทั้งนี้มีความสัมพันธ์กับขนาด อายุและชนิดของปลา Samantaray and Mohanty (1997) รายงานว่าขนาดของปลาที่ใหญ่กว่าต้องการโปรตีนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปลาขนาดเล็ก และระดับพลังงานส่งผลต่อความต้องการโปรตีนในอาหารที่ปลานำไปใช้ในการเจริญเติบโต และได้ประเมินค่าผลตอบรับของปลาช่อน (*Channa striata*) ขนาดปลานิ้ว (fingerling) ต่ออาหารที่แตกต่างกันตามระดับโปรตีน โดยได้ทำการศึกษาถึงผลการตอบรับจากอาหารต่อการเจริญเติบโตและร้อยละการใช้ประโยชน์จากโปรตีน Apparent net protein utilization (เปอร์เซ็นต์ANPU) ในปลาช่อนขนาดปลานิ้วในอาหารทดลอง 12 ชนิด (ตารางที่ 6) จากสูตร brown fish meal ที่มีสารอาหารหลักเป็นโปรตีนและระดับพลังงานการย่อย 3 ระดับ (400, 440 และ 480 กิโลแคลอรี) ที่ระดับโปรตีน 4 ระดับ (35, 40, 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์) และลิพิด (9, 13 และ 17 เปอร์เซ็นต์) ในแต่ละระดับของโปรตีน ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดที่อาหารชนิดที่ 5 และ 9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84837

ตารางที่ 6 แสดงส่วนประกอบของอาหารทดสอบที่ให้ปลาช่อน

	Diet number											
Ingredient	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nutrient content												
Crude protein(เปอร์เซ็นต์)	35	35	35	40	40	40	45	45	45	50	50	50
Crude lipid(เปอร์เซ็นต์)	9	13	17	9	13	17	9	13	17	9	13	17
Digestible energy(kcal)	400	440	480	400	440	480	400	440	480	400	440	480
protein to energy(P/E)	87.5	79.5	72.9	100	90.9	83.3	112.5	102.3	93.8	125	114	104.2

ที่มา: Samantaray and Mohanty (1997)

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญในสัตว์น้ำเนื่องจากทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่มีบทบาทสำคัญในร่างกาย และเป็นแหล่งพลังงานที่สัตว์สะสมไว้ในยามฉุกเฉิน (เวียง, 2542) แหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ ได้แก่ รำ ปลายข้าว ข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่พบในรูปไกลโคไลปิด ไกลโคโปรตีน และไกลโคเจน ที่จะสะสมในร่างกาย ซึ่งจะถูกสลาย และเผาผลาญเป็นพลังงานเมื่อร่างกายต้องการหรืออาจเปลี่ยนเป็นรูปไขมันสะสมในเนื้อเยื่อของร่างกายทำให้ปลาอ้วนขึ้น ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ประเภท และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในอาหาร รวมทั้งความสุก ดิบในอาหาร (วีรพงศ์, 2536; เวียง, 2542)

ไขมัน หรือน้ำมัน เป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงาน กรดไขมันที่จำเป็น วิตามินที่ละลายในไขมันและบางครั้งใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารเพื่อกระตุ้นให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้นน้ำมันที่ใช้ผสมอาหารสัตว์น้ำ แบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือน้ำมันจากสัตว์ ได้แก่ น้ำมันปลา น้ำมันปลาหมึก น้ำมันหมู ฯลฯ และ น้ำมันจากพืชได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน ฯลฯ (กรมประมง, 2544)

Hemre *et al.* (2003) กล่าวว่าไขมันมีอิทธิพลต่อความเร็วของสารอาหารทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านส่วนของลำไส้ เมื่ออาหารประเภทไขมันเคลื่อนที่จะถูกเอนไซม์ในลำไส้ไฮโดรไลซ์ การเพิ่มของระดับไขมันในอาหารส่งผลต่อการผลิตน้ำดีทำให้เพิ่มความคงตัวของการทำงานของเอนไซม์บางตัวในการไฮโดรไลซิสแป้ง เช่น อะไมเลส อย่างไรก็ตาม ผลจากไขมันต่อการทำงานของเอนไซม์พบว่าจะแปรผันตามส่วนประกอบของกรดไขมัน ถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจะไม่เป็นผลดีต่อการย่อยแป้งของกรดไขมันอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามิน มีอยู่ 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ละลายในน้ำมัน คือ วิตามิน A, D, E และ K และกลุ่มที่ละลายได้ในน้ำ วิตามินเป็นสารประกอบ ที่พบในสารอาหารทั่วๆ ไป แต่พบในปริมาณน้อย วิตามินมีความจำเป็นต่อการบำรุงรักษา, การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ โดยทั่วไปร่างกายต้องการวิตามินในปริมาณเล็กน้อย โดยนำมาใช้ในขบวนการเมตาโบลิซึม ซึ่งไม่สามารถสังเคราะห์ได้ภายในร่างกาย

ระดับความต้องการวิตามินในอาหารสัตว์น้ำพบว่าความต้องการมีความแตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับความหนาแน่นในการเลี้ยง อุณหภูมิ แหล่งของสารอาหาร ขนาดและอายุของปลา การเติมวิตามินในอาหารสัตว์น้ำ โดยทั่วไปเติมมากกว่าปริมาณที่สัตว์น้ำต้องการจริง เพราะวิตามินสลายหรือถูกทำลายง่าย เช่นวิตามินอี วิตามินซี และ วิตามินบี 6 (Thiamin) วิตามินอี และวิตามินซี สูญเสียในระหว่างการผลิต โดยมีความร้อน ความชื้น และพีเอชเป็นตัวทำลาย และสูญเสียในระหว่างการเก็บรักษาด้วย สำหรับวิตามิน บี 6 ถูกทำลายโดยเอ็นไซม์

เกลือแร่ มีบทบาทและหน้าที่สำคัญใน ร่างกายหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย เป็นองค์ประกอบของ เซลล์เนื้อเยื่อและเส้นประสาท เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน และวิตามิน นอกจากนี้ เกลือแร่ยังทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อในทุกอวัยวะ จากความสำคัญและหน้าที่ ดังกล่าวนั้น จะเห็นว่า เกลือแร่เป็นสารอาหารที่มีความสำคัญยิ่งต่อร่างกาย ซึ่งร่างกายต้องได้รับเพียงพอ ร่างกายจึงจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่และแข็งแรง อาหารทั่วไปที่เป็นแหล่งของ เกลือแร่ทั้งชนิดหลักและชนิดปริมาณน้อยแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของอาหาร ตัวอย่าง เกลือแร่ที่มีความสำคัญต่อร่างกายประกอบด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไอโอดีน เหล็ก แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง และโพแทสเซียม เป็นต้น (กรมวิทยาศาตร์, 2542)

