# รายงานการวิจัย

## การประยุกต์ใช้สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นสารเร่งสีปลาทอง

## Application of Freshwater Red Alga, *Caloglossa beccarii* DeToni on Color Enhancement in Goldfish, *Carassius auratus* Linnaeus


วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2562

# กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณิณี จันทร์แก้ว ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้ร่วมทำการวิจัย และคอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2562 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2563

# การประยุกต์ใช้สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นสารเร่งสีปลาทอง

**วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และวรรณิณี จันทร์แก้ว[2]**

## บทคัดย่อ

สาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii* DeToni) พบมากบริเวณน้ำตกของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีรงควัตถุให้สีอยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์อย่างเด่นชัด มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเร่งสีในสัตว์น้ำสวยงาม นอกจากนี้อาจมีส่วนช่วยเพิ่มความเข้มสี และสร้างภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำสวยงามได้ จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าทางการตลาดของสัตว์น้ำสวยงาม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทดลองใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในการปรับปรุงสีของปลาทอง (*Carassius auratus* Linnaeus) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดต่อสีผิว และการเจริญเติบโตของปลาทอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับแตกต่างกันคือ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (มก./กก.) ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน ในตู้กระจก และวัดสีผิวของปลาโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE *L*a*b** (*L** - ค่าความสว่าง, *a** - ค่าสีแดง และ *b** - ค่าสีเหลือง) พบว่า ปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ มีค่าสีผิวของปลา ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปลาทองชุดการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ระดับ 50 มก./กก. มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงที่สุดเท่ากับ $30.17 \pm 2.36$ ค่าเฉลี่ยของสีแดง และค่าเฉลี่ยของสีเหลือง มีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ระดับ 100 มก./กก. มีค่า เท่ากับ $11.01 \pm 2.59$ และ $26.11 \pm 3.14$ ตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย พบว่า ในทุกระดับของการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่า ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของผิวหนังปลาทองเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ผสมในอาหาร และทุกระดับของการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย

**คำสำคัญ :** สาหร่ายสีแดงน้ำจืด สารสี ปลาทอง

.....

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง
[2]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

# Application of Freshwater Red Alga, *Caloglossa beccarii* DeToni on Color Enhancement in Goldfish, *Carassius auratus* Linnaeus

**Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and Wanninee Chankaew[2]**

## ABSTRACT

Freshwater red alga (*Caloglossa beccarii*) are found at waterfalls in Nakhon Si Thammarat province. These are pigment that clearly carotenoids. It is suitable for applying as a colorant in ornamental aquatic animals. Besides, it should be improve the color and increase immune response in ornamental aquatic animals. It helps to increase the market value of ornamental aquatic animals. Thus, the using freshwater red algae crude extracts to improve the color of goldfish (*Carassius auratus*) was used in this experiment. This research aimed to study the effect of crude extracts from red algae, extracted with absolute ethanol, on skin color and growth performance of goldfish with commercial diets containing freshwater red alga crude extracts at five inclusion levels (0, 25, 50, 75 and 100 mg/kg). The diets were given to fishes twice daily for 4 months period and the skin color of fish was measured by using a colorimeter with the system CIE *L*a*b** (CIE LAB). The results showed that the skin color values were significantly different among the fish receiving diets with different concentrations of crude extracts ($P<0.05$). The lightness value was highest in goldfish fed by diet containing 50 mg/kg crude extracts ($30.17 \pm 2.36$), and the redness and yellowness were highest in goldfish fed by diet containing 100 mg/kg crude extracts were $11.01 \pm 2.59$ and $26.11 \pm 3.14$ respectively. The growth performance and survival rate of all concentrations crude extracts were not significantly different ($P>0.05$). This study can conclude that the redness and yellowness were significantly increased as the concentration of crude extracts increased and all levels of concentrations crude extracts were not effect on growth performance and survival rate.

**Keywords:** Freshwater Red Alga (*C. beccarii*), Pigments, Goldfish (*C. auratus*)

.....

...

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang

[2]Department of Fishery, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Nakhonsrithammarach

# สารบัญ

**หน้า**


| | |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| บทนำ | 1 |
| วิธีดำเนินการวิจัย | 9 |
| ผลการวิจัย และอภิปรายผล | 12 |
| สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ | 20 |
| บรรณานุกรม | 21 |
| ภาคผนวก | 25 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) อบแห้ง | 12 |
| 2 | น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของปลาทอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน | 13 |
| 3 | การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน | 15 |
| 4 | ระดับสีที่ผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน | 18 |
| 5 | คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงปลาทอง ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน | 19 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การเจริญเติบโตของปลาทอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน | 14 |

**ภาพผนวกที่**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | ปลาทองชุดการทดลองที่ 1 | 26 |
| 2 | ปลาทองชุดการทดลองที่ 2 | 26 |
| 3 | ปลาทองชุดการทดลองที่ 3 | 26 |
| 4 | ปลาทองชุดการทดลองที่ 4 | 26 |
| 5 | ปลาทองชุดการทดลองที่ 5 | 26 |
| 6 | ปลาทองจากทุกชุดการทดลอง | 26 |

# บทนำ

ปลาทอง (*Carassius auratus*) เปนปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน ปลาทองที่มีสีสันสวยงาม และรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูง ซึ่งจะเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเพาะเลี้ยงปลาทองคือการขาดสารเร่งสีในอาหาร ทำให้ปลาทองจากการเพาะเลี้ยงมีสีสันไม่ตรงตามความต้องการของตลาด สีสันของตัวปลาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมเพื่อให้ได้ตรงกับความต้องการของตลาดซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาทองนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยงของผู้เลี้ยงเองที่พบว่า เมื่อเลี้ยงปลาได้ระยะหนึ่งสีของตัวปลาทองจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกมาบนผิวตัวปลาทองเป็นสารสีชนิดแคโรทีนอยด์ ปลาทองไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984) การปรับปรุงสีของปลาทองสามารถทำได้โดยการเสริมแคโรทีนอยด์ในอาหาร (Latscha, 1991) ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าในตลาดโลกได้มากขึ้น แคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากแคโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีของสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นแคโรทีนอยด์ ชนิดแอสตาแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ประกอบไปด้วยสารหลายชนิด ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมักเกิดการสะสม ของ ของเสียในระบบการเลี้ยง ปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ด้วยคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแคโรทีนอยด์จึงช่วยให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียด และความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมแคโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสัตว์เศรษฐกิจและปลาสวยงาม เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น

แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีต้าแคโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น นักวิจัยทางด้านอาหารได้มีการศึกษาการใช้สาหร่ายผสมในอาหารสัตว์น้ำทั้งในรูปของสาหร่ายอบแห้งและสาหร่ายสด เนื่องจากสาหร่ายมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ (สมรักษ์, 2550) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycocobilin) ส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง นอกจากนั้นสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้เร่งสีในสัตว์น้ำอีกด้วย ธัชศึกและคณะ (2554) พบว่า สาหร่ายไก *Spirulina platensis* กับสาหร่าย *Cladophora* sp. สามารถช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสีทำให้สีบนตัวปลาทองมีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับ จงกล และคณะ (2554) พบว่า การใช้สไปรูลิน่าสด (raw *Spirulina*; RS) และผง (powder *Spirulina*; PS) เป็นอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟมีผลทำให้ การเจริญเติบโต ดัชนีการเจริญพันธุ์ สารสี-แคโรทีนอยด์ และภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสนใจในประเด็นของการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายน้ำจืด ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้าง และสะสมแคโรทีนอยด์ได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับพืชและสัตว์อื่นๆ ได้แก่ สาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii* DeToni) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก และหา

