

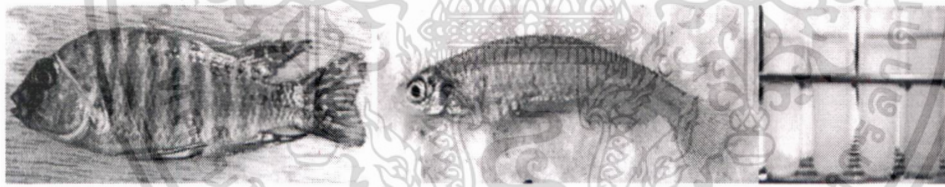
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดตลบ (*Nostoc commune*) และสาหร่ายสีปรุไ
น้ำ (*Spirulina platensis*) ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนมเพื่อใช้
เป็นอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจ

Cultivation of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*) and *Spirulina*
platensis in waste product from milk processing plant for the food
of ornamental fishes and economic fishes



โดย

ผศ. สุวีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

รศ. ศักดิชัย ชูโชติ

ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2549

RCH

SH

391

N6

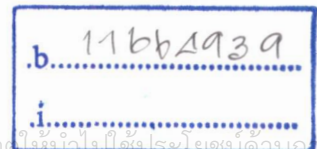
68215' 1

เลขหมู่.....

67391

เลขทะเบียน..... 29 พ.ศ. 2549

วัน,เดือน,ปี.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดถาบ (*Nostoc commune*) และสาหร่าย
สีไปรุไลน่า (*Spirulina platensis*) ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนม
เพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจ

Cultivation of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*) and *Spirulina*
platensis in waste product from milk processing plant for the food
of ornamental fishes and economic fishes

โดย

ผศ. สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์

รศ. ศักดิชัย ชูโชติ

ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2549

บทคัดย่องานวิจัย

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดคลาบ (*Nostoc commune*) และสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*) ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนมเพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามและปลา

เศรษฐกิจ

จากการใช้สาหร่าย *S. platensis* และ *N. commune* แห่ง ผสมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลาคูกบึกอูย (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) และปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) ในอัตราส่วน 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน พบว่าสาหร่ายไม่มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับปลาทั้งสองชนิด แต่มีแนวโน้มที่จะช่วยลดค่าอัตราแลกเนื้อ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนได้ ส่วนผลต่อการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันและเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาพบว่าในปลาคูกบึกอูยอาหารที่ผสมสาหร่ายสามารถเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันและแคโรทีนอยด์ในเนื้อได้ดี แต่ในปลานิลแดงจะเพิ่มได้เพียงเล็กน้อย *S. platensis* มีประสิทธิภาพในการเร่งสีปลาคูกบึกอูยได้ดี ขณะที่ *N. commune* จะให้ผลในการเร่งสีปลานิลแดงได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังได้ทดลองนำสาหร่ายดังกล่าว ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ไปผสมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลาหมอสี (*Pseudotropheus lombardoi*) เป็นเวลา 84 วัน พบว่าสาหร่ายไม่มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตของปลา แต่มีผลทำให้ค่าอัตราการแลกเนื้อดีขึ้นนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สาหร่ายในรูปแบบเซลล์สดจะทำให้สีของปลามีความสวยงามกว่าและมีความทนทานต่อเชื้อมากกว่าการใช้สาหร่ายแบบแห้ง

คำสำคัญ : สไปรูไลน่า, นออสตอค, ปลาคูกบึกอูย, ปลานิลแดง, ปลาหมอสี

Abstract

Cultivation of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*) and *Spirulina platensis* in waste product from milk processing plant for feeding of ornamental fishes and economic fishes

Diets containing of 0 (control), 5, 10, and 15% of dried *Spirulina platensis* and *N. commune* were used to feed hybrid catfish (*C.macrocephalus* × *C.gariepinus*) and red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) for 60 days. Growth rate of the fishes fed by diets containing algae was the same as those fed by the control diet, whereas feed conversion rate (FCR) tended to be lower and protein efficiency ratio (PER) was higher in the fishes fed by algae. Carotenoid in the muscle of the catfish fed by *S. platensis* was increased much better than those fed by *N. commune*. The opposite result was found with the red tilapia as a level of carotenoid was improved significantly when feeding by *N. commune*. In addition, fresh and dried algae were also used to feed Cichlid (*Pseudotropheus lombardoi*). No effect of both algae on growth rate was observed. However, the algae tended to decrease the FCR of the fishes. The immunity and skin color of the fishes were also improved, especially when using the fresh algae.

keywords : *Spirulina platensis*, *Nostoc commune*, hybrid catfish, red tilapia, cichlid

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดถลาบ (*Nostoc commune*) และสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*)
 ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนมเพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจ

**Cultivation of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*) and *Spirulina platensis* in waste
 product from milk processing plant for the food of ornamental fishes and economic
 fishes**

คำนำ

การผลิตสาหร่ายในปัจจุบันนอกจากเป็นอาหารเสริมสุขภาพแล้วยังนิยมใช้สาหร่ายผงเพื่อผสมในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารปลาสวยงามเพื่อเร่งสี ทั้งนี้เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นบนตัวปลาโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีของรงควัตถุหรือสารสี โดยเฉพาะที่เป็นสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ ความเข้มของสีที่ปรากฏบนผิวของปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณคาโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นด้วย โดยในกลุ่มที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์ นิยมใช้ astaxanthin เต็มลงในอาหารเพื่อที่จะทำให้สัตว์น้ำมีสีสันสวยงามและขายได้ในราคาสูง และมีการใช้สาหร่ายที่มี phycocyanin เป็นส่วนผสมของอาหารของสัตว์น้ำ เพราะ phycocyanin มีความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงการนำสาหร่ายไปผลิตเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาสวยงามและสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกัน และปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา ของปลาดุกบึกอูยและปลานิลแดงโดยเลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina* และ *Nostoc* ในอัตราส่วนต่าง ๆ
2. ศึกษาแนวทางในการเร่งสีปลาสวยงาม (ปลาหมอสี) ด้วยการเลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina* และ *Nostoc* ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ตรวจเอกสาร

แหล่งอาหารโปรตีนที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันคือแหล่งโปรตีนจากพืช โดยเฉพาะจากสาหร่ายทั้งสาหร่ายทะเลและสาหร่ายน้ำจืด แต่เนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำจืดมากกว่าทะเลสาหร่ายน้ำจืดจึงมีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ที่ประชาชนจะสามารถผลิตเพื่อบริโภคได้เองในครัวเรือนมากกว่า ข้อได้เปรียบของสาหร่ายคือเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยกว่าพืชขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาสั้น และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง เช่นสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina*) ซึ่งเป็นที่ยอมรับและรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก สาหร่ายชนิดใหม่ที่มีมานานในประเทศไทยแต่เพิ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากคือสาหร่ายเห็ดคลาบ หรือ ไช่หิน (*Nostoc commune*) (กาญจนภาชน์, 2527; อภารัตน์, 2546) สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นสาหร่ายที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหาร

Nostoc เป็นสาหร่ายที่มีทั้งโทมและประโยชน์ต่อมนุษย์ โดย *Nostoc* บางชนิดสามารถสร้างผลเสียคือทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในน้ำดื่ม ทำลายพืชน้ำในบึง ทำลายสีผืนดึก ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นมีทั้งการสกัดสารต่างๆ จากเซลล์นำมาใช้ประโยชน์ หรือบางชนิดนำมาใช้ประโยชน์โดยเป็นอาหาร (Takenaka *et al.*, 1998) การศึกษาในต่างประเทศพบว่ามีการใช้สาหร่ายสกุล *Nostoc* นี้เป็นอาหารเช่นเดียวกัน โดยพบมากที่ประเทศจีน โดยรู้จักกันในนามของ Facai หรือ Black moss และได้มีรายงานของนักวิจัยชาวญี่ปุ่นระบุว่าสาหร่ายชนิดนี้เป็นที่นิยมบริโภคมากในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่เป็นชนิดที่ต่างจากของประเทศไทยคือเป็นชนิด *Nostoc flagelliforme* ซึ่งชนิดนี้ประกอบด้วย โปรตีน 21.4 % ไขมัน 0.5 % คาร์โบไฮเดรต 56.8 % ไฟเบอร์ 1.9 % และ เกล็ด 4.4 % ซึ่งได้มีการทดสอบความปลอดภัยในการบริโภคไว้แล้วเช่นกัน (Takenaka *et al.*, 1998)