วัตถุดิบจำพวกวิตามินและแร่ธาตุ วิตามินและแร่ธาตุที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมักอยู่ในรูปสารประกอบเคมี และเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณน้อยมากในสูตรอาหารจึงทำให้เกิดปัญหาในการผสมให้ทั่วถึงในทุก ๆ ส่วน ดังนั้น จึงไม่นิยมผสมวิตามินและแร่ธาตุแต่ละตัวลงในอาหารโดยตรง วิตามินและแร่ธาตุจึงมักถูกผสมไว้ก่อนล่วงหน้ากับสื่อบางชนิด เช่น กากถั่วเหลือง รำ แกลบบด หรือหินปูน แล้วเรียกสารผสมเหล่านี้ว่า "สารผสมล่วงหน้า (พรีมิกซ์)" บางครั้งอาจเรียกว่า "อาหารเสริม" แล้วจึงนำสารผสมล่วงหน้านี้ไปผสมกับอาหารต่อไป (สุพิศ, 2536)

ประเภทอาหารที่มีผลต่อการเลี้ยงปลาช่อน

Samantaray and Mohanty (1997) ได้ทำการศึกษาอัตราการแลกเนื้อ (FCR) อัตราประสิทธิภาพของโปรตีน (PER) และอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละวันของปลาช่อน (*Channa striata*) ขนาดปลานิ้ว (fingerling) ในอาหารทดลอง 12 ชนิดจากสูตร brown fish meal ที่มีสารอาหารหลักเป็นโปรตีนและระดับพลังงานการย่อย 3 ระดับ (400, 440 และ 480 กิโลแคลอรี) ที่ระดับโปรตีน 4 ระดับ (35, 40, 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์) และลิพิด (9, 13 และ 17 เปอร์เซ็นต์) ในแต่ละระดับของโปรตีนซึ่งค่า PER และ FCR ในอาหารที่ระดับโปรตีนต่ำ (35-40 เปอร์เซ็นต์) ปลามีศักยภาพในส่วนของการใช้ประโยชน์จากปริมาณโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าอาหารที่ระดับโปรตีนสูง (45-50 เปอร์เซ็นต์) โดยปริมาณโปรตีนที่สูงที่สุดที่ระดับพลังงาน 440 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม (ลิพิด 13 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสูงกว่า 2 ระดับอื่น (400 และ 480 กิโลแคลอรีต่อ100 กรัม) หรือระดับลิพิด (9และ17 เปอร์เซ็นต์) ที่ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ค่า PER สูงสุดและ PER ต่ำสุดที่ได้จากสัดส่วน P/E คือ 90.9 มิลลิกรัมโปรตีนต่อกิโลแคลอรี

ลักษณะทั่วไปของไซยาโนแบคทีเรีย

ไซยาโนแบคทีเรีย หรือ Cyanobacteria อยู่ในดิวิชัน Cyanophyta หรืออีกชื่อหนึ่งคือ ดิวิชัน Cyanochlorota จัดเป็นพืชชั้นต่ำที่เรียกว่า prokaryotic cell สามารถสังเคราะห์แสง ให้ออกซิเจน เปลี่ยนสีของเซลล์ได้ และตรึงไนโตรเจนได้ สาหร่ายในกลุ่มนี้ไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พบได้ทั่วไปทุกแห่งในโลก ทั้งในน้ำจืด ทะเล น้ำพุร้อน และอาจอยู่รวมกับสิ่งมีชีวิตอื่นได้ทั้งพืชและสัตว์

1. ลักษณะสำคัญของดิวิชัน

สารสีสำหรับการสังเคราะห์แสง (photosynthetic pigments) ประกอบด้วย

1.1 คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a)

1.2 แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

1.2.1 แคโรทีน (carotene) ได้แก่ เบตา-แคโรทีน (β-carotene)

1.2.2 แซนโธฟิลล์ (xanthophyll) ได้แก่ มิโอแซนธิน (myxoxanthin) มิโซแซนโธ ฟิลล์ (myxoxanthophyll) ออสซิลลาแซนธิน (oscillaxanthin) ซีอาแซนธิน (zeaxanthin) เป็นต้น

1.3 ไฟโคบิโลโปรตีน (phycobiloprotein) ได้แก่

1.3.1 ซี-ไฟโคไซยานิน (c-phycocyanin)

1.3.2 ซี-อัลโลไฟโคไซยานิน (c-allophycocyanin)

1.3.3 ซี-ไฟโคอีริธริน (c-phycoerythrin)

ผนังเซลล์ (cell wall) มี 2 ชั้น องค์ประกอบคล้าย bacteria แกรมลบ รอบนอก เซลล์มีเมือกใสๆ หุ้มโดยรอบเรียกว่า sheath อาจมีหรือไม่มีสี และอาจ แบ่งเป็นชั้นๆ หนวด (flagella) ไม่มีหนวดทั้งเซลล์ปรกติและเซลล์สืบพันธุ์ เคลื่อนที่แบบเลื่อนไหล (gliding movement) ผลผลิตจากการสังเคราะห์แสง (photosinthetic product) ได้แก่แป้ง cayanophycean starch เป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ เรียกว่า cyanophycin granule ลักษณะพิเศษประจำดิวิชัน คือ เป็นพืชชั้นต่ำ procaryote สารสีไม่อยู่ในพลาสติด กระจายอยู่ในไซโตพลาสซึม ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริงและสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

2. ส่วนประกอบของเซลล์

ประกอบด้วย ผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งมี 2 ชั้น ได้แก่ผนังเซลล์ชั้นนอกและผนังเซลล์ชั้นใน ด้านนอกมีชีท มีสารเมือกหุ้มอยู่ , plasma membrane , เยื่อหุ้มไซโตพลาสซึม อาจมีสารสีกระจายอยู่เรียกว่า chromoplasm, gas vacuole มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กกระจายอยู่ในโครโมพลาสซึม , heterocyst มักพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสาหร่ายพวกเส้นสาย ถ้าขาดท่อนเราจะเรียกแต่ละท่อนของเซลล์ว่า homogone หรือ homogonia และ akinete หรือ gonidia เป็นเซลล์ที่สร้างสปอร์ อยู่ติดกับเฮเทอโรซิสต์

ประโยชน์ของไซยาโนแบคทีเรีย

มีรายงานการวิจัยต่าง ๆ มามายถึงคุณสมบัติของไซยาโนแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสาหร่าย *Spirulina sp.* ซึ่งได้มีการศึกษาในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความสามารถในการเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยง, เพิ่มสีสันของสัตว์เลี้ยงให้ดูสวยงามจนถึงสีเนื้อของสัตว์เพื่อความน่ารับประทาน รวมทั้งได้มีการศึกษาถึงความสามารถในการสร้างหรือกระตุ้มภูมิคุ้มกันทั้งในสัตว์เลี้ยงและในมนุษย์เอง

1. การเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต

ด้วยเหตุที่สาหร่าย *Spirulina sp.* เป็นสาหร่ายที่นับว่ามีคุณค่าทางโปรตีนที่สูง และโปรตีนเป็นตัวที่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ นั้นมีการเจริญเติบโตที่ดี โดยได้มีการศึกษาหาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ จากแหล่งที่อุดมไปด้วยโปรตีน 5 ชนิด (*Haliotis midae*) ของ Britz (1996) แหล่งโปรตีนทั้ง 5 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) แล้วนำไปผสมในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้สูตรคำนวนเพื่อให้อาหารที่ผสมมีโปรตีนอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์โปรตีนในอาหารที่ผสมจากการคำนิวณแล้วอาหารผสมทุกชนิดจะมีโปรตีนอยู่ที่ 31 เปอร์เซ็นต์, 29 เปอร์เซ็นต์, 32 เปอร์เซ็นต์, 29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ยกเว้นอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Spirulina spp.* จะมีโปรตีนอยู่ที่ 19 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ผลจากการทดลองเลี้ยง *Haliotis midae* เป็นเวลา 124 วัน มีดังนี้

อัตราการบริโภคอาหารของหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารผสม casein มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน ส่วน fishmeal และ *Spirulina spp.* จะอยู่ที่ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน ซึ่งค่าการบริโภคของอาหารที่ผสมด้วยแหล่งโปรตีนต่าง ๆ นี้จะไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ว่าจะมีค่าที่สูงกว่า กลุ่มปกติที่กินอาหารด้วย *E. maxima* (2.8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน) และ *P. corallorhiza* (1.3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน)

หอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารที่ผสม fishmeal และ *Spirulina spp.* จะมีค่าความยาว และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่สูงกว่ากลุ่มอาหารที่ผสมแหล่งโปรตีนแหล่งอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเทียบค่า FCR ของ casein (0.7) และ FCR ของ fishmeal กับ *Spirulina spp.* (0.8) ซึ่งค่าของ casein จะต่ำกว่า

Spirulina spp. มีค่าการแลกเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อ (FCR) 0.8 และ โปรตีน (PER) 6.5 แสดงให้เห็นว่าโปรตีนจากแหล่งนี้มีค่ามวลชีวภาพที่สูง เนื่องจากว่า PER มีค่าที่ไม่ตรงกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ เพราะอาหารที่ผสม *Spirulina spp.* มีค่าโปรตีนเพียง 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอาหารผสมอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(30เปอร์เซ็นต์) *Spirulina spp.* จึงแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีความสามารถย่อยได้สูง

Nandeesha *et al.* (2001) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต จากการทดแทนอาหารด้วยสาหร่าย *Spirulina platensis* จากแต่เดิมที่ใช้ fishmeal เนื่องจากกว่า fishmeal มีค่าที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ในการเลี้ยงปลา catla (*Catla catla*) และ rohu (*Labeo rohita*) ซึ่ง Nandeesha *et al.* (2001) กล่าวว่า microalgae เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีที่สุดสำหรับปลา *S. platensis* เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีค่าปริมาณโปรตีน, กรดอะมิโนที่จำเป็น, วิตามินและแร่ธาตุที่สูง มีรายงานว่าสาหร่ายชนิดนี้ไม่มีผนังเซลล์จึงส่งผลให้มีการย่อยและการดูดซึมที่ดี

จากการศึกษาของ Nandeesha *et al.* (2001) พบว่าเมื่อเลี้ยงปลา catla และ rohu ด้วยสูตรอาหารที่ต่างกันคือ ผสมสาร่าย *Spirulina platensis* ซึ่งทำแห้งแล้วที่ 25 เปอร์เซ็นต์, 50 เปอร์เซ็นต์, 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยทดลองให้อาหารเป็นระยะเวลา 90 วัน ได้ผลว่า ในปลา catla เมื่อได้รับอาหารผสมในระดับต่าง ๆ กันนั้น การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งแตกต่างกับใน rohu ที่ได้รับอาหารผสม 50 เปอร์เซ็นต์, 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า อาหารผสม 25 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่ไม่ได้ผสม *S. platensis* ค่าประสิทธภาพในการนำโปรตีนไปใช้ (PER) ของ catla ไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ใน rohu จะมีค่าที่ต่ำเมื่อมีการผสมในระดับที่สูง อัตราการเจริญเติบโตของ catla และ rohu นั้นไม่ได้มีผลในทางลตรงข้ามที่ทุกระดับของ *Spirilna* แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะใช้ *Spirulina platensis* เพื่อที่จะทดแทนการผสมอาหารด้วย fishmeal ได้

Nostoc commune Vaucher

การจำแนกหมวดหมู่ของ *Nostoc commune*

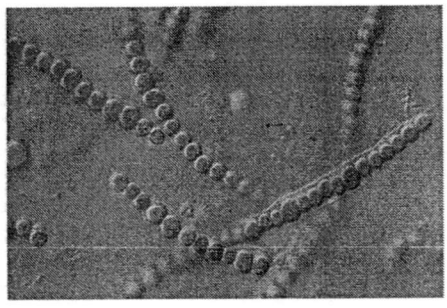
Division Cyanophyta

Class cyanophyceae

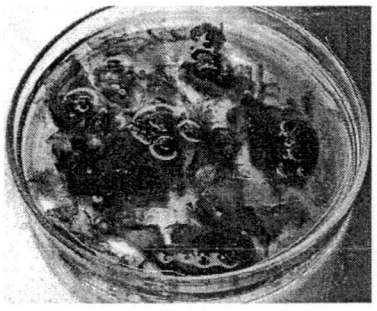
Order Nostocales

Family Nostocaceae

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



ข

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะเซลล์ของ *Nostoc commune* ใต้กล้องจุลทรรศน์ (ข) ลักษณะของ *Nostoc commune* ทั่ว ๆ ไป เมื่อมองด้วยตาเปล่า

ที่มา : (ก) http://www.nies.go.jp/biology/mcc/images/PCD4211/0177L.jpg

Noctoc commune ในประเทศไทยเรียก ไข่หิน, ดอกหิน หรือ เห็ดลาบ เป็นสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตแบบเป็นเส้นสายมีเมือกหุ้ม เป็นไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มีลักษณะของทัลลัส (thallus) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีแคปซูลเจลใส (hyaline capsular jelly) ห่อหุ้มรวมตัวกันอย่างหนาแน่น และพันกัน มีลักษณะนุ่มหรือแน่นทำให้มีลักษณะผิวคล้ายแผ่นหนังสามารถสร้างกลุ่มเซลล์ได้ทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ไตรโคมมีความกว้าง 5-7 ไมครอน ไตรโคมของสาหร่าย *Nostoc commune* อยู่เดี่ยว ๆ เป็นเส้นสายที่มีความกว้างเซลล์เท่ากันทั้งสาย ไม่แตกแขนง มีชีทหุ้มแต่ละไตรโคม ชีทอาจใสหรือมีสี เฮเทอโรซิสต์ (heterocyst) ส่วนมากอยู่ปลายสุดของไตรโคม เรียกว่า เบซอลเฮเทอโรซิสต์ (basal heterocyst) แต่บางครั้งพบอยู่ตามไตรโคม อะคีนีตจะเกิดติดกับเฮเทอโรซีสต์