ได้ง่ายตามน้ำตกของจังหวัดนครศรีธรรมราช ในการเร่งสีของปลาทอง เป็นการประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารสีที่มีประสิทธิภาพในอาหารปลาทอง ทั้งในแง่การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย และการเร่งสีของปลาทอง ให้ตรงตามความต้องการของตลาด เป็นการปรับปรุงคุณภาพผลผลิต และเป็นการเพิ่มมูลค่าปลาทองเพื่อการส่งออกได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้หวังผลว่าจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด เพิ่มประสิทธิภาพอัตราการแลกเนื้อ เพิ่มภูมิคุ้มกัน และการเพิ่มสีแก่ทอง ซึ่งหากให้ผลในทางที่ดีโดยเฉพาะการเพิ่มสีในสัตว์น้ำ ในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่สามารถนำสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ซึ่งมีสารสีคาโรทีนอยด์ มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีสัตว์น้ำได้ และสามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเพื่อพัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาสวยงามเชิงพาณิชย์ต่อไป

**ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายขนาดใหญ่มาใช้ประโยชน์ในทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวาง เพราะสาหร่ายมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่ว่าจะเป็นระดับโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่จำเป็น ตลอดจนมีสารสีจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ดังนั้น ถ้าหากเอามาสกัด และผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำก็น่าจะช่วยให้สัตว์น้ำมีเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง และช่วยในการเร่งสีในสัตว์น้ำได้ คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดในการที่จะนำสาหร่ายสีแดงน้ำจืด มาใช้ทดลองในปลาสวยงาม โดยเลือกใช้ปลาทอง ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่มีความสำคัญในวงการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามชนิดหนึ่ง เป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน ปลาคาทองที่มีสีสันสวยงาม และรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ แต่ก็ยังมีปัญหาคือ ปลาทองที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงาม ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาทองนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยง ซึ่งพบว่า เมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาทองเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง ปลาทองไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง การวิจัยในครั้งนี้ ต้องการที่จะหาระดับของการผสมสารสกัดจากสาหงน้ำจืดในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลาทอง ที่เหมาะสม และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลา ระดับสีและองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลจากการวิจัยนี้จะสามารถตอบคำถามของสมมุติฐานดังกล่าวได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการประยุกต์ใช้สาหร่ายสีแดงน้ำจืดในสัตว์น้ำต่อไป

**สาหรายสีแดง**

สาหร่ายสีแดง เป็นกลุ่มสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย การกระจายของสาหร่ายชนิดนี้พบได้ในเขตร้อน และเขตอบอุ่น และจะพบในน้ำนิ่งและน้ำไหลเอื่อยๆ ไม่แรงนัก สาหร่ายสีแดงเป็นสาหร่ายที่พบในทะเลมากกว่าในน้ำจืด จำนวนสปีชีส์ที่พบทั้งหมดรวม 5,000-5,500 สปชีส ซึ่งอยู่ใน 500-600 จีนัส ที่พบในน้ำจืดประมาณ 200 สปชีส (Kumano, 2002) สาหร่ายสีแดงมีความคล้ายคลึงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแงของรงควัตถุ คือ จะมีกลุ่ม ไฟโคบิลินซึ่งประกอบไปด้วยไฟโคไซยานิน และไฟโคเออริทรินเป็นหลัก นอกจากนี้ในวงจรชีวิตสาหร่ายสีแดงจะมีการสืบพันธุทั้งแบบอาศัยเพศ และไมอาศัยเพศ เซลล์สืบพันธุยังไมมีแฟลกเจลลัม แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการสืบพันธุแบบไม

อาศัยเพศเท่านั้น (ยุวดี, 2556) สาหร่ายสีแดงน่าจะเป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสที่เก่าแกที่สุด ซึ่งก็คงมีความเป็นไปไดจากการศึกษารงควัตถุ และการไมมีแฟลกเจลลัมที่คล้ายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นพวกไมมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และเป็นพวกที่มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ สาหร่ายสีแดงยังเป็นกลุ่มที่สามารถเจริญไดในน้ำที่มีความลึกกว่าสาหร่ายอื่นๆ คือ อาจพบในระดับความลึกถึง 200 เมตร ซึ่งมีแสงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากสาหร่ายชนิดนี้มีรงควัตถุพวกไฟโคเออริทรินปริมาณมาก ซึ่งสามารถจะรับแสงสีเขียวและสีเหลือง ซึ่งจะลอดผ่านไปยังทะเลส่วนที่ลึกได แล่วนำไปใช้ในการสังเคราะหแสง ในขณะที่แสงสีแดงและสีน้ำเงินจะถูกคลอโรฟลลเอและบีของพวกแพลงกตอนพืชที่อยู่บริเวณผิวน้ำดูดไปใช้ปริมาณมาก ดังนั้นสาหร่ายสีแดงที่อยู่ในทะเลลึกจึงมีสีแดงเข่มกว่าที่อยู่บริเวณน้ำตื้น เนื่องจากต้องมีรงควัตถุพวก ไฟโคเออริทรินปริมาณมาก

**ลักษณะทั่วไปของสาหรายสีแดง**

**ลักษณะของทัลลัส**

ทัลลัสของสาหร่ายสีแดง ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นสายที่แตกแขนงจำนวนมาก มองดูคล้ายต้นไม้ขนาดเล็ก ๆ ที่มีสีแดง ขนาดของทัลลัสไมใหญ่มากนัก แต่ก็มีสาหร่ายสีแดงบางชนิดในเขตอบอุนอาจจะมีความยาวถึง 1-2 เมตร การแตกแขนงของทัลลัสอาจจะแตกออกจากแกนกลาง (main axis) เพียงแกนเดียวหรือเส้นสายเดียว (uniaxial) หรืออาจจะแตกแขนงจากแกนกลางหลายๆแกนหรือหลายเส้นหลายสาย (multiaxial) ก็ได แต่สาหร่ายสีแดงบางชนิดมีลักษณะของทัลลัสเป็นแผ่นแบนยาว ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวกันแบบเนื้อเยื่อพาเรนไคมา เช่น ที่พบในสกุล Porphyra ทัลลัสของสาหร่ายสีแดงประกอบดวยเซลล์หลายชั้น ชั้นนอกเป็นชั้นเซลลคอร์เทกซซึ่งมีรงควัตถุอยู่มาก เซลล์มีขนาดเล็ก ชั้นกลางจะเป็นชั้นเมดดูลลาซึ่งเป็นเซลลขนาดใหญ่มีรงควัตถุอยู่น้อย

**รงควัตถุ**

รงควัตถุในสาหร่ายสีแดงประกอบด้วย

(1) คลอโรฟลลซึ่งเปนคลอโรฟลลเอ

(2) แคโรตินอยด ประกอบด้วย

- แอลฟาและเบตาแคโรทีน
- แซนโทฟลลมีหลายชนิด เชน ลูเทอีน ซีอาแซนทิน ไวโอลาแซนทิน นีโอแซนทิน และทาราแซนทิน

(3) ไฟโคบิลิน ประกอบดวย 5 ชนิด ไดแก

- อาร-ไฟโอไซยานิน
- อัลโลไฟโคไซยานิน
- อาร-ไฟโคเออริทริน
- ซี-ไฟโคเออริทริน
- บี-ไฟโคเออริทริน

รงควัตถุพวกคลอโรฟลลและแคโรตินอยด์ จะเรียงกันอยู่ในไทลาคอยด์ ส่วนพวกไฟโคบิลินจะ
อยู่ในออร์กะเนลล์ที่เรียกวา ไฟโคบิลิโซม ซึ่งเป็นแกรนูลเล็กๆ เรียงกันอยูบนผิวไทลาคอยด ไทลาคอยดของสาหร่ายชนิดนี้จะเรียงกันเดี่ยวๆ เป็นถุงชั้นเดียว ไมเรียงกัน