Nostoc สามารถสร้างรงควัตถุพวก 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 ellipsosporum* มีคุณสมบัติเป็น anti-HIV protein (Gustafson *et al.*, 1997; Kirk *et al.*, 1997) *Nostoc* จึงเป็นสาหร่ายที่ได้รับความสนใจในทางการค้าเป็นอย่างมาก (Reis *et al.*, 1998)

phycobiliprotein เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง (phycoerythrin) และสีน้ำเงิน (phycocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุพิเศษที่พบในสาหร่ายเพียงบางกลุ่มเท่านั้น และสารสีเหล่านี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์อย่างกว้างขวางจึงทำให้เป็นสารสีที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการผลิตขึ้นเพื่อการค้า แต่ประสบปัญหาคือการเลี้ยง *Nostoc* ในห้องปฏิบัติการนั้นได้ผลผลิต

ปริมาณน้อย และใช้ต้นทุนสูง ดังนั้นหากสามารถเลี้ยง *Nostoc* ให้เพิ่มจำนวนมากได้กลางแจ้ง ภายนอกห้องปฏิบัติการ (out door) จะได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ายิ่งขึ้น (Reis *et al.*, 1998)

ส่วนการเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* เพื่อเป็นอาหารมนุษย์ซึ่งต้องมีความสะอาดนั้นประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีในไทย ดังที่พบได้ว่าการตั้งโรงงานการเพาะเลี้ยงมากหลายแห่งแต่ผลผลิตยังคงมีราคาค่อนข้างสูง ส่วนการผลิตสาหร่าย *Spirulina* เพื่อเป็นอาหารสัตว์นั้นนิยมผลิตด้วยวิธีที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำเช่น เลี้ยงในแหล่งน้ำที่ประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำเสียจากการผลิตกระดาษ (พงษ์เทพ และอดิเรก, 2539) น้ำทิ้งโรงงานยางพารา โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานวันเส้น โรงงานฆ่าไก่ โรงงานขนมจีน โรงงานผลิตเส้นหมี่ก้วยเตี่ยว โรงงานน้ำอัดลม บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตนมถั่วเหลือง โดย *Spirulina* นอกจากเป็นอาหารมนุษย์แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสีให้สวยงาม เร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มอัตราการรอดได้อีกด้วย เนื่องจากมีสารสีพวก carotenoid และ phycocyanin เป็นองค์ประกอบอยู่

รงควัตถุที่พบในสาหร่าย

คลอโรฟิลล์ : คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียว ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสง คลอโรฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ , บี, ซี, ดี และอี แต่คลอโรฟิลล์ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นคลอโรฟิลล์ชนิด เอ เท่านั้น (Lips and Avissar, 1986) คลอโรฟิลล์ เอ จัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นต้น สามารถดูดแสงและสังเคราะห์แสงได้ ส่วนคลอโรฟิลล์ชนิดอื่นๆจัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นสอง (รงควัตถุประกอบ) ซึ่งทำหน้าที่ดูดพลังงานรังสีจากแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในสาหร่ายโดยทั่วไปปกติมีประมาณ 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง และสามารถเพิ่มสูงได้ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ ในสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในที่มีแสงอ่อนๆ (กาญจนภานันท์, 2527) คลอโรฟิลล์ เอ เป็นดัชนีอย่างหนึ่งในการแสดงมวลสาหร่าย โดยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณมวลสาหร่าย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะผันแปรได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มแสง ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร อายุเซลล์สาหร่าย และปัจจัยทางฟิสิกส์อื่นๆ (Koopman *et al.*, 1980)

phycobiliprotein : phycobiliprotein เป็นสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วยรงควัตถุอยู่ร่วมกับโปรตีน ในเซลล์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ประกอบด้วย c- phycocyanin เป็นรงควัตถุประกอบสีน้ำเงิน ซึ่งจัดอยู่ในพวกรงควัตถุประกอบ ประเภท phycobilin รงควัตถุประกอบประเภทนี้แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีกคือ c-allophycocyanin และ c-phycoerythrin phycobilin มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง ละลายได้ดีในน้ำ (สัมพันธ์, 2529) phycobilin แต่ละชนิดจะอยู่ร่วมกับโปรตีนอย่างใกล้ชิดมาก (Humm and Wicks, 1980) กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเรียกว่า phycobiliprotein ในสาหร่ายสไปรูลินา c- phycocyanin จะอยู่ร่วมกับ

phycobiliprotein ชนิดอื่นๆ (ที่สำคัญคือ c-allophycocyanin) กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น เรียกว่า phycobilisomes (Herrera *et al.*, 1989) ซึ่งจะเกาะอยู่ผิวด้านนอกของ thylakoid ภายใน thylakoid มีคลอโรฟิลล์ เอบรจอยู่ phycobilisomes ทำหน้าที่รับพลังงานรังสีจากแสง แล้วส่งให้แก่คลอโรฟิลล์ เอ (Bogorad, 1975 อ้างโดย Boussiba and Richmond, 1980) phycocyanin ยังเป็นแหล่งสะสมไนโตรเจนซึ่งจะให้ธาตุไนโตรเจนแก่เซลล์สาหร่ายในยามที่ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจน (Kaplan *et al.*, 1986)

astaxanthin : astaxanthin (3,3'-dihydroxy- β,β -carotene-4,4'-dione) เป็นรงควัตถุที่อยู่ในกลุ่ม carotenoid เป็นพวก ketocarotenoid หรือ secondary carotenoid ชนิดหนึ่งโดยที่ carotenoid แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ carotene ตัวที่สำคัญและเป็นที่ยึดคือ beta carotene และประเภทที่ 2 คือ xanthophyll โดยที่ astaxanthin จัดอยู่ในกลุ่มนี้ เกิดจากการออกซิไดซ์ β -carotene ไปเป็น echinenone และ canthaxanthin หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น astaxanthin ตามลำดับ (Donkin, 1976)

ประโยชน์ของรงควัตถุ

ใช้ผสมในอาหารสัตว์เช่นนิยมใช้ astaxanthin เติมลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อทำให้สัตว์น้ำมีสีส้มสวยงามและขายได้ในราคาสูง (Johnson and Schroeder, 1995) สำหรับอุตสาหกรรมสัตว์ปีกได้มีการใช้ astaxanthin ผสมในอาหารพบว่าสามารถทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองมากขึ้น (Marusich and Bauernfeind, 1989) และ มีการใช้ phycocyanin ซึ่งมีโปรตีนสูงเป็นอาหารของสัตว์น้ำ (Herrera *et al.*, 1989) ซึ่ง phycocyanin สามารถนำมาใช้ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของ ลูกกุ้งได้ด้วย

การใช้ผสมในอาหารมนุษย์เช่นได้มีการใช้ astaxanthin ทาที่ผิวของบู๊ตทำให้บู๊ตมีสีแดงน่ารับประทาน และนำ phycocyanin มาใช้เป็นสีผสมอาหารในไอศกรีม และในเครื่องสำอางค์ และที่ประเทศเม็กซิโกได้มีการใช้คลอโรฟิลล์เติมลงในนมในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับให้เด็กทารกและเด็กขาดสารอาหารคิม (เจียมจิตต์, 2535)

ใช้ในทางการแพทย์ มีการค้นพบว่า astaxanthin จากสาหร่าย มีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant ที่สูงมาก (Kobayashi and Sakamoto, 1999) มีสมบัติเป็น strong antioxidant ที่สูงกว่า carotenoid ประเภทอื่นๆ (Terao, 1989) ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอกได้ เนื่องจากการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอกนั้นมีอนุมูลอิสระเป็นจุดเริ่มต้นและส่งเสริมการเกิดมะเร็ง ดังนั้นการที่ astaxanthin มีสมบัติเป็น antioxidant สูง จึงมีส่วนช่วยกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี (Palozza and Krinsky, 1992) และมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของ คลอโรฟิลล์ ที่ใช้กระตุ้นการทำงานของตับให้ดียิ่งขึ้น ส่งเสริมการงอกใหม่ของเซลล์ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ยังช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น เพราะคลอโรฟิลล์จะช่วยกระตุ้นการบีบรัดตัวของลำไส้ มีการนำ phycocyanin มาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีว

เป็นตัวสีบดคันทางชีวเคมีในเรื่องการตรวจสอบภูมิกุ่มกันโรค และการวัดเซลล์ (Herrera *et al*, 1989) phycocyanin ที่มีความบริสุทธิ์สูง มีคุณสมบัติเป็นสารเรืองแสง ใช้เป็นสารติดตามในการวิเคราะห์ทางภูมิกุ่มกันวิทยา ทางด้านเนื้อเยื่อและจุลทรรศน์วิทยาโดยใช้ phycocyanin ในปริมาณต่ำ (ไม่เกิน 100 ไมโครกรัม โปรตีนต่อมิลลิกรัม) (Herrera *et al*, 1989)