ลักษณะเด่นของ *Nostoc commune* คือ สามารถสังเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์แล้วปล่อยออกมานอกเซลล์ได้ (extracellular polysaccharide) ในลักษณะคล้ายเมือกที่ปล่อยออกทุกทิศทาง หรือ อยู่ในรูปวุ้นที่ห่อหุ้มเซลล์

สาหร่าย *Nostoc commune* มีการแบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น การสืบพันธุ์ที่พบได้แก่ การแบ่งเซลล์เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์แบบทวีคูณ และการสร้างสปอร์

รงควัตถุของสาหร่าย *Nostoc commune* ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์-เอ เป็นแหล่งสำคัญในการดูดซับพลังงานแสง ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร (สีแดง) และ 62 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน), คาโรทีนอยด์สามารถดูดซับพลังงานแสงในช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์-เอ ไม่สามารถดูดซับได้ แล้วจะถ่ายทอดพลังงานแสงที่รับไว้ให้แก่คลอโรฟิลล์-เอ (Harold, 1980) คาโรทีนอยด์ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ คาโรทีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ปราศจากออกซิเจน คาโรทีนที่พบมากที่สุดได้แก่ เบต้า-คาโรทีน กลุ่มที่สอง คือ แซนโทรฟิลล์ ได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาโรทีน มีสีเหลือง, ส้ม หรือแดง แซนโทฟิลล์ที่พบมากที่สุดได้แก่ มิกโซโทฟิลล์ และ ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วย รงควัตถุอยู่รวมกับโปรตีน ประกอบด้วย ซี-ไฟโคไซยานิน, ซี-อัลโลไฟโคไซยานิน และ ซี-ไฟโคอิริทริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ *Nostoc commune*

1. นำมาบริโภคเป็นอาหารมนุษย์ (www.thairath.co.th) พบว่าสาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญเติบโตแพร่กระจายบนดินเค็ม ในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติ ป่าดูนลำพัน ในเขตอำเภอนาเชือก จ. มหาสารคาม และพื้นที่ใกล้เคียง โดยจะมีปริมาณมากในฤดูฝน เมื่อฝนตกทำให้สาหร่ายซึ่งในหน้าร้อน จะหดตัว เป็นแผ่นบางกรอบคล้ายกระดาษ จะดูดซับน้ำฝนขยายตัว เป็นแผ่นวุ้นบางไม่มีรสชาติ มีเนื้อนิ่มหยุ่นแต่กรอบ คล้ายสาหร่ายทะเลวากาเหมะ (Wakame, *Undaria pinnatifida*) ที่นิยมบริโภคในญี่ปุ่น สาหร่ายเห็ดลาบของไทยจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือ ไม่มีกลิ่นคาว ซึ่งจากการนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบจากแหล่งธรรมชาติ พบว่ามีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ครบถ้วน มีไขมันต่ำเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ และมีใยอาหารสูงถึง 43 เปอร์เซ็นต์

2. ใยอาหารของ *Nostoc commune* ที่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ จะถูกผลิตในรูปของเหลวที่หลั่งออกนอกเซลล์ มากกว่าการผลิตในรูปของเมือกห่อหุ้มเซลล์ ซึ่งพอลิแซ็กคาไรด์ ที่หลั่งออกนอกเซลล์นี้มีศักยภาพในการ นำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยเป็นสารปรับโครงสร้างดิน หรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยเป็นสารเพิ่มความข้นเหนียว (www.thairath.co.th)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc commune*

สาหร่าย *Nostoc commune* เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่าสาหร่ายที่พบในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดูนลำพัน อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม มีคุณค่าทางอาหารดังตารางที่ 7 (อาภารัตน์, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คุณค่าทางอาหารของ *N. commune*

รายการ (หน่วย)	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	10.19
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	20.26
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	16.2
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.02
ใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	43
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100 กรัม)	2.31
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.02
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.01
แคลเซียม (กรัม/100 กรัม)	3.55
เหล็ก (กรัม/100 กรัม)	0.28
กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/100 กรัม)	
Asparatic acid	3166.21
Threonine	1193.92
Serine	1186.14
Glutamic acid	2064.97
Proline	486.36
Glycine	1044.1
Alanine	1658.27
Cystine	ตรวจไม่พบ
Valine*	1220.93
Methionine*	49.33
Isoleucine	797.17
Leucine*	1374.11
Tyrosine	446.47
Phenylalanine*	1000.05
Histidine	886.22
Lysine*	450.99
Tryptophan*	35.62
Arginine	1015.52

หมายเหตุ : * กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ที่มา : อาภารัตน์ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

การเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune*

เพาะเลี้ยงสาหร่าย ***Nostoc commune*** ในสูตรอาหาร BG 11 เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้น โดยนำสาหร่ายที่เตรียมมาใส่ลงในขวดแก้วใสขนาด 1 ลิตร ใช้ปริมาณสาหร่ายตั้งต้น 10เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและป้องกันไม่ให้สาหร่ายตกตะกอน ที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส โดยมีการให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อเนื่องตลอดเวลา หลังจากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงภายนอกห้องปฏิบัติการในอาหารที่ผสมนมสด และมูลสุกร

เลี้ยงสาหร่าย ***Nostoc commune*** ในบ่อกลางแจ้งขนาด 1 ตัน ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศเพื่อให้น้ำหมุนเวียนตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของเซลล์สาหร่าย และป้องกันสาหร่ายตกตะกอน ทำการเก็บเซลล์สาหร่ายที่โตเต็มที่เมื่อเลี้ยงได้ 5-7 วัน โดยการใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 40 ไมครอน ระยะเวลาในการเลี้ยงจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวสามารถสังเกตจากสีของน้ำที่เลี้ยงสาหร่ายได้เช่นกัน ซึ่งระยะเวลาการเลี้ยงจะมากหรือน้อยจะขึ้นกับปริมาณความเข้มแสงในรอบวันของแต่ละวันด้วย โดยการเก็บเซลล์สาหร่ายจะเหลือสาหร่ายไว้ในบ่อประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของบ่อเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการเพาะเลี้ยง จากนั้นเติมน้ำและปุ๋ยลงไปเพื่อทำการเลี้ยงสาหร่ายต่อไป ซึ่งเมื่อเลี้ยงไปสักระยะหากพบว่ามีการปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่นเข้ามาในบ่ออย่างเด่นชัด จะทำการเปลี่ยนหัวเชื้อ โดยนำหัวเชื้อใหม่ออกมาจากห้องปฏิบัติการและเริ่มต้นการเลี้ยงใหม่

ส่วนสาหร่ายที่เก็บจากบ่อ นำไปล้างให้สะอาดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด และนำมาผสมในอาหารเลี้ยงปลาโดยนำสาหร่ายมาคลุกกับอาหาร ที่ระดับต่าง ๆ

การเลี้ยงปลา

เลี้ยงปลาช่อนด้วยอาหารที่ผสมสาหร่ายอัตราส่วนต่าง ๆ คือผสมสาหร่ายในอาหารที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยเลี้ยงระดับละ 3 บ่อ โดยใช้บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยปลาขนาดความยาวประมาณ 1.2-1.5 เซนติเมตร จำนวน120 ตัว ลงในบ่อ ปริมาณอาหารที่ให้คือ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา และแบ่ง ให้อาหาร 2 เวลา คือ เช้า 09.00 และ 16.00 น.

ทำการชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละบ่อก่อนเริ่มการทดลองและทุก ๆ 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 90 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ 4-6 วัน วัดค่าคุณภาพน้ำคือ อุณหภูมิ พีเอช และออกซิเจนละลายน้ำก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการบันทึกผลและรายงานค่าต่าง ๆ ดังนี้

1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Diary Weight Gain, DWG : กรัม/วัน)

$$DWG = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)}}$$

2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

$$FCR = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

3 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio, PER)

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

4 อัตรารอด (Survival rate)

$$\text{อัตรารอด} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือรอด}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อยเลี้ยง}} \times 100$$

5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate : SGR, เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$SGR = \frac{\ln \text{น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุด} - \ln \text{น.น.ปลาเมื่อเริ่ม}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับต่าง ๆ

อาหารที่ไม่ผสม *N. commune* มีโปรตีนสูงที่สุด ส่วนอาหารที่ผสม *N. commune* เพิ่มขึ้น จะทำให้มีปริมาณ ไขมัน เยื่อใย ฟอสฟอรัส สูงกว่าอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสม *Nostoc commune* ที่ใช้ในการเลี้ยงปลาช่อน

N. commune ที่ผสมในอาหาร (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ฟอสฟอรัส (%)	แคลเซียม (%)	เถ้า (%)
0	47.46±0.02a	1.75±0.02a	2.66±0.03a	1.08±0.01a	2.45±0.02a	12.24±0.02a
10	43.95±0.16b	3.35±0.00b	3.01±0.05b	1.44±0.01b	2.45±0.02a	12.10±0.03a
20	44.29±0.15c	3.30±0.12b	3.67±00.01c	1.13±0.00c	2.47±0.01a	12.17±0.01a
30	44.73±0.03d	3.48±0.02b	4.52±0.03d	1.09±0.00a	2.55±0.03b	12.12±0.04a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

ความสำคัญของโปรตีนต่อปลา เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเป็นส่วนสำคัญ และการนำส่วนที่เป็นโปรตีนที่ได้จากอาหารนี้ไปใช้ได้ย่อมสำคัญ ทั้งนี้ก็มีความสัมพันธ์ขนาด อายุและชนิดของปลา Samantaray and Mohanty. (1997) รายงานว่าขนาดของปลาที่ใหญ่กว่าต้องการโปรตีนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปลาขนาดเล็ก และระดับพลังงานส่งผลต่อความต้องการโปรตีนในอาหารที่ปลานำไปใช้ในการเจริญเติบโต และได้ประเมินค่าผลตอบรับของปลาช่อน (*Channa striata*) ขนาดปลานิ้ว (fingerling) ต่ออาหารที่แตกต่างกันตามระดับโปรตีน ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดที่อาหารชนิดที่มีระดับโปรตีน 40 กับ 45เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการศึกษาของ Nandeesha et al 2001 ซึ่งทดลองในปลา Catla และ rohu ซึ่งเป็นปลาตระกูลปลาคาร์พที่ได้ทดลองที่ได้ทำการทดลองโดยให้สาหร่ายสไปรูลินาแทนที่โปรตีนจากอาหารที่ระดับ 25 , 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 90 วันซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ(p>0.05) ในการเจริญเติบโตในปลา Catla ในการทดแทนสาหร่ายสไปรูลินาทุกระดับ แต่ในปลา rohu ที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลินาที่ระดับมากกว่า 25 เปอร์เซ็นขึ้นไปส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่มากขึ้นซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ในแต่ละระดับของสาหร่ายสไปรูลินาที่มากขึ้นไปตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Stanley and Jones (1976) ที่ได้ทดลองนำสาหร่ายสไปรูลินาแห้งไปผสมอาหารในการเลี้ยงปลา blue tilapia (*Tilapia auxa*) และปลา bigmouth buffalo (*Ictiobus cyprinellus*) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

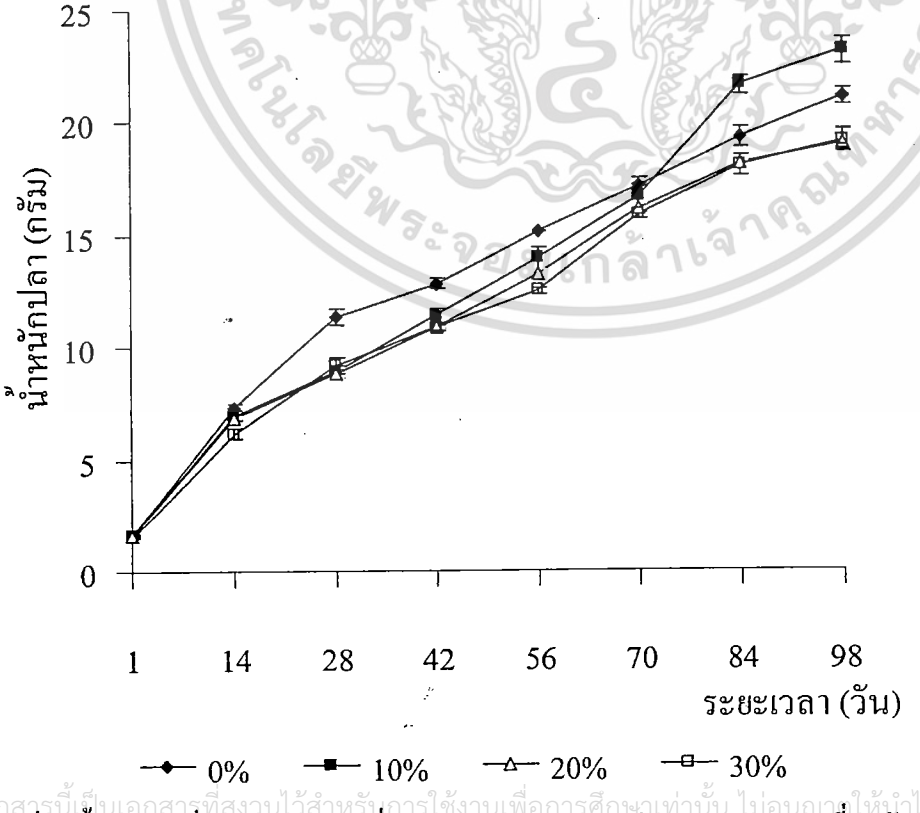
ให้ที่ปริมาณ 4.2 กรัมต่อกิโลกรัมต่อกรัมของน้ำหนักตัว 21 วัน, 5.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว 14 วัน และ 29.1 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว 28 วัน พบว่าปลาทั้งสองมีการเจริญเติบโตที่ดีมาก แต่เมื่อลดปริมาณของสาหร่ายลงอัตราการเจริญเติบโตจะลดลงด้วย

กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำกรมประมง ได้ศึกษาวิจัยอาหารเลี้ยงปลาช่อน คือ สูตรอนุบาลลูกปลา สูตรเลี้ยงปลาโต แต่ละสูตรมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน สูตรอาหารอนุบาลลูกปลามีโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับเลี้ยงลูกปลาอายุตั้งแต่ 15 วัน ถึง 3 เดือน และสูตรอาหารเลี้ยงปลาโต อายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป ปริมาณโปรตีน 37 เปอร์เซ็นต์

ผลของอาหารผสม *Nostoc commune* ต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อน

น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปลาช่อนมีน้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 1.60±0.03 กรัม เมื่อให้อาหารผสมสาหร่าย *N. commune* ที่ระดับ 0, 10, 20, 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 98 วัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยที่สูงที่สุดเท่ากับ 23.17±0.59 กรัม และมีความแตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ และปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย มีน้ำหนักเฉลี่ยรองลงมาคือ 21.08±0.36 กรัมต่อตัว ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 30 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 19.17±0.49 และ 19.08±0.53 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางที่ 9)



ภาพที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *N. commune* ที่ระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *N. Commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองมากที่สุด แต่ในช่วง วันที่ 14 ถึงวันที่ 70 ของการทดลอง กลุ่มของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *N. commune* 0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นเพราะมีระดับโปรตีนในอาหารที่มากกว่า (ตารางที่ 8)

ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ความยาวเฉลี่ยของปลาช่อนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด 15.01±0.42 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* ระดับอื่น ๆ (ตารางที่ 9)

อัตราการเจริญเติบโต(Growth rate)

อัตราการเจริญเติบโตของปลาช่อนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.22±0.005 กรัมต่อวัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ และพบว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.19±0.005 กรัมต่อวัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองที่ผสม *N. commune* 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองที่ผสม *N. commune* 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.20±0.003 และ 0.18±0.005 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.46±0.04 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ และพบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* 0, 20, 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.31±0.02, 2.26±0.04 และ 2.24±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jantrarotai et al. (1995) ได้ทดลองศึกษาระดับโปรตีนที่ระดับ 25, 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของปลาดุกลูกผสมที่ได้รับระดับโปรตีนที่ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่า SGR ไม่มีความแตกต่างกันในปลาที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 35 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตสูงสุดคือที่ระดับโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 เปอร์เซ็นต์ โดยแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของค่า SGR จะเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เหมาะสมเมื่อถึงระดับโปรตีนที่ต้องการ แต่หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงในระดับโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้น

อัตราการรอด

การลี้ยงปลาช่อนโดยให้อาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 0, 10, 20, 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 98 วัน พบว่าอัตราการรอดของปลาแต่ละกลุ่มชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือจะมีอัตราการรอดอยู่ที่ 74.44±1.11, 76.67±1.92, 76.67±5.09 และ 73.33±1.92 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ค่าอัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ SGR และน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม ***Nostoc commune***

	ปริมาณ ***Nostoc commune*** (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	0.20±0.003b	0.22±0.005c	0.19±0.005a	0.18±0.005a
SGR (เปอร์เซ็นต่อวัน)	2.31±0.02a	2.46±0.04b	2.26±0.04a	2.24±0.03a
น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัมต่อตัว)	21.08±0.36b	23.17±0.59c	19.08±0.53a	19.17±0.49a
ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เซนติเมตรต่อตัว)	13.28±0.50a	15.01±0.42b	12.87±0.50a	12.84±0.53a
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	74.44±1.11a	76.67±1.92a	76.67±5.09a	73.33±1.92a

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate, FCR)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาช่อน กลุ่มที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของ FCR ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 2.79±0.02 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มของปลาที่รับอาหารผสม *N. commune* 0, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.99±0.01, 3.13±0.09และ 3.07±0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) จากการทดลองของ Jantrarotai et al. (1995) ได้ทดลองศึกษาระดับโปรตีนที่ระดับ 25, 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาดุกลูกผสมพบว่า FCR ของปลาที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.14 และต่ำสุดที่ระดับโปรตีน 40เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 1.07 ซึ่งที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ที่มีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารสูงสุดโดยดูจากค่า FCR ต่ำสุด ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองของ วิมลและกิจจา (2535) ทดลองเลี้ยงลูกปลานิลแดงด้วยอาหารสำเร็จรูป 3 ชนิด ที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน คือ 1.48, 1.59 และ 1.46 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าโปรตีนในอาหารสูงขึ้นไม่ได้ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลานิลแดงดีกว่ากลุ่มที่มีโปรตีนต่ำกว่า

ตารางที่10 ค่าอัตราแลกเนื้อ FCR, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ FCE และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร PER ของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Nostoc commune*

	ปริมาณ *Nostoc commune* (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
FCR	2.99±0.01b	2.79±0.02a	3.13±0.09b	3.07±0.05b
FCE	33.39±0.84a	35.89±0.25b	31.94±0.51a	32.59±0.56a
PER	0.72±0.02a	0.82±0.01b	0.72±0.01a	0.72±0.01a

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency, FCE)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาช่อน กลุ่มที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของ FCE สูงที่สุดคือ 35.89±0.25 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มของปลาที่รับอาหารผสม *N. commune* 0,. 20, 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 33.39±0.84, 31.94±0.51 และ32.59±0.56 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein efficiency ratio, PER)

ประสิทธิภาพของโปรตีนในกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 0, 10 , 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลุ่มของปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของ PER สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.82±0.005 และยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มของปลาที่รับอาหารผสม *N. commune* 0, 20, 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.70±0.018, 0.72±0.019 และ 0.73±0.012 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาช่อน

ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาช่อนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยในกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่ผสม *N. commune* ที่ระดับ 30เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.51±0.33 ไมโครกรัมคาโรทีนอยด์ต่อกรัม และมีความแตกอย่างมีนัยสำคัญทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ และพบว่าในกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยเท่ากับ 0.81±0.13, 0.89±0.23 และ 1.30±0.15 ไมโครกรัมแคโรทีนอยด์ต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสม ***Nostoc commune***

	ปริมาณ ***Nostoc commune*** (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (μg/g)	0.81±0.13a	0.89±0.23a	1.30±0.15a	2.51±0.33b