**ประโยชนของสาหร่ายสีแดง**

1. ใช้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย หลบซ่อนศัตรู และเป็นอาหารของสัตว์น้ำขนาดเล็ก
2. ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม แสง
3. ใช้เป็นอุตสาหกรรมอาหาร สวนใหญ่นิยมบริโภคในต่างประเทศ เช่น จีน ญี่ปุน อินเดีย และฟจิ สาหร่ายสีแดงบางชนิดสามารถนำไปสกัดเป็นวุ้น เพื่อนำไปใช้ประกอบอาหาร และเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
4. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สาหร่ายประกอบด้วยสารเคมีบางชนิดที่ช่วยในการรักษาผิวหนัง การศึกษาในประเทศญี่ปุ่น พบว่า เครื่องสำอางที่ใช้สาหร่ายหรือสารสกัดจากสาหร่ายเป็น
ส่วนผสม จะช่วยให้ผิวพรรณดีขึ้นและลดริ้วรอยได้
5. ใช้ในอุตสาหกรรมทางการแพทย์ โดยการสกัดเป็นยารักษาโรค เนื่องจากสาหร่ายสีแดงบางชนิดสามารถสร้างสารปฏิชีวนะได (ยุวดี, 2556)

**สาหร่ายสีแดงน้ำจืด**

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นกลุ่มของสาหร่ายที่มีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ โดยมีประมาณ 200 ชนิด (Kumano, 2002) เป็นกลุ่มสาหร่ายที่พบการกระจายได้ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว มีขนาดแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ขนาดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นไปจนถึงขนาดใหญ่มากยาวได้ถึง 2 เมตร โดยทั่วไปสาหร่ายกลุ่มนี้มีการกระจายอยู่ในแหล่งน้ำไหลเอื่อยๆ ที่มีอุณหภูมิของน้ำต่ำ และมักยึดเกาะกับวัสดุ หรือก้อนหินบริเวณที่มีความเร็วของกระแสน้ำไม่แรงมากนัก ดังนั้นจึงมักพบสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในบริเวณต้นน้ำ โดยมีรายงานชนิดและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดครั้งแรกของประเทศไทย พบที่เกาะช้างจังหวัดตราด (Lewmanomont *et al*., 1995) สาหร่ายสีแดงน่าจะเป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งก็คงมีความเป็นไปได้จากการศึกษารงควัตถุ และการไม่มีแฟลกเจลลัมที่คล้ายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นพวกไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและเป็นพวกที่มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้สาหร่ายสีแดงยังมีความคล้ายคลึงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแง่ของรงควัตถุ คือ จะมีกลุ่มไฟโคบิลิน ซึ่งประกอบไปด้วยไฟโคไซยานินและไฟโคเออริทรินเป็นหลัก ในวงจรชีวิตสาหร่ายสีแดงจะมีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ เซลล์สืบพันธุ์ยังไม่มีแฟลกเจลลัม แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น (ยุวดี, 2556)

**การจำแนกชนิดของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดตามหลักอนุกรมวิธาน**

สาหร่ายสีแดงน้ำจืด *Caloglossa beccarii* De Toni มีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานดังนี้

Kingdom Plantae
Division Rhodophyta
Class Florideophyceae
Order Ceramiales
Family Delesseriaceae
Genus *Caloglossa*
Species *beccarii* De Toni (Kumano, 2002)

**การใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำ**

สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีรายงานการใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น *Spirulina* sp. (Kiriratnikom and All, 2005) *Spirulina platensis* (Becker and Venkataraman, 1984) *Nostoc* (ศรีประภา และคณะ, 2557) *Spongi-ococum excentricum* (Knauer and Southgate, 1996) และ *Nostoc commune* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2555) โดยรงควัตถุที่ในสาหร่ายที่ทำให้เกิดสีสันในปลาคือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่ผสมสาหร่ายกินเข้าไป (Lovell, 1934)

ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้มีการนำสาหร่ายมาเสริมอาหารเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ จงกล และคณะ (2552) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* เพื่อเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลา ส่วนการใช้สาหร่าย *Spirulina* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดงจะเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลาด้วย (จงกลและนิวุฒิ, 2546) สาหร่าย *Spirulina platensis* ยังทำให้ปลาดุกมีภูมิคุ้มกันมากขึ้น ส่วนในปลาสวาย Amit *et al*., (2013) ได้ทดลองผสมสาหร่าย *Spirulina* 5% จะทำให้ อัตราการรอดตายของปลาสวายสูงถึง 94% และอาหารที่ผสมสาหร่าย *Spirulina* 20% เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหินเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์อีกด้วย (สุจนีย์, และคณะ, 2554) ในปลาตะกรับที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายไส้ไก่มีผลให้การเพิ่มระดับไลโซไซม์และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของปลาตะกรับ เพ็ญศรี และคณะ (2556) ได้ทดลองในกุ้งก้ามกรามโดยมีการให้อาหารกุ้งผสมสาหร่าย *Spirulina* ทำให้กุ้งมีขนาดใกล้เคียงกันและสีกุ้งเข้มขึ้น (จงกล และขจรเกียรติ์, 2548) อีกทั้ง Menasveta *et al*. (1993) ได้นำสาหร่ายสีน้ำตาล *Chnoospora minima* มาสกัดสารสีแอสตาแซนทิน เพื่อเสริมในอาหารกุ้งให้เนื้อกุ้งเมื่อต้มมีสีแดงสวย ทำให้ราคาผลผลิตมีราคาสูงขึ้น การใช้สาหร่าย *Spirulina* ผสมในอาหาร 5%

ในปลาสวยงามสาหร่ายจะมาส่วนช่วยในเรื่องสีสันของปลาทำให้ปลามีราคาสูงขึ้น โดยสุนีรัตน์ และคณะ (2555) ได้นำสาหร่าย *Nostoc commune* แบบสดและแห้งมาผสมอาหารแล้วไปทดสอบกับปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* พบว่าสาหร่าย *N. commune* สามารถใช้ผสมในอาหารเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันและเป็นแหล่งสารสีสำหรับเลี้ยงปลาหมอเคนยีได้ โดย *N. commune* แห้ง ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและทำให้อัตราแลกเนื้อดีกว่า ส่วน *N. commune* สด ทำให้ระดับความทนต่อเชื้อโรคและสีน้ำเงินสวยกว่า ในปลาแฟนซีคราฟการใช้สไปรูลินาสดและผง เป็นอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคราฟ มีผลทำให้การเติบโตดัชนีความสมบรูณ์เพศ สารสีคาโรทีนอยด์ ทำให้ปลาสีสวยขึ้นและภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2555)

**การใช้สารคาโรทีนอยด์ในปลาสวยงาม**

คาโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นคาโรทีนอยด์ชนิดแอสต้าแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น บีตา-คาโรทีน (β-carotene) เซียแซนทีน (zeaxanthin), ลูทีน (lutein) แอสตาแซนทีน และแคนตาแซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น คาโรที

นอยด์แต่ละชนิดมีชีวภาพพร้อมใช้ในสัตว์น้ำ (bioavailability) แต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chien *et al*., 2003) นอกจากนี้คาโรทีนอยด์ ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปคาโรทีนอยด์อิสระ และในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมักเกิดการสะสมของมลสารในระบบเลี้ยง ปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ด้วยคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของคาโรทีนอยด์จึงช่วยให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียดและความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมคาโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลาสวยงามเศรษฐกิจ เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น คาโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีตา-คาโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การประยุกต์ใช้คาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดจากการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีสารคาโรทีนอยด์ในปริมาณมากพอสมควรเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น จึงเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้สูง ในการเพิ่มสีให้กับปลาสวยงาม