การผลิตสาหร่ายในปัจจุบันนอกจากเป็นอาหารเสริมสุขภาพแล้วยังนิยมใช้สาหร่ายผงเพื่อผสมในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารปลาสวยงามเพื่อเร่งสี ทั้งนี้เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นบนตัวปลาโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีของรงควัตถุหรือสารสีโดยเฉพาะที่เป็นสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ ความเข้มของสีที่ปรากฏบนผิวของปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณคาโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายยังทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นด้วย สำหรับสัตว์น้ำที่กำลังได้รับความนิยมและสร้างรายได้ได้เป็นอย่างดีคือ ปลาดุก ปลานิลแดง ซึ่งเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงเพื่อขายในประเทศและส่งออก ส่วนปลาหมอสีเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงเป็นปลาคู่ตามบ้านเรือนทั่วไป

โดยปลาดุกถูกผสมหรือปลาดุกบิกอูย (*C. macrocephalus* × *C. gariepinus*) เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง แม่ปลาดุกอูย (*C. macrocephalus*) และพ่อปลาดุกแอฟริกัน (*C. gariepinus*) (วิมล, 2538) โดยปลาดุกบิกอูยสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ทนต่อโรค ลักษณะเนื้อคล้ายปลาดุกอูย ในปัจจุบันปลาดุกบิกอูย เป็นที่นิยมเลี้ยงของเกษตรกร เนื่องจากเลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมได้ดีและเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชน เนื่องจากมีรสชาติดีและราคาถูก

ปลาดุกบิกอูยจะมีการเคลื่อนไหวที่ปราดเปรียวและว่องไว (เจ็ดฉันทน์ และคณะ, 2538) กินอาหารได้ทั้งสัตว์และพืช (อารีย์ และประสิทธิ์, 2502) รวมทั้งแมลง แต่ส่วนใหญ่เป็นสัตว์โดยเฉพาะที่ตายและเน่าเปื่อยแล้ว (พิทยา, 2511) ซึ่งถ้าต้องการให้เจริญเติบโตเร็วต้องให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ ซึ่งอาหารพวกเนื้อได้แก่ เศษเนื้อ เครื่องในสัตว์และเลือดสัตว์ซึ่งเป็นอาหารแรชาตุของปลาดุกบิกอูย ปลาดุกบิกอูยมักมีนิสัยชอบหาอาหารกินเรื่อยไปตามพื้นผิวน้ำดิน ปลาดุกบิกอูยจะสามารถสูบกินอาหารได้ทั้งบนผิวน้ำและตามพื้นดินที่ร่วงหล่นลงไปก้นบ่อ (ประมงไทย, 2518)

ปลานิลสีแดง (*Tilapia niloticus* Linn.) เป็นปลาเศรษฐกิจชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเนื่องจากเป็นปลาที่มีสีส้มสวยงาม รสชาติดี เนื้อปลาที่สุกจะมีสีขาวนุ่ม แยกเป็นชิ้นเล็กๆ ได้ดี นิยมบริโภคทั้งในสหรัฐอเมริกา และในประเทศญี่ปุ่น โดยนิยมเนื้อปลานิลสีแดงมาทำเป็นปลาคิบ ราคาซื้อขายก็โลกรัมละ 1500 เยน ดังนั้นปลานิลสีแดงจึงมีแนวโน้มที่เกษตรกรต้องการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ แต่มีปัญหาที่พบบ่อยคือปลามีผลผลิตและการเจริญเติบโตต่ำ เป็นโรคง่าย คุณภาพสีปลายังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจของตลาดมากนัก จึงได้มีการทดลองนำวิทยาการต่างๆ มาใช้

ปรับปรุงการเพาะเลี้ยงปลานิลสีแดง เพื่อให้ปลามีผลผลิต การเจริญเติบโต ความต้านทานโรคที่สูงขึ้นและมีคุณภาพปลาเป็นที่ต้องการของตลาด

ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยในปัจจุบันเป็นลูกผสมระหว่างปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) ปลานิลสีแดงเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหารเช่นเดียวกับปลานิลธรรมชาติ แต่ค่อนข้างจะชอบกินสัตว์มากกว่า มีนิสัยค่อนข้างก้าวร้าว กินปลาอื่นที่มีขนาดเล็กกว่า กินสาหร่าย แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ และของเน่าเปื่อยต่างๆ (มานพและคณะ, 2530) ปลานิลส่วนใหญ่ที่เลี้ยงเป็นปลาที่กินอาหารตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนตก ในตอนกลางวันปลาจะหยุดกินอาหาร แต่การย่อยอาหารยังคงดำเนินต่อไป ปลานิลกินอาหารได้ทั้งบนผิวน้ำ กลางน้ำและก้นบ่อ ด้วยลักษณะนี้เองปลานิลจึงสามารถกินอาหารจำพวกพืช แพลงก์ตอนและอินทรีย์สารก้นบ่อได้ นอกจากนี้ยังสามารถย่อยโปรตีนจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนในบ่อได้สูงถึง 68% และ 65% ตามลำดับ (มานพและคณะ, 2536)

ปลาหมอสี (*Pseudotropheus lombardoi*) ชื่อสามัญ : lombardoi เป็นปลาน้ำจืด จัดอยู่ในตระกูล CICHLIDS มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา ทวีปแอฟริกา อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ มีรูปร่างลักษณะคล้ายปลาหมอไทย และปลานิล ลักษณะที่โดดเด่นก็คือ สีส้มและลวดลายหลากสี สดใสสวยงาม และแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ซึ่งปลาหมอสีมีมากมายหลายพันธุ์แต่สามารถแบ่งลักษณะของปลาหมอสีตามแหล่งกำเนิดได้ ปลาหมอสีที่มีถิ่นกำเนิดจากทะเลสาบมาลาวี ทะเลสาบวิกตอเรียและทะเลสาบแทนแกนยิกา ในทวีปแอฟริกามีหลายพันธุ์และมีความสวยงามมากจึงมีผู้นิยมนำมาเลี้ยงเป็นปลาตู้สวยงามเป็นจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศ ปลาหมอสีเป็นปลาที่มีอุปนิสัยหวงแหนที่อยู่ จึงเป็นปลาที่ค่อนข้างดุและมักจะทำร้ายปลาอื่น ๆ ที่เข้ามาในบริเวณที่อยู่ของมันเสมอ ปลาหมอสีเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ อาหารของมันได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ตัวอ่อนของแมลงน้ำ และ สัตว์น้ำขนาดเล็กอื่น ๆ ในประเทศไทยก็สามารถเพาะเลี้ยงปลาหมอสีได้เป็นอย่างดี และมีคุณภาพตามตลาดต่างประเทศต้องการ

ผลผลิตปลาน้ำจืดของประเทศไทยในแต่ละปีที่สามารถส่งไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศได้ หนึ่งในนั้นได้แก่ ปลาตู้ ปลานิลสีแดง ที่มีจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งนิยมจำหน่ายในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ (ศักดิ์ชัย, 2536) จึงได้มีการหาแนวทางในการเพิ่มอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต และสีส้มที่สวยงามของเนื้อปลา เพื่อเพิ่มคุณภาพและราคาจำหน่ายให้สูงขึ้น โดยได้มีการหาแนวทางในการผสมรังควัดดูต่าง ๆ ลงในอาหารปลา ซึ่งวิธีหนึ่งคือการผสมสาหร่ายลงในอาหารปลา โดยสาหร่ายที่ได้รับความนิยมคือสาหร่ายที่มีรงควัตถุในเซลล์สูง

อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสารเคมี
2. เครื่องอบสารเคมี
3. อุปกรณ์ขวดและโหลแก้วสำหรับเลี้ยงสาหร่าย
4. เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ
5. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
6. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
7. ชุดกรองสูญญากาศ
8. กระชังเลี้ยงปลา ตู้กระจกเลี้ยงปลา
9. ลูกปลาดุกบิกอูย ปลานิลแดง ปลาหมอสี

วิธีการ

1. ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* และ *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาดุกบิกอูย และ ปลานิลแดง

ปลาดุกบิกอูย จำนวน 120 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 2 ± 0.5 กรัม ความยาวเฉลี่ย 6.08 ± 0.58 เซนติเมตร นำมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด $95 \times 95 \times 85$ เซนติเมตร จำนวน 4 บ่อๆละ 30 ตัว โดยทำการสูบลมปลาที่ใส่ลงในแต่ละบ่อ ระดับน้ำสูง 30 เซนติเมตร และให้อากาศตลอดเวลา มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดบ่อทุก 2 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำออก $\frac{1}{2}$ แล้วเติมน้ำใหม่เข้าไปในช่วงเช้าของทุก 2 วัน