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

N. commune จัดอยู่ในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จึงทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามระดับของปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารตามลำดับ เนื่องจากแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบในผักและผลไม้สีแดง ส้ม และเหลือง ยังพบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินด้วย (มะลิ, 2529) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของบานชื่น (2532) ซึ่งทดลองเลี้ยงปลาดุกด้วยอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด (*Spirulina sp.*) ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อศึกษาสีของเนื้อปลาดุกอุย พบว่าส่วนประกอบของอาหารที่มีส่วนผสมของสไปรูลินาตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะทำให้สีของเนื้อปลาดุกอุยเข้มขึ้นตามปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เลี้ยง

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาช่อน

เนื้อปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนและแคลเซียมสูงที่สุดคือ 73.89±0.06 และ 0.69±0.01 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) เนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารไม่ผสม *N. commune* มีไขมันสูงที่สุด 9.24±0.18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* 10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือ 1.02±0.00 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาช่อนที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *Nostoc commune* ในปริมาณที่แตกต่างกัน

N. commune ที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	แคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)
0	69.16±1.44a	9.24±0.18d	0.87±0.00a	0.39±0.00a	4.35±0.01a
10	71.99±0.93b	5.34±0.02a	1.02±0.00a	0.62±0.00b	5.27±0.00b
20	72.75±0.21b	6.94±0.05b	0.92±0.01a	0.63±0.00bc	5.01±0.01b
30	73.89±0.06b	8.00±0.07c	0.91±0.00a	0.69±0.01c	5.15±0.00b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

ปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ดีที่สุด ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาช่อนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ *N. commune* ที่ผสมในอาหาร อาหารที่ผสม *N. commune* 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อปลาช่อนมีปริมาณโปรตีนและแคลเซียมสูง ส่วนอาหารไม่ผสม *N. commune* จะทำให้มีไขมันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Boonme, S., Kaewroonkurn, S., Yongmanitchai, P. 1991. Cultivation of *Spirulina* sp. 5 in carbonated beverage industrial waste. Proceedings: Research Seminar and Workshop on Mass Culture of Microalgae, November 18-23, 1991. Faculty of Science, Silpakorn University, nakorn Pathom, Thailand, UNESCO, p. PT1-PT6.

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.

Gastafson, K.R., Sowder,R.C., Henderson, L.E., Cardellina, J.H., McMahon, J.B., Rajamani, U., Pannell, L.K. and Boyd, M.R. 1997. Isolation, Primary Sequence Determination, and Disulfide Bond Structure of Cyanovirin-N, and Anti-HIV (Human Immunodeficiency Virus) Protein from the Cyanobacterium *Nostoc ellipsossporum*. Biochemical and Biophysical research. 238:223-228.

Hemre, G.I., Ø. Karlsenb, A. Mangor-Jensenb and G. Rosenlundc. 2003. Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua*: comparison of sampling methods. Aquaculture. 225:225-232.

http://203.148.172.199/pricestat/report2.asp?mode=A&product=520

http://www.nies.go.jp/biology/mcc/images/PCD4211/0177L.jpg

Hung, A., Liu, Y.,Paulsen, B. S. andKlaveness, D. 1998. Studies on polysaccharide from three edible species of Nostoc(cyanobacteria) with different colony morphologies : comparison of monosaccharide composition and viscosities of polysaccharide from field colonies and suspension culture. J.Phycol. 34 : 962-968.

Jantrarotai,W., Sitasit, P. and Amonrat Sermwatanakul.1995. Quantifying dietary protein level for maximum growth and diet utilization of Hybrid *Clarias* Catfish *(Clarias macrocephalus* ×*C.gariepinus)*. Technical paper No.164. National Inland Fisheries Institute Bangkok, Thailand. 11 p.

Kajiyama, S., H. Kanzaki, K.Z. Kawazu and A. Kobayashi. 1998. Nostofungicidine, an Antifungal Lipopeptide from the Field-Grown Terrestrial Blue-green Algae *Nostoc Commune*. Tetrahedron Letters. 39 :3737-3740.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kirk R.G., Raymond C.S., Louis E.H., John H.C., James B. M., Umamaheswari R., Lewis K,P. and Michael R.B. 1997. Isolation, Primary sequence determination and disulfide bond structure of Cyanovirin-N, and Anti-HIV (Human Immunodefieiency Virus) Protein from the Cyanobacterium *Nostoc ellipsosporum*. Biochemical and Biophysical research 238(1997);223-228.

Kobayashi, A., S. Kajiyama, K. Inawaka, H. Kanzaki and K.Z. Kawazu. 1994. Naturforsch. 49c : 464-470. อ้างโดย Kajiyama, S., H. Kanzaki, K.Z. Kawazu and A. Kobayashi. 1998. Nostofungicidine, an Antifungal Lipopeptide from the Field-Grown Terrestrial Blue-green Algae *Nostoc Commune*. Tetrahedron Letters. 39 :3737-3740.

Latcha, T. 1990. Carotenoid in animal nutrition. F. Hoffmann-La Roche Ltd., Seitzerland, 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.

Mohsin A.K. and Ambak M.A. 1983. Freshwater fishes of Peninsular Malaysia. Serdang, Malaysia: Universiti Pertanian Malaysia.

Nandeesha, M.C., B. Gangadhara, J.K. Manissery 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 , alight-dark photoperiod, or darkness. Biochimica et Biophysica Acta 1277:141-149.

Reis A., Mendes A., Lobo-Fernandes H., Empis J.A. and Maggiolly N.J. 1998. Production, extraction and purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. Bioresource Technology. 66(1998):181-187.

Samantaray and K., S.S. Mohanty. 1997. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striate*. Aquaculture. 156:241-249.

Santillan, C. 1982. Mass production of *Spirulina*. Experientia 38: 40-43.

Svircev Z., Tamas I., Nenin P. and Drobac A. 1997. Co-cultivation of N-fixing cyanobacteria and some agriculturally important plants in liquid and sand cultures. Applied Soil Ecology 6(1997); 301-308.

Takenaka,H., Y. Yamaguchi, S. Sakaki, K. Watarai, N. Tanaka, M. Hori, H. seki, M.Tsuchida, A. Yamada, T.Nishmori and T. Morinaga. 1998. Safety evalution of Nostoc Flagelliforme (Nostocales, Cyanophyceae) as a potential food. Food and chemical Toxicology. 36 : 1073-1077.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tansakul, P. and antasilp, A. 1991. Cultivation of *Spirulina* sp. In effluent from natural rubber-procssing factory Proceedings: Research Seminar and workshop on Mass Culture of Microalgae,Novemer 18-23, 1991.

Tantichareon, M., Bunnag, B. and Vonshak, A. 1993. Cultivation of Spirulina using secondary treated starch wastewater. Australasina Biotechnology 3:223-226.

Tchernov A.A., Minkova K.M., Houbavenska N.B. and Kovacheva N.G. 1999. Purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. by aminohexyl-sepharose chromatography. Journal of Biotechnology 69(1999); 69-73.