**ผลของแคโรทีนอยด์ในอาหารต่อการเร่งสีปลาทอง**

ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม สีสันของตัวปลาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมเพื่อให้ได้ตรงกับความต้องการของตลาด ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม คือ ปลาทองที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงาม ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาทองนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยงของผู้เลี้ยงเองที่พบว่าเมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาทองจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาทองเป็นสารสีชนิดแคโรทีนอยด์ เนื่องจากปลาทองไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984) ซึ่งสีจากแคโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยที่สีแดงในปลาทองเป็นแคโรทีนอยด์ชนิดแอสตาแซนทีน ซึ่งในสัตว์ต่างชนิดกันจะมีความสามารถเปลี่ยนและสะสมแคโรทีนอยด์ได้แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Ohkubo *et al*, 1999 พบว่า ปลาทองสามารถเปลี่ยนลูทีนเอให้เป็นลูทีนบี จากการทดลองของ Gouveia et al., (2003) พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์ Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (PER) ของปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองเสริมแคโรทีนอยด์แต่ละชนิด ได้แก่สาหร่ายคลอเรลลา ฮีมาโตคอกคัส สไปรูไลนา และ Astaxanthin สังเคราะห์ ที่ความเข้มข้น 80 mg ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่เสริมแคโรทีนอยด์ ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนผลที่ได้จากการวัดสีที่บริเวณผิวหนังปลาทองพบว่า ค่าความเข้มสี (L*) ของปลาทองที่ได้รับอาหารทุกชุด ไม่มีความแตกต่างกัน โดยปลาทองที่รับอาหารเสริมสาหร่ายฮีมาโตคอกคัส และสาหร่ายคลอเรลลา จะมีค่าสีแดง (a*) สูงสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง $2.8 \pm 0.5$ - $3.4 \pm 0.3$ และปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายคลอเรลล่ามีปริมาณแคลอรี่น้อยสูงกว่าปลาจะได้รับอาหารทดลองชุดอย่างอื่นๆ และสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมถึง 7.8 เท่า ขณะที่ปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลนา และที่ได้รับอาหารเสริมแอสตาแซนทีนสังเคราะห์ มีค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปลาทองที่ได้รับอาหารชุดควบคุม มีค่าสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าปลาทองที่รับอาหารเสริมแคโรทีนอยด์ สอดคล้องกับการทดลองของ Gouveia et al., (2003) พบว่า ปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมแคโรทีนอยด์ทุกชนิดที่ความเข้มข้น 45, 80, และ 120 ppm มีค่าความเข้มสี (L*) และข้าวสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 40.0-53.1 และ 22.2-34.6 ตามลำดับ โดยปลาทองที่ได้รับอาหาร

เสริมสาหร่ายคลอเรลลา ที่ 120 ppm มีค่าสีทุกค่าสูงสุด และผลการเจริญเติบโตพบว่า การเจริญเติบโตปลาทองที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสุดท้าย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น หรืออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรอาหารที่เสริมแคโรทีนอยด์ และไม่เสริมแคโรทีนอยด์ ผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับการทดลองของ สุภฎา (2548) ซึ่งพบว่าการเสริมสไปรูไลนา ที่ระดับความเข้มข้น 3% มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองมีค่าสูงสุด และแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ ขณะที่การเสริมสไปรูไลนาในอาหาร 5% มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อาจเกิดเนื่องจากองค์ประกอบของสารอื่นๆ ในสาหร่ายมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ชนิดเดียวกันก็ให้ผลการใช้เป็นแหล่งของสารสีในปลาทองต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับของแคโรทีนอยด์ที่เหมาะสม

สาหร่ายสไปรูลินาสามารถเร่งสีของปลาทองให้มีสีเหลือง และสีแดงเพิ่มมากขึ้น (Kiriratnikom *et al*., 2005) ซึ่งในการเลี้ยงปลาสวยงามยังพบกับการเกิดโรคต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นโรคที่เกิดจากปรสิตภายนอก เชื้อรา เชื้อไวรัส หรือเชื้อแบคทีเรีย (Chitmanat, 2011) แคโรทีนอยด์เป็นสารที่ช่วยให้มีการสร้างแอนติบอดีต่อต้านเชื้อ *Streptococcus agalactiae* และยังช่วยให้ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวของปลานิลแดงเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่เสริมแคโรทีนอยด์ (Udom, 2006 ) สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) และสาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) จัดเป็นแหล่งอาหารที่คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ซึ่งสาหร่ายสไปรูลินา (โดยน้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย โปรตีน ร้อยละ 54.4 ไขมัน ร้อยละ 1.9 ความชื้น ร้อยละ 10.9 เถ้า ร้อยละ 3.9 ใยอาหาร ร้อยละ 2.1 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 26.8 แคโรทีนอยด์ 4,000 ไมโครกรัมต่อกรัม และไฟโคไซยานิน 6,490 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่ผ่านมามีนักวิจัยหลายท่านนำสาหร่ายมาเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ (Kiriratnikom *et al*., 2005) ใช้สาหร่ายสไปรูลินาแห้ง ร้อยละ 1, 3 และ 5 ผสมในอาหารเลี้ยงปลาทอง (Meenakarn and Jirapunpipat, 2004) ใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา ร้อยละ 0 , 8 , 10 , 12 และ 14 เลี้ยงปลาทองสายพันธุ์รันชู นอกจากนี้ Promya and Chitmanat (2011) ได้ใช้สาหร่ายสไปรูลินา ร้อยละ 3 และ 5 และสาหร่ายไก ร้อยละ 5 ผสมในอาหารเลี้ยงปลาปลาดุกแอฟริกา จากคุณค่าทางโภชนาการ และรงควัตถุชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในสาหร่ายสไปรูลินาและสาหร่ายไก ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการใช้สาหร่าย 2 ชนิดนี้มาทำการเสริมในอาหารเพื่อทดลองเลี้ยงปลาทอง และปลาปลาดุกแอฟริกา โดยในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเติบโต การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรคของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายชนิด และปริมาณที่แตกต่างกัน และเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายชนิด และปริมาณที่แตกต่างกัน

การเกิดสีสันที่เข้มสดใสขึ้น ช่วยสร้างศักยภาพให้สามารถแข่งขันทางด้านการตลาดของปลาสวยงามทั้งใน และต่างประเทศต่อไป ดังนั้น ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงอาหารที่ให้กับปลาทองว่ามีคาโรทีนอยด์เพียงพอ เมื่อปลาได้รับอาหารที่มีคาโรทีนอยด์ แล้วจะทำให้มีสีสันสวยงามได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) ตลอดจนศึกษาผลของการใช้สารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของปลาทอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารเร่งสีสำหรับปลาทองต่อไป

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) ก่อนการนำไปผสมในอาหารเลี้ยงปลาทอง

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของปลาทอง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหารสัตว์น้ำไปในทิศทางและความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าโดยเฉพาะสาหร่ายสีแดงน้ำจืด และเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง ซึ่งก็คือปลาสวยงาม เป็นการยกระดับคุณภาพของปลาสวยงามให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาสวยงาม เกษตรกรที่อยู่ในแหล่งสาหร่ายสีแดงน้ำจืด และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาสวยงาม อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการสกัดสารสีจากสาหร่าย เพื่อพัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหาร และอาหารปลาสวยงาม ให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาสวยงาม และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารปลาสวยงาม และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง และเพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลทางด้านการเกษตร 4.0 ของประเทศไทย

# วิธีการดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ในการเร่งสีของปลาทอง ระดับความเข้มข้นที่ใช้ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

**การวางแผนการทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ต่างกัน 5 ระดับคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสารสกัดหยาบ (สูตรควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 25 มก./อาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 50 มก./อาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 75 มก./อาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 100 มก./อาหาร 1 กก.