ปลานิลสีแดง จำนวน 120 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.16 ± 0.03 กรัม ความยาวเฉลี่ย 3.79 ± 0.04 เซนติเมตร นำมาเลี้ยงในกระชังขนาด $80 \times 105 \times 80$ เซนติเมตร กระชังละ 30 ตัว โดยทำการสูบลมปลาที่ใส่ลงในแต่ละบ่อ ระดับน้ำสูง 65 เซนติเมตร และให้อากาศตลอดเวลา มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดบ่อทุก 2 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำออก $\frac{1}{2}$ แล้วเติมน้ำใหม่เข้าไปในช่วงเช้าของทุก 2 วัน

อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุกอูยและปลานิลแดง เป็นอาหารปลาดุกอูยขนาดเล็ก (7911, ของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด(มหาชน) มีส่วนประกอบคือ ปลาป่น,กากถั่วเหลือง, รำละเอียด, กากมะพร้าวอัด, ถั่วเหลืองนึ่ง, ข้าวโพด, ปลาขี้ขาว, วิตามินและเกลือแร่) คุณค่าทางโภชนาการ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์

2. ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* และ *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอสี

ปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* จำนวน 120 ตัว เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว จำนวน 4 ตู้ ตู้ละ 30 ตัว จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละตู้ โดย และผสมสาหร่าย 0%, 5%, 10%, 15% ในอาหาร ให้ระบบอากาศในตู้ปลาทุกตู้ ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80%-90% ทุกๆ 3 วัน ชั่งน้ำหนัก ทุกๆ 14 วันตลอดการทดลอง (เป็นเวลา 83 วัน)

การวิเคราะห์สีปลา นำปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* ในแต่ละกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ให้กินอาหารผสมสาหร่าย 5%, 10%, 15% และอาหารธรรมชาติ สุ่มมากลุ่มละ 5 ตัว ใส่ในบีกเกอร์ใส วางเรียงสลับกัน จากนั้นจึงทำแบบสอบถามการให้คะแนนสีของปลาจำนวน 30 คน โดยให้เทียบเคียงกันระหว่างกลุ่ม แล้วจึงนำคะแนนเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบภูมิคุ้มกัน นำเชื้อ *Aeromonas hydrophila* เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Broth (NB) นำมาทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเชื้อออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และล้างอาหารออกให้หมดด้วยน้ำเกลือ 0.85 % 2-3 ครั้ง จึงนำเชื้อที่ได้มาวัดค่า Optical density (O.D.) ที่ 540 นาโนเมตร เพื่อให้มีจำนวนเชื้อเท่ากับที่ต้องการ จากนั้นจึงนำปลาหมอสีในแต่ละกลุ่มการทดลอง (กลุ่มที่ให้กินอาหารผสมสาหร่าย 5%, 10%, 15% และอาหารธรรมชาติ) สุ่มมากลุ่มละ 5 ตัว ทำการดึงเกล็ดในตำแหน่งเดียวกันทุกตัวมาแช่ลงในเชื้อเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงนำออกมาเลี้ยงตามปกติเป็นเวลา 7-10 วัน โดยระหว่างนี้ยังให้อาหารผสมสาหร่ายในแต่ละกลุ่มตามปกติ และสังเกต และจดบันทึกอาการรวมทั้งอัตราการรอดของปลาในแต่ละกลุ่มทดลอง

วิธีการให้อาหาร

บ่อที่ 1 เป็นบ่อควบคุมที่ให้อาหารเม็ดอย่างเดียว

บ่อที่ 2 เป็นบ่อที่ให้อาหารเม็ดผสมกับสาหร่าย 5%

บ่อที่ 3 เป็นบ่อที่ให้อาหารเม็ดผสมกับสาหร่าย 10%

บ่อที่ 4 เป็นบ่อที่ให้อาหารเม็ดผสมกับสาหร่าย 15%

วิธีการให้อาหารจะให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลาที่ 9.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยจะให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัวปลาและค่อยๆปรับให้เพิ่มขึ้น โดยจะสังเกตการกินอาหารที่จะให้กินจนกว่าปลาจะอิ่ม ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งก่อนให้อาหารจะชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ เมื่อปลา กินอิ่มเต็มที่แล้วจึงตรวจเช็คอาหารที่ปลากินเหลือ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ผลการทดลอง

1. ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* และ *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาอุกบึกอูย และ ปลานิลแดง

1.1 ผลของการใช้สาหร่าย *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาอุกบึกอูย

การทดลองเลี้ยงปลาอุกบึกอูยด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสาหร่าย *S. platensis* แห่ง ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาอุกบึกอูยที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดคือ 19.01 ± 1.34 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ ปลาอุกบึกอูยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวสูงใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม สำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) พบสูงที่สุดในปลาอุกบึกอูยที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 1)

ปลาอุกบึกอูยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่ำที่สุดคือ 0.93 และมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) สูงสุดคือ 121.07 ส่วนค่าประสิทธิภาพของโปรตีน (PER) และค่าประโยชน์สุทธิของโปรตีน (NPR) พบสูงสุดในชุดควบคุม

ที่เริ่มต้นการทดลองเนื้อปลามีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 70.29-71.55 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อปลามีโปรตีนประมาณร้อยละ 71.8-72.3 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น โดยปลาอุกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ มีแคโรทีนอยด์ในเนื้อ 1.12 ± 0.27 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง สำหรับระดับภูมิคุ้มกันต้านทานในโรคปลาไม้นวมที่เพิ่มขึ้นเมื่อปลาได้รับสาหร่ายผสมในอาหาร

1.2 ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาอุกบึกอูย

ปลาอุกบึกอูยที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสม *N. commune* ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน พบว่าที่สิ้นสุดการทดลอง ปลาอุกบึกอูยในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักและความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในชุดควบคุมมีน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 14.80 ± 1.72 กรัม และ 10.74 ± 0.40 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าปลาอุกบึกอูยที่เลี้ยงในทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตและค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าอัตราการเจริญเติบโตพบสูงที่สุดในชุดควบคุมคือ 2.22 ± 0.03 กรัมต่อวัน ส่วนค่า SGR

พบสูงสุดในชุดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ คือ 3.52 ± 0.39 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ตารางที่ 2)

ปลาคุกกี้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่า FCR ต่ำที่สุดคือ 0.99 มีค่า FCE และ PER สูงสุดคือ 94.63 และ 2.90 ตามลำดับ ส่วนค่า NPR พบสูงสุดในชุดอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเริ่มทดลองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 71.27 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าโปรตีนในเนื้อปลาอยู่ในช่วงร้อยละ 81.08-90.82 ของน้ำหนักแห้ง โดยปลาคุกกี้ที่ได้รับอาหารผสม สาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลามีโปรตีนในเนื้อสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

ปลาคุกกี้ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มที่จะทำให้มีภูมิคุ้มกันสูงที่สุด ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อพบว่าปลาคุกกี้ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อสูงที่สุดคือ 0.46 ± 0.06 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง

1.3 ผลของการใช้สาหร่าย *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลานิลแดง

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* แห่ง ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน ผลพบว่าที่สิ้นสุดการทดลอง ปลานิลแดงมีน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโต และค่า SGR ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยปลานิลแดงในชุดควบคุมมีน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยสูงสุดคือ 12.91 ± 1.5 กรัม และ 9.32 ± 0.39 เซนติเมตร ส่วนปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่า SGR สูงสุดคือ 3.75 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ตารางที่ 3)

ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่า FCR ต่ำที่สุดคือ 1.10 และค่า FCE สูงสุดคือ 93.56 ปลานิลแดงในชุดควบคุมมีค่า PER และ NPR สูงสุดคือ 2.23 และ 2.34 โดยโปรตีนในเนื้อปลานิลแดงที่เริ่มการทดลองอยู่ที่ 59.15-89.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองปลามีโปรตีนอยู่ที่ 62.21-92.84 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ระดับภูมิคุ้มกันในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ พบมากที่สุดในปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา 1.72 ± 0.44 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมและชุดที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์

1.4 ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลานิลแดง

ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* แห่งที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน พบว่าที่สิ้นสุดการทดลอง ปลานิลแดงในทุกชุดการทดลองมีค่า น้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโต และ SGR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักมากที่สุด 12.91 ± 1.15 กรัม และมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดคือ 0.20 ± 0.02 กรัมต่อวัน ส่วนค่า SGR พบสูงที่สุดในปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ คือ 3.96 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ตารางที่ 4)

ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่า FCR ต่ำที่สุดคือ 0.98 มีค่า FCE สูงที่สุดคือ 125.15 มีค่า NPR สูงสุดคือ 4.49 ส่วน PER พบสูงที่สุดในปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบปริมาณโปรตีนสูงที่สุดในปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ คือร้อยละ 64.68 ± 0.30 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนระดับภูมิคุ้มกันของปลาในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่ต่างกันมากนัก ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสูง 1.97-1.98 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

2. ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* และ *S. platensis* ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอสี

2.1 ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* สด ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอสี

การเลี้ยงปลาหมอสีด้วยอาหารผสมสาหร่าย *N. commune* สด ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 83 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาหมอสีในทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนัก ความยาว และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีน้ำหนัก ความยาวและค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดคือ 2.59 ± 0.21 กรัม, 5.58 ± 0.17 เซนติเมตร และ 2.27 ± 0.18 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ รวมทั้งมีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงที่สุดคือ 0.80 กรัมต่อวัน (ตารางที่ 5)

และพบว่าปลาหมอสีที่ได้รับสาหร่ายผสมในอาหารจะมีแนวโน้มทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และระดับภูมิคุ้มกันดีขึ้นกว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารธรรมดา (ตารางที่ 8) และพบว่า การให้คะแนนความสวยงามหรือความเข้มสีของปลาหมอสีพบว่า ในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกชุดมีคะแนนสูงกว่าชุดควบคุม โดยสาหร่ายที่ผสมในอาหารมากขึ้น จะทำให้ปลามีความเข้มสีมากขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม

2.2 ผลของการใช้สาหร่าย *N. commune* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอสี

การใช้สาหร่าย *N. commune* อบแห้งผสมในอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงปลาหมอสีเป็นเวลา 83 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก และความยาวสูงสุดคือ 3.32 ± 0.29 กรัม และ 5.99 ± 0.19 เซนติเมตร (ตารางที่ 6) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงสุด และมีค่า FCR ต่ำสุดคือ 0.92 กรัมต่อวัน, 1.15 และ 1.97 ตามลำดับ และปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายมีแนวโน้มว่าจะมีความทนต่อเชื้อ *A. hydrophila* ได้นานขึ้นมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารปกติ (ตารางที่ 9) สำหรับสีของปลาหมอสีที่ได้รับสาหร่ายพบว่าในทุกชุดที่ได้รับสาหร่ายเป็นอาหารมีค่าคะแนนของสีสูงกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีมากที่สุด

2.3 ผลของการใช้สาหร่าย *S. platensis* สดในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอสี

การใช้ *S. platensis* สด ผสมในอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลาหมอสีเป็นเวลา 83 วัน ที่สิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาหมอสีในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนัก ความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยปลาในชุดควบคุมมีน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยสูงสุดคือ 2.26 ± 0.13 กรัม และ 5.25 ± 0.12 เซนติเมตร ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารสูงสุด และค่าอัตราการแลกเนื้อต่ำสุดคือ 2.34 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน, 45.78, 115.58 และ 2.18 ตามลำดับ

สำหรับค่าคะแนนความสวยงาม ซัดเงินของปลาหมอสี จะสูงที่สุดในชุดที่ได้รับสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าในชุดการทดลองที่ได้รับสาหร่ายทุกชุดจะมีสีของปลาสวยกว่าชุดควบคุมและการทดสอบความทนทานต่อเชื้อ *A. hydrophila* พบว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้มีความทนทานต่อเชื้อเพิ่มขึ้น และเพิ่มมากกว่าชุดที่ไม่ได้รับสาหร่ายอย่างชัดเจน (ตารางที่ 10)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปลาคุกกี้ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* ที่ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และปริมาณโปรตีนในเนื้อ แตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเม็ดปกติ แต่สาหร่ายมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันในปลาคุกกี้ที่ได้รับ และสาหร่ายที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

การผสมสาหร่าย *N. commune* แห่ง ที่ระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาอุกบึกอุย พบว่าไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโต ความยาว หรือน้ำหนักระหว่างชุดควบคุม กับชุดที่ได้รับสาหร่าย แต่มีแนวโน้มว่าสาหร่าย *N. commune* จะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ระดับ ภูมิภาคัมกันให้กับปลาได้ และ *N. commune* นั้นสามารถเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาอุกบึกอุย ได้อย่างชัดเจน โดยสาหร่ายที่มากขึ้นจะทำให้สีเนื้อปลามีสีเหลืองเข้มมากขึ้น

สาหร่าย *S. platensis* แห่ง ที่ระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้ปลานิลแดงมีอัตราการเจริญเติบโต ภูมิภาคัมกัน และปริมาณโปรตีนในเนื้อแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม แต่มีผลทำให้ค่า FCR มีแนวโน้มที่จะลดลง และค่า FCE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปลาได้รับอาหารผสมสาหร่าย แต่สาหร่ายมีผลที่เด่นชัดต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดง โดยที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ จะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสูงที่สุด

การผสมสาหร่าย *N. commune* ในอาหารที่ระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเลี้ยงปลานิลแดง นั้น ไม่มีผลทำให้น้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตและระดับภูมิภาคัมกันของปลานิลแดงต่าง จากชุดที่ไม่ได้รับสาหร่าย แต่มีแนวโน้มว่าปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายจะทำให้ปลามีค่า อัตราการแลกเนื้อที่ดีขึ้น มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีขึ้น และทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อ ปลาเพิ่มขึ้น

สาหร่าย *N. commune* สด ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลาหมอสีมีความแตกต่างกับ ปลาที่ไม่ได้รับสาหร่าย แต่สาหร่ายมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การเปลี่ยน อาหารเป็นเนื้อ และระดับภูมิภาคัมกันในปลาหมอสีได้ และสาหร่าย *N. commune* มีผลที่เด่นชัดในการ กระตุ้นสีในปลาหมอสีได้

การใช้สาหร่าย *N. commune* แห่งผสมในอาหารเลี้ยงปลาหมอสี พบว่าสาหร่าย 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปลาหมอสีมี น้ำหนักและความยาวสูงที่สุด และปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและโปรตีนสูงสุด และสาหร่าย *N. commune* แห่ง ยังสามารถช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อ และเพิ่มความเข้มสีของปลาหมอสีได้อย่างชัดเจน

สาหร่าย *S. platensis* สด ไม่มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตในปลาหมอสี แต่มีผลทำให้การ เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลง และค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การเติบโตจำเพาะ ความทนทานต่อ เชื้อมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และมีผลที่ชัดเจนในการเพิ่มความเข้มสีของปลาหมอสี

ซึ่งการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองเกี่ยวกับผลของการใช้สาหร่าย *Spirulina* ต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาอุกพันธุ์ผสม โดยจะให้สาหร่าย *Spirulina* แห่งผสม ลงในอาหาร และปรับอาหารแต่ละสูตรให้มีระดับของโปรตีน ไขมัน และพลังงานใกล้เคียงกัน และ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายชนิดนี้จะมีผลทำให้การสร้างแอนติบอดีต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าโรทีนอยด์รวม ในเนื้อปลาพบว่ามีค่าโรทีนอยด์ เพิ่มขึ้นตามระดับของสาหร่าย *Spirulina* ที่เสริมเข้าไปในอาหาร และการเสริมสาหร่าย *Spirulina*

ในอาหารไม่ส่งผลกระทบต่อฮีโมโกลบินรวมแต่ส่งผลให้เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นและไม่พบความผิดปกติทางเนื้อเยื่อวิทยาของปลา (อัญชลี, 2547) และของบานชื่น (2532) ที่ทดลองเลี้ยงปลาอุกด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Spirulina* สด เพื่อศึกษาสีของเนื้อปลาอุก พบว่าส่วนประกอบของอาหารที่มีส่วนผสมของ *Spirulina* จะทำให้สีของเนื้อปลาอุกเข้มขึ้นตามปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เลี้ยง

มีรายงานว่าการใช้สาหร่าย *Spirulina* แห่งผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ใช้เลี้ยงสัตว์จะทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น การคงอยู่ของไนโตรเจนในร่างกายอยู่ในระดับใกล้เคียงกับโปรตีนอื่นๆ ไม่มีพิษ หากเพิ่ม Methionine ให้กับอาหารที่เตรียมจากสาหร่าย *Spirulina* แล้วจะทำให้คุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ในลูกกุ้งและปลาว่ายอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สาหร่าย *Spirulina* จะช่วยเพิ่มน้ำหนักและความยาวได้ นอกจากนี้ยังทำให้มีการเจริญทางเพศเร็ว สามารถผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้น (สุชาติ, 2529) นอกจากนี้ยังใช้ในการอนุบาลลูกปลาว่ายอ่อนเนื่องจาก *Spirulina* มีคุณสมบัติอย่างง่าย ทำให้ *Spirulina* ทั้งในรูปแช่แข็งและผงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการอนุบาลปลาว่ายอ่อน (Nakamura, 1982 อ้างโดย วันเพ็ญและกาญจนา, 2547) ในปลาที่เป็นอาหารนิยมเร่งสีเนื้อปลาแชลมอนและปลาทรายดำ ทำให้มีสีสันทันรับประทานมากยิ่งขึ้น