Venkataraman, L.V. 1986. Blue-green algae as biofertilizer. Pp. 455-472. In : CRC Handbook of microalgal mass culture. Richmond, A. (ed.). CRC Press, Inc., Florida.

www.mahasarakham.go.th/basic45/menu37-5.html

www.nakhonsithammarat.go.th/parmong.php

www.oae.go.th/research/month.htm

www2.doae.go.th//www/work/web/kannlka/pate1.html

Zuraini, A., M.N. Somchit, M.H. Solihah, Y.M. Goh, A.K. Arifah, M.S. Zakaria, N. Somchit,M.A. Rajion, Z.A. Zakaria and A.M. Mat Jais. 2005. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. Fish. Food Chemistry. 97:674-678.

เจษฎา ทิพยะสุขศรี อุษา กลิ่นหอม มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์ และอาภารัตน์ มหาขันธ์. 2546. การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของสาหร่ายเห็ดลาบ (Nostoc commune). ใน รายงานการประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 1 หน้า 15.

เบญจวรรณ ชีวปรีชา. 2543. การศึกษาไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้งสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.

เพ็ญจันทร์ วงศ์ทวีสุข มรกต ตันติเจริญ อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล ศักรินทร์ ภูมิรัตน โสพส สุวรรณยืน บุษยา บุนนาค และนฤมล จียโชค. 2534. การใช้น้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในระดับอุตสาหกรรม วทท. 17, บทความที่ F-28, หน้า 716-717.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 หน้า.

ไม่มีชื่อผู้แต่ง. 2544. การเลี้ยงปลาช่อน. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.

กรมประมง. 2538. ปลาหมอ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 42 หน้า.

กรมประมง. 2544. การเลี้ยงปลาช่อน. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมวิทยาศาสตร์. 2542. โปรตีน. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 343 หน้า.

ครรชิต จุดประสงค์. 2545. สารพันคุณค่าจากเนื้อปลา. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

จารุวรรณ สมศิริ, มุกดา อุตรพงศ์. 2533. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง. รายงานการสัมนาวิชาการประจำปี 2533. กรมประมง, หน้า 253-256.

จีระพรรณ สุขศรีงาม . 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในของเสียจากอุตสาหกรรมพื้นบ้าน. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 165 หน้า.

จีระพรรณ สุขศรีงาม, สนอง จอมเกาะ และเสน่จิต กิตตินานนท์. 2540. แนวทางการเพิ่มผลผลิตสาหร่ายเกลียวทองที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน. รายงานการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 68 หน้า.

ชอบ ประพันธ์เนติวุฒิ. 2518. การเลี้ยงปลาช่อนที่ลงทุนน้อยแต่กำไรมาก. วารสารการประมง ปีที่ 28 เล่มที่ 1. หน้า 21-24.

ธวัชชัย สันติกุลที่มา หนังสือพิมพ์เทคโนโลยีชาวบ้านระบบการย่อยอาหารของปลา มกราคม 21, 2549.

นฤมล ศุภจรรยา บุษยา บุนนาค และ พิสมัย ภูวิสินสิทธิ์. 2528. การสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูไลนา) ในบ่อน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง วารสารวิจัยและพัฒนา สจ.ธ. 8(2): 20-32.

บานชื่น ชลสวัสดิ์. 2532. การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอุย. วิทยานิพนท์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น. 10-80.

พงษ์เทพ ฟองสมุทร์ และ อดิเรก เต็มกันทา. 2539. การศึกษาวิธีการกวนที่เหมาะสมในบ่อสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่ใช้น้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 44 หน้า.

พวงพร โชติไกร. 2537. จุลชีววิทยาของอาหารและนม . พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 344 น.

พิมพรรณ ตันสกุล และ อารักษ์ จันทศิลป์. 2531. การเพาะเลี้ยง *Spirulina* sp. ในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา วารสารสงขลานครินทร์ 10(2):149-155; เมษายน- มิถุนายน 2531.

มะลิ บุญยรัตผลิน นันทิยา อุ่นประเสริฐ .2529 . ผลของสารสีที่ได้จากแหล่งต่างๆต่อการเปลี่ยนสีและการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง .รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528.กรมประมง. น.38-51.

มะลิ บุณยรัตผลิน จารุรัตน์ วรรณโกวัฒน์ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์ และสุจินต์ บุญช่วย. 2537. ผลของแคนตาแซนตินและแอสตาแซนตินที่ระดับต่างๆต่อสีของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.กรุงเทพฯ. 11 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยุพินท์ วิวัฒนชัยเศรษฐ์. 2536. การเลี้ยงปลาช่อนที่สุพรรณบุรี.วารสารการประมง ปีที่ 46 ฉบับที่ 4. หน้า 315-319.

รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล . 2543 ความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดในแหล่งยูโทรฟิคและสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน วิทยานิพนธ์ปริญญาโทกรุงเทพฯ

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2539. คู่มือการเลี้ยงแพลงตอน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตร์ศาสตร์ 133 น.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย บูรพา. 253 หน้า.

ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 199น.

สมบัติ สิริพันธ์วราภรณ์. 2528. การทดลองเลี้ยงสไปรูไลน่า (*Spirulina*) โดยใช้ธาตุอาหารจำเป็น (trace element) จากนาเกลือ. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุขใจ โสมะฐิติ, นวลพรรณ ณ ระนอง. 2530. การผลิตและการใช้*สาหร่าย Spirulina pla*tensis เพื่อการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่ วทท. 13, บทความที่ B-127, หน้า 606-607.

สุขใจ ชูจันทร์, ปฏิมา ไทยเจริญ และสุรัตน์ วิบูลย์สุขสันต์. 2535. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งโรงงานวุ้นเส้น วทท. 18, บทความที่ B-012, หน้า 310-311.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ บุปผา จงพัฒน์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และ ปวีณา ทวีกิจการ. 2548. คุณค่าทางโภชนาการของไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* Vaucher ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 23(2):38-47.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ ปวีณา ทวีกิจการ และบุปผา จงพัฒน์.2549. รายงานการวิจัยประจำปี เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*) และสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*) ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนมเพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจ(งบประมาณแผ่นดิน 2548-2549). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 67 น.

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.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 น.

สุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวช. 2542. ปลาไทย.พิมพ์ครั้งที่ 2 ,กรุงเทพฯ:เอมซัพพลาย,2542

สุวิมล จิรอำไพรัตน์. 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน ปริญญานิพนธ์ กศ. ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยกแก้ว ยามาลี, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์, ไพลิน ผู้พัฒน์ และอรุณวรรณ บุญก่อสร้าง. 2534. การเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* จากน้ำทิ้งแหล่งชุมชนเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2531-2534. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 206-215.

อักษร ศรีเปล่ง. 2525. สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ

อาภารัตน์ มหาขันธ์, อุษา กลิ่นหอม, มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์, เจษฎา ทิพยะสุขศรี และ วัชรี กัลยาลัง. 2546. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*). ใน รายงานการประชุมวิชาการประจำปีโครงการ BRT ประจำปี 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้