**การเตรียมอุปกรณ์การเลี้ยงปลาทดลอง**

ใช้ตู้กระจกในการเลี้ยง ขนาด 50x100x50 ซม. จำนวน 15 ตู้ ทำความสะอาด เติมน้ำจืดที่สะอาด สูง 40 ซม. ซึ่งจะมีปริมาตรน้ำในตู้กระจกเท่ากับ 200 ลิตร มีการให้อากาศตลอดเวลาโดยใช้สายยาง และหัวทราย ปิดด้านข้างของตู้ด้วยถุงพลาสติกสีดำเพื่อป้องกันการตื่นตกใจของปลา

**การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย**

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเก็บจากน้ำตกในเตา จ.นครศรีธรรมราช (N 07° 57.515; E 099° 46.474) (วรรณิณี และ ชยากร, 2556) นำสาหร่ายสดที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทิ้งไวให้แห่งแล้วอบให้แห้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสาหร่ายแห่ง แล่วนำมาสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณของสารสกัดหยาบ (crude extract) ของสารสีแคโรทีนอยด (carotenoid) ต่อไป แบ่งสาหร่ายอบแห้งไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) และสารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) ก่อนการนำไปผสมในอาหารเลี้ยงปลาทอง

**การเตรียมสารสกัดหยาบจากสาหร่าย**

ทำการสกัดสาหร่ายด้วยการดัดแปลงตามวิธีของ de Quiros and Costa (2006) โดยนำสาหร่ายตากแห้งมาบดให้ละเอียดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในขวดสีชา จากนั้นเติมเอทานอล 95% v/v ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำไปทำให้เซลล์แตกด้วยคลื่นความถี่สูงนาน 5 นาที และแช่ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้รงควัตถุถูกสกัดออกมาจากเซลล์ แล้วนำสารละลายไปปั่นแยกเศษเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้นำไปกลั่นระเหยสุญญากาศทำให้

เข้มข้นจนได้สารสกัดอยู่ในรูป crude extract นำไปชั่งน้ำหนักและเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อทำการทดลองต่อไป

**การเตรียมสัตว์ทดลอง**

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองในปลาทองอายุ 2 เดือน ขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร ที่มีสีส้มแดงทั่วตัวให้มีระดับสีใกล้เคียงกัน โดยก่อนเริ่มทำการทดลองจะนำลูกปลามาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาด 1x4x1 เมตร ใส่น้ำ 0.8 ตัน (1x4x0.2 เมตร) ให้อาหารสมทบ (สูตรควบคุม) ที่จะใช้เลี้ยงวันละ 2 ครั้ง เพื่อให้ลูกปลาปรับสภาพก่อนเริ่มทำการทดลอง จนกระทั่งลูกปลาเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาลงเลี้ยงในตู้ทดลอง จำนวน 15 ตัว/ตู้ (ความหนาแน่นประมาณ 30 ตัว/ตารางเมตร) ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลาในทุกชุดการทดลอง

**การเตรียมอาหารทดลอง**

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป (อาหารปลาทับทิมไฮเกร็ด 9951) เหมือนกันในทุกชุดการทดลอง ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (NFE) เท่ากับ 32.69, 4.84, 11.14, 8.91, 7.45 และ 34.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นำสารสกัดหยาบจากสาหร่ายมาละลายใน absolute ethanol ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันตามแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาทับทิมทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปศึกษาทดลอง

**การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

**อาหารและการให้อาหาร**

ให้อาหารทั้ง 5 ชุดการทดลองทุกวัน วันละ 2 มื้อ (เช้า–เย็น) ตลอดการทดลอง ให้จนอิ่ม โดยในครั้งแรกจะให้อาหารประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และปรับปริมาณตามการกินอาหารของปลา บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารที่ให้ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่อไป

**การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร**

ทำการสุ่มตัวอย่างปลาทับทิมจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 10 ตัว/ตู้ เพื่อชั่งน้ำหนักทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน นำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) และนำมาคำนวณค่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ADG, กรัม/วัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้น

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % ต่อวัน)

$$= \left( \frac{\ln \text{ น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น.น. ปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \right) \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ADG, กรัม/วัน)

$$= \frac{(\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)}}$$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %)

$$= \frac{(\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตรารอดตาย (survival rate, %) $= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

**การศึกษาสีผิวตัวภายนอก**

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการประเมินสีผิวตัวภายนอก โดยทำการสุ่มปลาในแต่ละชุดการทดลองจำนวนซ้ำละ 5 ตัว ใช้การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) สอบเทียบเครื่องวัดสีตามคู่มือแนะนำก่อนการใช้งานทุกครั้ง ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** โดยวัดค่าสีทั้งหมด 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณลำตัวส่วนบนใต้ครีบหลัง และเปรียบเทียบระดับสีของปลาในแต่ละชุดการทดลอง

**การศึกษาคุณภาพน้ำ**

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter (Clean รุ่น pH 500B), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS), ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration), แอมโมเนียรวม และไนไตรท์

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำการหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และการศึกษาสีผิวตัวภายนอกและสีของเนื้อปลา ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นำมาใช้เลี้ยงปลาทองที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 22.25±1.07 กรัม เป็นเวลา 4 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

**องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด**

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดอบแห้ง พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต (NFE) และ แคโรทีนอยด์ เท่ากับ 19.83±0.03, 1.40±0.04, 8.23±0.01, 48.82±1.75, 3.86±0.02, 17.86±1.23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.070±0.01 mg $g^{-1}$cell ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chankaew *et al.* (2017) รายงานว่า สาหร่ายสีแดงน้ำจืดชนิดเดียวกันนี้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 0.076±0.01 mg $g^{-1}$cell

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) อบแห้ง

| องค์ประกอบทางเคมี | ปริมาณ |
|---|---|
| โปรตีน (%) | 19.83±0.03 |
| ไขมัน (%) | 1.40±0.04 |
| ความชื้น (%) | 8.23±0.01 |
| เถ้า (%) | 48.82±1.75 |
| เยื่อใย (%) | 3.86±0.02 |
| คาร์โบไฮเดรต (%) | 17.86±1.23 |
| Carotenoid (mg $g^{-1}$cell) | 0.070±0.01 |

**การเจริญเติบโต**

**น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว**

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทอง ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน พบว่า ปลาทองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองปลาที่ใช้ทดลองทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 22.25±1.07 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อทำการทดลองเลี้ยงในเดือนที่ 1, 2, 3 และจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทอง ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 45.26±5.23, 47.38±4.68, 49.06±4.73, 48.02±6.08 และ 45.06±6.02 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1)

**ตารางที่ 2** น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ระยะเวลาการเลี้ยง (เดือน) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มทดลอง | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 (0 mg/kg) | 22.29±0.91[a] | 27.23±3.07[a] | 35.22±3.98[a] | 40.06±4.73[a] | 45.26±5.23[a] |
| 2 (25 mg/kg) | 22.15±1.20[a] | 27.86±2.42[a] | 34.29±2.25[a] | 38.67±4.63[a] | 47.38±4.68[a] |
| 3 (50 mg/kg) | 22.44±1.17[a] | 28.55±2.18[a] | 34.53±2.55[a] | 39.62±3.35[a] | 49.06±4.73[a] |
| 4 (75 mg/kg) | 22.34±1.17[a] | 26.36±2.21[a] | 34.61±2.42[a] | 40.25±3.48[a] | 48.02±6.08[a] |
| 5 (100 mg/kg) | 22.04±1.07[a] | 26.71±2.85[a] | 33.27±3.01[a] | 38.17±3.57[a] | 45.06±6.02[a] |