ชลธิชา (2541) ซึ่งศึกษาผลของแอสแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus sp.* ของปลานิลสีแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสแซนทิน พบว่าการใช้แอสแซนทินผสมในอาหารที่ระดับ 50, 100, 200 และ 300 มก.ต่อกก.อาหาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus sp.* แต่มีผลต่อสีของลำตัวและเนื้อปลานิลสีแดง

และสอดคล้องกับการทดลองของ มะลิและนันทิยา (2528) ซึ่งได้ทดลองใช้รังควัตถุแหล่งต่างๆ ผสมอาหารสูตรพื้นฐาน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี การเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดในปลานิลสีแดง พบว่าสาหร่าย *Spirulina* ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอดของปลานิลสีแดง แต่มีผลต่อความเข้มสีของลายบนตัว หัวและครีบมากที่สุด ถ้าต้องการเร่งสีปลาให้เป็นสีแดงเข้มควรใช้สาหร่าย *Spirulina* 10%

ส่วนการใช้สาหร่ายเร่งสีปลาหมอสีพบว่ามีผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ วันเพ็ญและกาญจนา (2547) ได้ทำการทดลองโดยพัฒนาคุณภาพอาหารปลาสวยงามโดยใช้สาหร่าย *Spirulina* มาปรับปรุงคุณภาพสีของปลารันชู โดยการนำสาหร่ายมาใช้ทดแทนคาโรทีนอยด์สังเคราะห์ที่มีราคาสูงในการเลี้ยงปลาสวยงามให้มีคุณภาพดีจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาสูตรอาหารให้มีคุณภาพเหมาะสมกับความต้องการของชนิดและสายพันธุ์ของปลา ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแล้วยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดอีกด้วย พบว่าการเลี้ยงปลารันชูด้วยอาหารที่มีปริมาณสาหร่าย *Spirulina* แห่งเป็นผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสม

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดสามารถเพิ่มระดับความต้านทานให้กับปลาได้ ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ ปิยาลัยและคณะ (2547) ได้ทำการทดลองโดยการใช้สาหร่าย *Spirulina* ในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาว (white spot syndrome) ในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยผสม *Spirulina* แห้งในอาหารเม็ด ให้กุ้งกินเป็นเวลา 7 วัน และมาทดสอบความต้านทานเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว แล้วเลี้ยงต่อ 17 วัน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดผสม *Spirulina* มีเปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายสูงและการติดเชื้อแตกต่างจากกุ้งที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

การใช้สาหร่าย *S. platensis* และ *N. commune* แห้ง ผสมในอาหารเลี้ยงปลาและปลานิลแดง พบว่าสาหร่ายไม่มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับปลาทั้งสองชนิด แต่มีแนวโน้มที่จะช่วยลดค่าอัตราแลกเนื้อ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ได้ โดยผลต่อการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกัน และเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาจะมีผลเด่นชัดในปลาดุกบักอูยแต่ในปลานิลแดงจะไม่เด่นชัดมากนัก และ *S. platensis* มีประสิทธิภาพในการเร่งสีปลาดุกบักอูยและได้ดีกว่า *N. commune* แต่ในปลานิลแดงจะให้ผลตรงข้าม การใช้สาหร่าย *S. platensis* และ *N. commune* ในการเลี้ยงปลาหมอสี พบว่าสาหร่ายไม่มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตเช่นกัน แต่มีผลทำให้ค่าอัตราการแลกเนื้อดีขึ้น ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อโรคได้มากขึ้นและให้ผลที่เด่นชัดในการเร่งสี โดยพบว่าการใช้สาหร่ายในรูปแบบเซลล์สดจะทำให้สีปลาสวยงามกว่าและมีความทนทานต่อเชื้อมากกว่าการใช้ในรูปแบบแห้ง

ตารางที่ 1 ผลของการใช้สารย่ำ *S. platensis* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาอุกบิกอูย

| | ปริมาณ <i>S. platensis</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 15.42±1.26 ^a | 19.01±1.34 ^a | 16.66±1.65 ^a | 17.26±1.2 ^a | |
| ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 12.22±0.33 ^a | 13.3±0.31 ^b | 12.43±0.41 ^{ab} | 3.29±0.29 ^b | |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.23±0.02 ^a | 0.28±0.02 ^a | 0.25±0.03 ^a | 0.25±0.02 ^a | |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 3.53±0.16 ^a | 3.54±0.17 ^a | 3.48±0.17 ^a | 3.43±0.14 ^a | |
| FCR | 1.05 | 0.95 | 0.93 | 1.01 | |
| FCE | 113.79 | 118.99 | 121.07 | 110.45 | |
| PER | 3.02 | 2.88 | 2.81 | 2.4 | |
| NPR | 1.26 | 0.66 | 0.34 | 0.85 | |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) เริ่มทดลอง | 71.55±0.51 | 70.29±0.51 | 71.98±0.51 | 71.27±0.51 | |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) สิ้นสุดการทดลอง | 72.98±1.03 ^a | 72.44±0.73 ^a | 71.8±0.9 ^a | 72.87±0.74 ^a | |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 37.7 ± 0.05 ^a | 41.33±0.24 ^b | 43.11±0.21 ^c | 45.63±0.01 ^d | |
| ปริมาณคาโรทีนอยด์(µg)/g | 0.13±0.012 ^a | 0.28±0.11 ^a | 0.31±0.09 ^a | 1.12±0.27 ^b | |
| ระดับภูมิคุ้มกัน (IgM, IgG) | 0.19 | 0.32 | 0.24 | 0.27 | |

^{a,b,c,d} ในแนวอนติเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 ผลของการใช้สารร้าย *N. commune* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาดุกบึงกอย

| | ปริมาณ <i>N. commune</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 14.80±1.72 ^a | 12.03±1.20 ^a | 11.63±0.91 ^a | 10.95±0.75a |
| ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 10.74±0.40 ^a | 10.20±0.35 ^a | 10.05±0.0.28 ^a | 10.16±0.0.26 ^a |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.22±0.03 ^a | 0.18±0.02 ^a | 0.17±0.02 ^a | 0.16±0.01 ^a |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 3.47±0.77 ^a | 3.13±0.56 ^a | 3.40±0.49 ^a | 3.52±0.39 ^a |
| FCR | 1.03 | 1.02 | 0.99 | 1.03 |
| FCE | 90.99 | 91.72 | 94.63 | 90.95 |
| PER | 2.86 | 2.74 | 2.90 | 2.62 |
| NPR | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.19 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) เริ่มทดลอง | 71.27±0.71 | 71.27±0.71 | 71.27±0.71 | 71.27±0.71 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) สิ้นสุดการทดลอง | 81.23±0.81 ^a | 81.08±1.39 ^a | 82.99±1.05 ^a | 90.82±0.26 ^b |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 37.7±0.05 ^a | 40.02±0.06 ^b | 39.55±0.19 ^b | 41.52±0.57 ^c |
| caroteniod ($\mu\text{g/g}$) | 0.12 ± 0.01 ^a | 0.29±0.05 ^b | 0.32±0.04 ^b | 0.46±0.06 ^c |
| ระดับภูมิคุ้มกัน (IgM, IgG) | 0.249 | 0.284 | 0.338 | 0.229 |

^{a,b,c,d} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ผลของการใช้สารถาย *S. platensis* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาไนสีแดง

| | ปริมาณ <i>S.platensis</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 12.94±1.5 ^a | 12.86±1.42 ^a | 11.06±1.1 ^a | 11.92±1.22 ^a |
| ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 9.32±0.39 ^a | 9.15±0.37 ^a | 8.48±0.28 ^a | 8.61±0.31 ^a |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.19±0.02 ^a | 0.19±0.02 ^a | 0.17±0.02 ^a | 0.18±0.02 ^a |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 3.73±0.22 ^a | 3.57±0.23 ^a | 3.75±0.21 ^a | 3.6±0.19 ^a |
| FCR | 1.19 | 1.19 | 1.10 | 1.11 |
| FCE | 83.97 | 84.10 | 93.56 | 90.00 |
| PER | 2.23 | 2.03 | 2.17 | 1.97 |
| NPR | 2.34 | 1.76 | 2.61 | 1.90 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) เริ่มทดลอง | 59.15±0.2 | 59.85±0.2 | 59.5±0.2 | 59.5±0.2 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (น.น.แห้ง) สิ้นสุดการทดลอง | 62.84±0.62 ^a | 62.21±0.78 ^a | 62.77±0.48 ^a | 62.33±0.55 ^a |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 37.7 ± 0.05 ^a | 41.33±0.24 ^b | 43.11±0.21 ^c | 45.63±0.01 ^d |
| ปริมาณคาโรทีนอยด์ (µg/g) | 0.54±0.3 ^a | 0.59±0.3 ^a | 0.69±0.33 ^{ab} | 1.72±0.44 ^b |
| ระดับภูมิคุ้มกัน (IgM, IgG) | 0.097 | 0.081 | 0.084 | 0.082 |