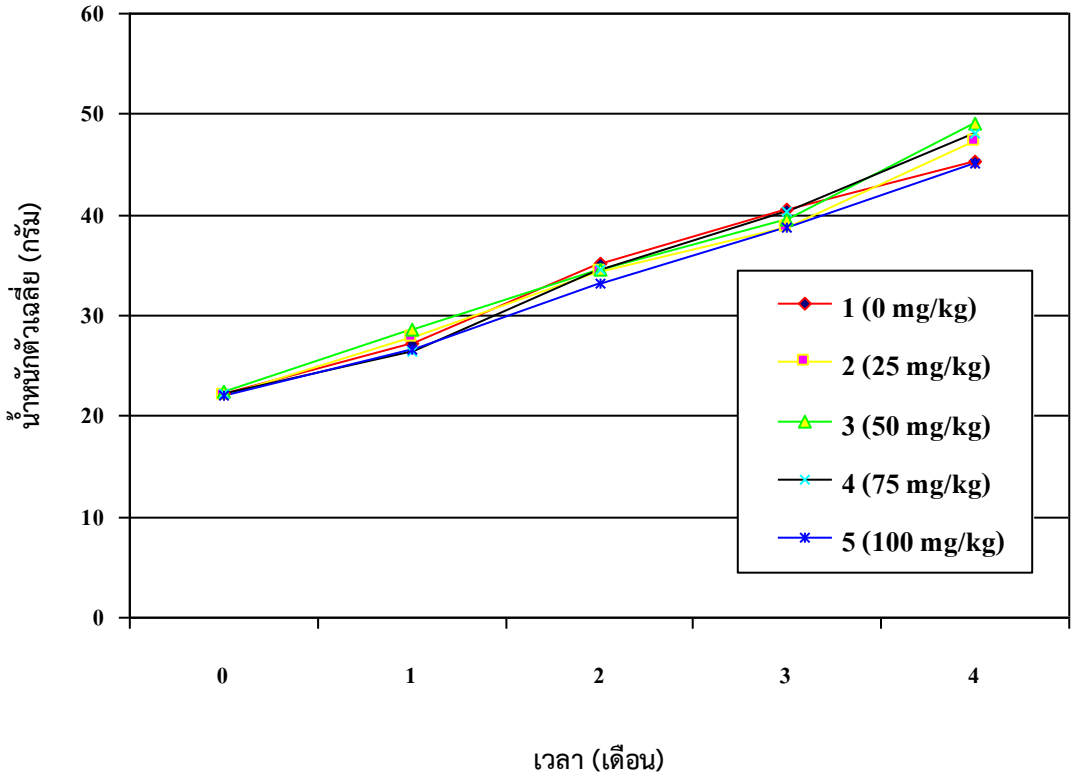
หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

**น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย**

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : %/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, g/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลาทอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) ของปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 104.76±16.13, 114.31±18.30, 118.69±8.46, 115.41±14.20 และ 102.99±16.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) ของปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.59±0.07, 0.63±0.07, 0.65±0.03, 0.64±0.06 และ 0.60±0.07 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ




**ภาพที่ 1** การเจริญเติบโตของปลาทอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, กรัม/วัน) ของปลาทองที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.19±0.03, 0.21±0.03, 0.22±0.02, 0.21±0.02 และ 0.19±0.03 กรัม/วัน ตามลำดับ

อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราแลกเนื้อ (FCR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.19±0.15, 2.13±0.05, 2.01±0.17, 2.06±0.14 และ 2.14±0.12 ตามลำดับ

**ตารางที่ 3** การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

| การเจริญเติบโต | ชุดการทดลอง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (0 mg/kg) | 2 (25 mg/kg) | 3 (50 mg/kg) | 4 (75 mg/kg) | 5 (100 mg/kg) |
| น้ำหนักเริ่มต้น (g) | 22.29±0.91[a] | 22.15±1.20[a] | 22.44±1.17[a] | 22.34±1.17[a] | 22.04±1.07[a] |
| น้ำหนักสุดท้าย (g) | 45.26±5.23[a] | 47.38±4.68[a] | 49.06±4.73[a] | 48.02±6.08[a] | 45.06±6.02[a] |
| น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG,%) | 104.76±16.13[a] | 114.31±18.30[a] | 118.69±8.46[a] | 115.41±14.20[a] | 102.99±16.34[a] |
| อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/day) | 0.59±0.07[a] | 0.63±0.07[a] | 0.65±0.03[a] | 0.64±0.06[a] | 0.60±0.07[a] |
| อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, g/day) | 0.19±0.03[a] | 0.21±0.03[a] | 0.22±0.02[a] | 0.21±0.02[a] | 0.19±0.03[a] |
| อัตราแลกเนื้อ (FCR) | 2.19±0.15[a] | 2.13±0.05[a] | 2.01±0.17[a] | 2.06±0.14[a] | 2.14±0.12[a] |
| อัตรารอดตาย (SR, %) | 97.78±3.85[a] | 95.55±3.85[a] | 95.55±3.85[a] | 97.78±3.85[a] | 100.00±0.00[a] |

หมายเหตุ : - เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

อัตรารอดตาย (SR, %) ของปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรารอดตาย (SR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตรารอดตาย (SR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 97.78±3.85, 95.55±3.85, 95.55±3.85, 97.78±3.85 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทองที่ได้รับอาหาร (อาหารปลาทับทิม) ผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในชุดการทดลองที่ 1-5 จะเห็นได้ว่า ปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*C. beccarii*) เสริมในอาหาร ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 25-100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตาย ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับปลาทองในชุดควบคุม (P>0.05) แสดงให้เห็นว่า ระดับของการใช้สาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหาร ตั้งแต่ 25-100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทองแตกต่างไปจากการใช้อาหารสำเร็จรูปที่ไม่ได้เสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ทั้งนี้เนื่องจากการเสริมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวในอาหารสำเร็จรูปปลาทับทิมนั้น ไม่ได้ส่งผลให้อาหารทดลองมีระดับโปรตีนสูงขึ้น เพราะระดับโปรตีนในอาหารนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยตรง อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามไปด้วย (เวียง, 2542) สอดคล้องกับผลการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไกในอาหารเลี้ยงปลาทองของ ธัชศึกและคณะ (2554) พบว่า การเสริมสาหร่ายลงในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ วุฒิพร และคณะ (2550) รายงานว่า การเสริมแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ และสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลานิลแดงแปลงเพศ และเป็นไปในทำนองเดียวกับ วัฒนา และอุไรวรรณ (2562) ได้ทำการทดลองเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารเลี้ยงปลาคาร์ฟที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6, 8 และ 10% รายงานว่า การเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลาคาร์ฟ ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สามารถเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทอง

**ระดับสีที่ผิวลำตัวปลา**

ผลการวิเคราะห์ค่าสีที่ผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ระดับต่าง ๆ ทั้ง 5 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 4 เดือน ใช้เครื่องมือในการวัดค่าสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) รุ่น Ultra scan Vis, Hunter Assoc, Lab, Inc., USA ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** โดยวัดค่าสีบริเวณลำตัวส่วนบนใต้ครีบหลัง เปรียบระดับสีของปลาในแต่ละชุดการทดลอง ให้ผลการศึกษา ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 4 และภาพผนวกที่ 1-6)

ค่าสี *L** - ค่าความสว่าง ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 ชุดการทดลอง นาน 4 เดือนมีค่าอยู่ในช่วง 25.30±3.43 ถึง 30.17±2.36 ซึ่งปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายในทุกชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 2-5) มีค่า *L** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีค่า *L** สูงกว่าชุด

ควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยปลาทองในชุดการทดลองที่ 3 (50 mg/kg) มีค่า *L** สูงที่สุด เท่ากับ 30.17±2.36 (ตารางที่ 4)

ค่า *a** - ค่าสีแดง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 9.22±2.07 ถึง 11.01±2.59 โดยปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 5 (100 mg/kg) มีค่าสูงกว่าในปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมสารสกัดหยาบของสาหร่ายในชุดการทดลองอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 11.01±2.59 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดควบคุม ซึ่งมีค่า *a** ต่ำที่สุด เท่ากับ 9.22±2.07 (ตารางที่ 4)

ส่วนค่า *b** - ค่าสีเหลือง มีค่าอยู่ในช่วง 23.37±3.41 ถึง 26.11±3.14 โดยปลาทองที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 5 (100 mg/kg) มีค่าสูงกว่าในปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมสารสกัดหยาบของสาหร่ายในชุดการทดลองอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 26.11±3.14 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดควบคุม ซึ่งมีค่า *b** ต่ำที่สุด เท่ากับ 23.37±3.41 (ตารางที่ 4)

ระดับค่า *L** ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดทั้ง 4 ชุดการทดลอง (25-100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดหยาบของสาหร่าย สอดคล้องกับ อดิศักดิ์ และคณะ (2561) ทดลองเลี้ยงปลาทองออแรนดาด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237) พบว่า ระดับค่า *L** ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ผสมสาหร่ายในอาหาร นอกจากนี้ระดับความเข้มของสีผิวปลาทองที่ทดลอง พบว่า ค่าสี *a** และ *b** มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารทดลอง และปลาจากทองทุกชุดการทดลองที่มีการเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่าย (ที่ระดับ 25-100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) เสริมในอาหารให้ค่าสีของ *a** และ *b** สูงกว่าปลาทองที่ไม่ได้ใช้สารสกัดหยาบของสาหร่ายเสริมในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*C. beccarii*) มีสารสีที่เป็นรงควัตถุจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) เช่นเดียวกับในพืชชั้นสูงทั่วไป สอดคล้องกับรายงานของ วรรณิณี และชยากร (2556) จึงส่งผลให้ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายดังกล่าวมีระดับของสีเข้มขึ้นมากกว่าปลาที่ไม่ได้รับสารสีจากสาหร่าย สอดคล้องกับรายงานของ ธัชศึก และคณะ (2554) รายงานผลการใช้สาหร่ายบางชนิดเร่งสีในสัตว์น้ำและปรับปรุงสีของปลาสวยงาม พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) กับสาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) สามารถช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสีทำให้สีบนตัวปลาทองมีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น และสอดคล้องกับรายงานของ วัฒนา และอุไรวรรณ (2562) รายงานว่าเมื่อเพิ่มระดับของการเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารส่งผลให้ค่าสีแดง (*a** value) และค่าสีเหลือง (*b** value) ในปลาคาร์ฟเพิ่มสูงขึ้น

**ตารางที่ 4** ระดับสีที่ผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ระดับค่าสี | | |
|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** |
| 1 (0 mg/kg) | 25.30±3.43[b] | 9.22±2.07[b] | 23.37±3.41[b] |
| 2 (25 mg/kg) | 29.72±2.98[a] | 9.46±2.15[b] | 23.43±2.52[b] |
| 3 (50 mg/kg) | 30.17±2.36[a] | 10.13±2.65[ab] | 25.41±3.03[ab] |
| 4 (75 mg/kg) | 30.07±3.44[a] | 10.94±2.35[a] | 25.69±3.53[a] |
| 5 (100 mg/kg) | 30.16±2.21[a] | 11.01±2.59[a] | 26.11±3.14[a] |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบในอาหารปลาทดลอง
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

**คุณภาพน้ำ**

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 25.95±2.32 ถึง 29.23±1.52 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.55±0.18 ถึง 8.03±0.50 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.62±0.40 ถึง 6.78±0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างของน้ำ 85.68±2.30 ถึง 108.65±2.20 มิลลิกรัมต่อลิตรเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.31±0.03 ถึง 0.47±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.15±0.06 ถึง 0.33±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่ปลาทับทิมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในบ่อ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

**ตารางที่ 5** คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงปลาทอง ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | อุณหภูมิ (°C) | ความเป็นกรดเป็นด่าง | ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) | ความเป็นด่าง (mg/l) | แอมโมเนีย (mg/l) | ไนไตรท์ (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (0 mg/kg) | 27.65-29.00 | 7.63-8.03 | 6.66-6.72 | 85.68-103.78 | 0.32-0.39 | 0.18-0.27 |
| 2 (25 mg/kg) | 26.03- 29.05 | 7.55-7.96 | 6.62-7.78 | 89.56-108.65 | 0.35-0.47 | 0.19-0.30 |
| 3 (50 mg/kg) | 28.64-29.10 | 7.66-7.88 | 6.64-6.70 | 90.78-105.73 | 0.33-0.42 | 0.15-0.33 |
| 4 (75 mg/kg) | 25.95-29.21 | 7.59-7.95 | 6.69-6.75 | 89.17-102.64 | 0.36-0.40 | 0.23-0.29 |
| 5 (100 mg/kg) | 26.04-29.23 | 7.58-8.02 | 6.65-6.70 | 90.60-107.39 | 0.31-0.39 | 0.20-0.28 |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารปลาทดลอง

# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

ทุกระดับความเข้มข้นของการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหาร (25-100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ($P>0.05$) การผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหาร ส่งผลให้ระค่าสี *L**, *a** และ *b** สูงกว่าสูงกว่าปลาในชุดการทดลองที่ไม่ผสมสารสกัด (ชุดควบคุม) และค่าสี *a** และค่าสี *b** ของผิวหนังปลาทองเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ผสมในอาหาร ($P<0.05$) โดยขนาดของสารสกัดหยาบที่แนะนำคือ 75 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของสารสีแอสต้าแซนทินในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด และในอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการยืนยันผลการทดลองได้อย่างแท้จริง
2. ควรทำการศึกษาถึงต้นทุนในอาหารปลาเสริมสารสกัดหยาบสาหร่ายสีแดงน้ำจืดด้วย
3. ผู้สนใจ สามารถนำสูตรอาหารดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพิ่มระดับสีของปลาทองเชิงพาณิชย์ได้

# บรรณานุกรม


กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง. 2550. การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากผนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16 น.

จงกล พรมยะ และขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

จงกล พรมยะ และนิวุฒิ หวังชัย. 2546. การเพาะเลี้ยงสาหรายสไปรูลินาเพื่อเปนอาหารปลาสำเร็จรูป. ภาควิชา เทคโนโลยีการประมงคณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแมโจ. 76 น.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูรินา และสาหร่ายไกต่อการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและการสร้างการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*). วารสารการประมง. 62: 511 - 518.

จงกล พรหมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเติบโต ดัชนีการเจริญพันธุ์ สารสีแคโรทีนอยด์ และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 157 น.

จงกล พรมยะ, บัญชา ทองมี และขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2555. ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคราฟ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6: 11 - 22.

เพ็ญศรี เมืองเยาว์, ทศพล พลรัตน์, อัตรา ไชยมงคล และ ไวทัศน์ หนูกล่ำ. 2556. การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาตะกรับ (*Scatophagus argus* Linneaus, 1766) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยสาหร่ายไส้ไก่. เอกสารวิชาการ กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา. 18 น.

ธัชศึก พร้อมคุ้ม, จงกล พรหมยะ, เกลียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ และชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและปรับปรุงสีของปลาทอง. การประชุมวิชาการสาหร่าย และแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2556. สาหรายน้ำจืดในประเทศไทย. หองปฏิบัติการวิจัยสาหรายประยุกต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม, เชียงใหม.

วรรณิณี จันทรแกว และชยากร ภูมาศ. 2556. ปริมาณรงควัตถุในสาหรายสีแดงน้ำจืดบางชนิดจากจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารเทคโนโลยีการประมง 7(S1) : 61-70.