^{a,b,c,d} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 ผลของการใช้สหาย *N. commune* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาชนิดแดง

| | ปริมาณ <i>N. commune</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง(กรัม/ตัว) | 12.16±1.33 ^a | 10.90±1.04 ^a | 12.81±1.49 ^a | 12.91±1.15 ^a | |
| ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง(ซม./ตัว) | 7.21±0.25 ^a | 6.82±0.23 ^a | 7.09±0.27 ^a | 7.06±0.21 ^a | |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.20±0.03 ^a | 0.16±0.02 ^a | 0.19±0.02 ^a | 0.20±0.02 ^a | |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 3.77±0.16 ^a | 3.60±0.21 ^a | 3.96±0.24 ^a | 3.95±0.17 ^a | |
| FCR | 1.07 | 1.03 | 0.99 | 0.98 | |
| FCE | 115.08 | 120.38 | 123.22 | 125.18 | |
| PER | 2.73 | 2.66 | 2.83 | 2.74 | |
| NPR | 3.45 | 3.65 | 3.25 | 4.49 | |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา (บนแห้ง) สิ้นสุดการทดลอง | 63.23±0.69 ^a | 63.22±0.45 ^a | 63.11±0.38 ^a | 64.68±0.30 ^a | |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 37.7 ± 0.05 ^a | 40.08±0.24 ^b | 39.55±0.21 ^b | 41.52±0.01 ^c | |
| ปริมาณคาโรทีนอยด์ (µg/g) | 1.37±0.14 ^a | 1.46 ±0.14 ^a | 1.97 ±0.42 ^b | 1.98±0.28 ^b | |
| ระดับภูมิคุ้มกัน (IgM, IgG) | 0.088 | 0.074 | 0.099 | 0.085 | |

^{a,b,c,d} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ผลของการใช้สารร้าย *N. commune* สด ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอดี้

| | ปริมาณ <i>N. commune</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | |
|--|--|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| น้ำหนักเฉลี่ยถึงสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 2.28 ± 0.20 ^a | 2.59 ± 0.21 ^a | 2.21 ± 0.20 ^a | 2.06 ± 0.24 ^a |
| ความยาวเฉลี่ยถึงสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 5.33 ± 0.15 ^a | 5.58 ± 0.17 ^a | 5.26 ± 0.18 ^a | 5.07 ± 0.18 ^a |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.61 | 0.80 | 0.66 | 0.61 |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 1.93 ± 0.32 ^a | 2.27 ± 0.18 ^a | 2.20 ± 0.18 ^a | 2.18 ± 0.13 ^a |
| FCR | 2.71 | 2.21 | 2.23 | 2.29 |
| PER | 0.95 | 1.05 | 1.03 | 0.99 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 38.75 ± 0.07 ^a | 43.15 ± 0.11 ^b | 43.46 ± 0.34 ^{bc} | 43.96 ± 0.09 ^c |
| ค่าเฉลี่ยคะแนนสี | 1.53 ± 0.16 ^b | 2.83 ± 0.17 ^b | 2.33 ± 0.11 ^c | 3.30 ± 0.17 ^d |
| อัตราการรอดเมื่อวันสุดท้าย (%) | 90 | 100 | 96.67 | 96.67 |

^{a,b,c,d} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 ผลของการใช้สารช่วย *N. commune* แห่ง ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาหมอดลี

| Parameter | ปริมาณ <i>N. commune</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | |
|---|--|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| น้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 2.28 ± 0.20 ^a | 2.54 ± 0.19 ^{ab} | 3.32 ± 0.29 ^c | 3.03 ± 0.22 ^{bc} |
| ความยาวเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 5.32 ± 0.15 ^a | 5.52 ± 0.12 ^{ab} | 5.99 ± 0.19 ^c | 5.81 ± 0.14 ^{bc} |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.61 | 0.52 | 0.87 | 0.92 |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 1.93±0.32 | 2.04±0.28 | 2.61±0.13 | 2.40±0.17 |
| FCR | 2.71 | 3.12 | 2.09 | 1.97 |
| PER | 0.95 | 0.74 | 1.10 | 1.15 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 38.75±0.07 ^a | 43.15±0.11 ^b | 43.46±0.34 ^{bc} | 43.96±0.09 ^c |
| ค่าเฉลี่ยคะแนนดี | 1.43±0.10 ^a | 2.90±0.17 ^b | 2.96±0.14 ^b | 3.56±0.13 ^c |
| อัตราการรอดเมื่อวันสุดท้าย (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |

^{abc} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7 ผลของการใช้สารถาย *S. platenis* สด ในการผสมอาหารเลี้ยงปลาทอง

| Parameter | ปริมาณ <i>S. platenis</i> (เปอร์เซ็นต์) | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| น้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) | 2.26 ± 0.1285 ^a | 1.99 ± 0.14483 ^a | 2.15 ± 0.1911 ^a | 2.17 ± 0.2471 ^a |
| ความยาวเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง (ซม./ตัว) | 5.25 ± 0.1150 ^a | 5.05 ± 0.1307 ^a | 5.13 ± 0.1552 ^a | 5.12 ± 0.2083 ^a |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) | 0.66b | 0.62b | 0.61b | 0.38a |
| SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน) | 2.2478 ^b | 2.3417 ^b | 2.2532 ^b | 1.7558 ^a |
| FCR | 2.2526 | 2.1843 | 2.3046 | 3.2014 |
| FCE | 44.3923 | 45.7803 | 43.3914 | 31.2364 |
| PER | 1.14 | 1.15 | 1.07 | 0.75 |
| เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร | 38.7554 ± 0.0370 ^a | 39.6088 ± 0.0839 ^b | 40.3632 ± 0.1062 ^c | 41.1697 ± 0.0496 ^d |
| ค่าเฉลี่ยคะแนนสี | 1.4 ± 0.1312 ^a | 2.2 ± 0.1688 ^b | 3.2 ± 0.1213 ^c | 2.5 ± 0.1335 ^b |
| อัตราการรอดเมื่อวันสุดท้าย (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |

^{a,b,c,d} ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 จำนวนปลาที่ตายในการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ต่อปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* ที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* สด ที่ความเข้มข้นของเชื้อ 10^7 CFU

| วันที่ | จำนวนปลาตาย (ตัว) | | | | |
|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | กลุ่มควบคุม ไม่ติดเชื้อ | สำหรับ 0% (ติดเชื้อ) | สำหรับ 5% (ติดเชื้อ) | สำหรับ 10% (ติดเชื้อ) | สำหรับ 15% (ติดเชื้อ) |
| 1 | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - |
| 3 | - | 4 | 3 | 4 | - |
| 4 | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - | 2 |
| 7 | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | 1 | - | - |
| 9 | - | 1 | - | - | - |
| 10 | - | - | 1 | 1 | 2 |
| รวม | 0 | 5 | 5 | 5 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 จำนวนปลาที่ตายในการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ต่อปลาหมอลี่ *Pseudotropheus lombardoi* ที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* แห่ง ที่ความเข้มข้นของเชื้อ 10^7 CFU

| วันที่ | จำนวนปลาตาย (ตัว) | | | | |
|--------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | กลุ่มควบคุม ไม่ติดเชื้อ | สาหร่าย 0% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 5% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 10% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 15% (ติดเชื้อ) |
| 1 | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 4 | 1 | 4 | 3 |
| 5 | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 2 | - | - |
| 7 | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | 1 | - | - |
| 9 | - | 1 | 1 | - | 1 |
| 10 | - | - | - | 1 | 1 |
| รวม | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 จำนวนปลาที่ตายในการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ต่อปลาหมองสี *Pseudotropheus lombardoi* ได้รับอาหารผสม *S. platensis* สด ที่ความเข้มข้นของเชื้อ 10^7 CFU