วัฒนา วัฒนกุล และอุไรวรรณ วัฒนกุล. 2562. ผลของการเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และระดับสีของปลาคาร์ฟ. น. 1207-1217. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 12 : 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ภูเก็ต.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อุดมนันท์ อุดม, กิจการ ศุภมาตย์ และสุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2550. ผลของแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการสะสมแคโรทีนอยด์และภูมิคุ้มกันในปลานิลแดงแปลงเพศ. วารสารสงขลานครินทร์. 29(5) : 1301-1319.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

ศรีประภา บุตรดามา สุดาพร ตงศิริ จงกล พรมยะ และอุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2557. สภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไข่หินและสาหร่ายลอนในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 8 : 60 - 73.

สมรักษ์ รอดเจริญ. 2550. การผลิตชีวมวล การสะสมแป้งและการผลิตกรดอินทรีย์โดยกระบวนการหมักด้วยแอนแอโรบิคแบคทีเรียจากชีวมวลสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 151 น.

สุจนีย์ พรโสภิณ ประสาน พรโสภิณ และสมพร กันธิยะวงค์. 2554. การเลี้ยงปลาเลียหินด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูไลนาในสัดส่วนที่ต่างกัน. วารสารการประมง. 64 : 230 - 240.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* . วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น. 40 (1) : 208 - 217.

สุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2548. ระดับของสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*). วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 27 (1) : 133-139.

อดิศักดิ์ เกลี้ยงตะพงศ์, การุณ ทองประจุแก้ว และสมรักษ์ รอดเจริญ. 2561. การเจริญเติบโตของปลาทองออแรนดา (*Carassius auratus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 10 (3) : 356-367.

Amit Jana, J. D. Saroch, K. Borana. 2013. Effect of spirulina as a feed supplement on survival and growth of pangasius sutchi. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2014 : 77 – 79.

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists, Washington D.C.

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

Chankaew, W., Amornlerdpison, D., Lailerd, N. and Boonprab K. 2017. NEW EDIBLE RED MACROALGA, *Caloglossa beccarii* DeToni FROM THAILAND : Toxicological, nutritional and antioxidant activity evaluation, for the first record of edible alga, *Caloglossa beccarii* DeToni, from Thailand. Phycologia (ISSN: 00318884). 56 (4) : 30-30.

Chien, Y. H., Pan, C. H. and Hunter, B. 2003. The resistence to physical stresses by *Penaeus monodon* juveniles fed diets supplemented with astaxanthin. Aquaculture. 216 : 333 - 346.

Chitmanat C. Ornamentfish diseases. [Internet]. 2011. [cited 2011 May 6] Available : from: http://www.fishtech. mju.ac.th/FishNew 1/OSS/index.php?action=main&id =16&os_c_id =15&Categ ory=. Thai.

de Quirós, A.R. and Costa, H.S. 2006. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. J. Food Compos. Anal. 19 : 97 – 111.

Goodwin T.W. 1984. The biochemistry of the carotenoids. Volume II animals. Chapman and Hall. New York. 224 p.

Gouveia l., P. Rema, O. Pereira and J. Empis. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* And *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition. 9 : 123 - 129.

Hunter, B. 2000. Physiological function of astaxanthin and other carotenoids in marine organisms. In First South East Asia and Pacific Regional Meeting in carotenoids. p.19. Bangkok Thailand 2-5 August 2000. Mahidol University, Bangkok.

Kiriratnikom, S., Zaau, R. and Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*). Songklanakarin Journal of Science and Technology. 27: 133 - 139.

Knauer, J. and Southgate, P. C. 1996. Nutritional value of spraydrird freshwater alga, *Spongiococcum excentricum,* for Pacificoyster, (*Crassostrea gigas*) spat. Aquaculture. 146 : 135 - 146.

Kumano, S. 2002. Freshwater Red Algae of the World. Bristol: Bioprcss Limited, 375 pp.

Latscha, T. 1911. Carotenoids in aquatic animal nutrition. pp. 63-78. *In* Proceeding of The Aquaculture Feed Proceeding and Nutrition Workshop, Bangkok Thailand, Sep. 19-25 1991.

Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. Common seaweeds and seagrasses of Thailand. Faculty of Fisheries, Kasatsart Universityy. 164 p.

Lovell, T. 1934. Nutrition and Feeding of Fish. United States of America. 260 p.

Meenakarn W, Jirapunpipat K. 2004. An application of carotenoid pigment from blue green algae (Spirulina spp.) for Ranchu fish quality improvement. Thai Fisheries gazette. 57 (2) : 107 - 115. Thai.

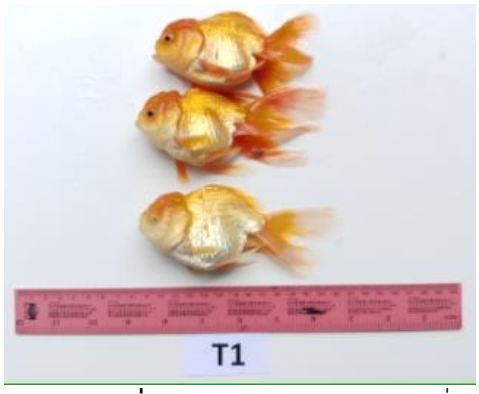
Menasveta, P., Worawattanamateekul, W., Latscha, T. and Clark, J.S. 1993. Correction of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricus) coloration by astaxanthin. Aquaculture Engineering. 12 : 203 - 213.

Ohkubo, M., Tsushima, M., Maoka, T. and Matsuno, T. 1999. Carotenoids and their Metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). Comparative Biochemistry and Physiology. 124 : 333 - 340.

Promya J, Chitmanat C. 2011. The effects of *Spirulina platensis* and Cladophora algae on the growth performance meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*). Int J. Agr. Biol. 13 (1) : 77 – 82.

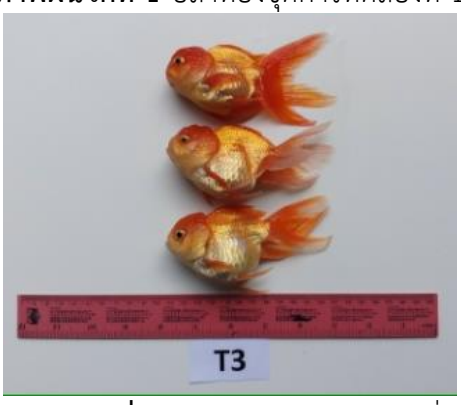
Udom U. 2006. Effects of synthetic carotenoids and Spirulina on growth performance carotenoid deposition and immunity in sex-reversed Red tilapia [MSc thesis]. Songkla: Songkla University; Thai.

# ภาคผนวก

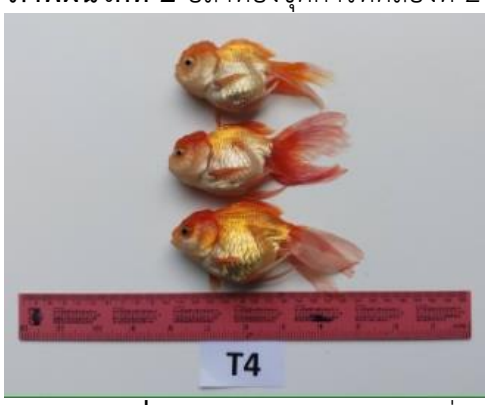



**ภาพผนวกที่ 1** ปลาทองชุดการทดลองที่ 1

**ภาพผนวกที่ 2** ปลาทองชุดการทดลองที่ 2




**ภาพผนวกที่ 3** ปลาทองชุดการทดลองที่ 3




**ภาพผนวกที่ 4** ปลาทองชุดการทดลองที่ 4

**ภาพผนวกที่ 5** ปลาทองชุดการทดลองที่ 5

**ภาพผนวกที่ 6** ปลาทองจากทุกชุดการทดลอง