| วันที่ | จำนวนปลาตาย (ตัว) | | | | |
|--------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | กลุ่มควบคุม ไม่ติดเชื้อ | สาหร่าย 0% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 5% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 10% (ติดเชื้อ) | สาหร่าย 15% (ติดเชื้อ) |
| 1 | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - |
| 3 | - | 4 | 1 | 2 | 1 |
| 4 | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 3 | - | - |
| 7 | - | - | - | 1 | - |
| 8 | - | - | - | - | 1 |
| 9 | - | 1 | - | - | 2 |
| 10 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| รวม | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- เจียมจิตต์ บุญสม. 2531. ความลับของสาหร่ายเกลียวทอง ผลทางการรักษาโรคที่นายแพทย์ชาวญี่ปุ่นค้นพบ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 237 น.
- เจ็ดฉันทน์ อมาตยกุล สืบพงษ์ ฉัตรมาลัย สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์ ยรรยง ต้นตากลกุล สันติชัย รังสิยาภิรมย์ สง่า สีสง่า อัญชลี ต้นติกุล สุภรณ์ กิมสงวน และวัชรินทร์ รัตนชู. 2538. ปลาตุ๊ก. กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 171 น.
- กาญจนาภานี ลีวโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 343 หน้า.
- ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. ผลของแอสตาแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง (*Tilapia nilotica* Linn.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 96 น.
- ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. ผลของแอสตาแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง (*Tilapia nilotica* Linn.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
- นฤมล ศุภจรรยา, บุษยา บุญนาค และ พิสมัย สุวิสินสิทธิ์. 2528. การสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูไลนา) ในบ่อน้ำทิ้งโรงงานเป็้่งมันสำปะหลัง วารสารวิจัยและพัฒนา ตจ.ธ. 8(2): 20-32.
- บานชื่น ชลสวัสดิ์. 2532. การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอุย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 78 น.
- ประมงไทย. 2518. การเลี้ยงและขยายพันธุ์ปลาน้ำจืดน้ำเค็ม. สำนักพิมพ์เสริมวิทย์บรรณาการ : กรุงเทพฯ. 167 น.
- ปิยาลัย เหมทานนท์ สถาพร ดิเรกบุษราคม และวิษณุ บุญญาวิวัฒน์. 2547. การใช้สาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina platensis*) ในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาวในกึ่งกุลาคำ (*Penaeus monodon*). วารสารการประมง. 57(4) : 353-356.
- พงษ์เทพ ฟองสมุทร และ อติเรก เต็มกันทา. 2539. การศึกษาวิธีการกวนที่เหมาะสมในบ่อสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่ใช้น้ำเสียจากการผลิตกระดาษ รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 44 น.
- พิทยา เพ็ญณาภรณ์. 2511. อัตราการให้อาหารสมทบที่ใช้เลี้ยงปลาดุกค้ำ. รายงานประจำปี 2511. แผนกทดลองและการเพาะเลี้ยง, กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง กรุงเทพฯ. น. 203-208.

- มะลิ บุญยรัตผลิน นันทิยา อุ่นประเสริฐ .2528. ผลของสารสีที่ได้จากแหล่งต่างๆต่อการเปลี่ยนสีและการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528.กรมประมง. น.38-51.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ สุภัทรา อุไรวรรณและพรรณศรี เชิดชูพรรณเสรี. 2527. ปลานิลสีแดง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กรุงเทพฯ. 20 น.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์ และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547. การปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้รังควัดดูคาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูไลนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง.กรุงเทพฯ. 9 น.
- วิมล จันทโรทัย และ กิจจา ใจเย็น. 2535. การศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการเลี้ยงลูกปลานิลสีแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 123 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง. 11น.
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 199 น.
- สุขใจ ไสมะฐิติ นวลพรรณ ณ ระนอง. 2530. การผลิตและการใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่ วทท. 13, บทความที่ B-127, หน้า 606-607.
- สุชาติ อิงธรรมจิตร. 2529. สาหร่ายเกลียวทอง(สไปรูไลนา). วารสารการประมง. 39(6) : 615-622.
- อัญชลี พิพัฒน์วัฒนากุล. 2547. ผลของสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลา กุฬพันธ์ผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรมหาวิทาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- อาภารัตน์ มหาพันธ์, อุษา กลิ่นหอม, มยุรี ตั้งธนาวัฒน์, เจษฎา ทิพยะสุขศรี และ วัชรวิ กัลยาลัง. 2546. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดถلاب (*Nostoc commune*). ใน รายงานการประชุมวิชาการประจำปีโครงการ BRT ประจำปี 2546
- อารีย์ สิทธิมั่งค์ และประสิทธิ์ เอกอูรุ. 2502. การทดลองเลี้ยงหาผลผลิตของปลาคูก้านโดยวิธีธรรมชาติ. วารสารการประมง. 12(3) : 253-259.
- Bogorad, L. 1975. Phycobiliproteins and complementary chromatic adaptation, p. 143. Boussiba, S. and A. E. Richmond. 1980. C-phycoyanin as a storage protein in the blue- green alga *Spirulina platensis*. Microbiol. 125:143-147.
- Donkin, P. 1976. Ketocarotenoid biosynthesis by *Haematococcus lacustis*. Phytochemistry. 15:711-715.
- 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 ellipsosporum*. *Biochemical and Biophysical research*. 238:223-228.
- Herrera, A., S. Boussiba, V. Napoleone and A. Hohlberg. 1989. Recovery of c-phycococyanin from cyanobacterium *Spirulina maxima*. *J. Appl. Phycol.* 1:325-331.
- Humm, H. J. and S. R. Wicks. 1980. Introduction and guide to the marine bluegreen –Algae. A Wiley-Interscience Publication, New york, 194 p.
- Johnson, E.A., Schroeder. W.A., 1995. Microbial carotenoids. In: Fiechter, A. (Ed.), *Advances Biochemical Engineering and Biotechnology*, vol 53. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 119-178.
- Kajiyama S., Kanzaki H., Kawazu K., and Kobayashi A. 1998. Nostofungicidine, an antifungal lipopeptide from the field-grown terrestrial blue-green alga *Nostoc commune*. *Tetrahedron Letter* 39:3737-3740.
- Kaplan, D., A. E. Richmond, Z. Dubinsky and S. Aaronson. 1986. Algal nutrition, pp.147-198. In A. Richmond(ed.). *CRC Handbook of Microalgae Mass Culture*. CRC Press, Inc., Boca Raton, florida.
- 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 Immunodeficiency Virus) Protein from the Cyanobacterium *Nostoc ellipsosporum*. *Biochemical and Biophysical research*. 238:223-228.
- Kobayashi, M., Sakamoto, Y. 1999. Singlet oxygen quenching ability of astaxanthin est-ers from from the green algae *Haematococcus pluvialis*. *Biotechnol. Lett.* 21:265-269. อ้างโดย Bocanegra-Dominguez, A.R., I.G. Legarreta, F.M. Jeronimo, A.T. Compocosio. 2004. factors in the production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Bioresource Technology*. 92:209-214.
- Koopman, B. L., J.R. Benemann and W.J. Oswald. 1980. Pond isolation and phase isolation for control of suspended solids concentration in sewage oxidation pond effluents, pp. 135-161. In G. Shelef and C.J. Soeder (eds.). *Algae Biomass*. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam.
- Latcha, T. 1990. Carotenoid in animal nutrition. F. Hoffmann-La Roche Ltd., Seitzerland, 110 p.
- Lips, S. H. and Y. J. Avissar. 1986. Photosynthesis and ultrastructure in microalgae, pp. 43-67. In A. Richmond(ed.). *CRC Handbook of microalgae Mass Culture*. CRC Pres, Inc., Boca Raton, Florida.

- Maursich, W. L. and J.C. Bauernfeind. 1981. Oxycarotenoid in poultry feeds, pp. 319–462. In J.C. Bauernfeind (ed.). Carotenoids as colorants and vitamin A Precursors: Food Science and Technology a series of Monograph. Academic Press, Inc.London.
- Nakamura, H.1982. *Spirulina* : Food for a Hungry World. อ้างโดย วันเพ็ญ มินกาญจน์ และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547.การปรับปรุงคุณภาพปลาร้าโดยใช้รงควัตถุคาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีไปรุไลนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง.กรุงเทพฯ.9 น.
- Palozza, P. and N.I. Krinsky. 1992. Antioxidant effects of carotenoids *in vivo* and *in vitro* : an overview. Method Enzymol. 213:403-420.
- 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.
- 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. 66:181-187.
- Takenaka H., Yamaguchi Y., sakaki S., Watarai K., Tanaka N., Hori M., Seki H., Tsuchida M., Yamada A., Nishimori T., and Morinaga T. 1998. Safety evaluation of *Nostoc flagelliforme* (nostcales, Cyanophyceae) as a potential food. Food and Chemical Toxicology. 36:1073-1077.
- 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. 69:69-73.
- Terao, J. 1989. Antioxidant activity of β -carotene-related carotenoids in solution. Lipid. 24:659-661.