ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง 23096

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้แอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. เพื่อเร่งสีปลาซันเซ็ท (*Xiphophorus variatus*)

Utilize of astaxanthin from *Haematococcus* sp. for enhancing colour of sunset fish (*Xiphophorus variatus*)

T099451

โดย

นายอนุรักษ์ ทิมศรี

2W
0199
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99451
วัน.เดือน.ปี.....

b 11885427
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การใช้แอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ในการเร่งสีปลาซันเซ็ท (*Xiphophorus variatus*)

Utilization of astaxanthin from *Haematococcus* sp. for enhancing colour of sunset fish (*Xiphophorus variatus*)

ชื่อนักศึกษา นายอนุรักษ์ ทิมศรี

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 16 **เดือน** พ.ค. **พ.ศ.** 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้แอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. เพื่อเร่งสีปลาซันเซ็ท (*Xiphophorus variatus*)

Utilizatoin of astaxanthin from *Haematococcus* sp. for enhancing colour of sunset fish (*Xiphophorus variatus*)

การใช้แอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ที่เหมาะสมเพื่อเร่งสีปลาซันเซ็ท โดยใช้อาหารผสมแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงสีบนลำตัวปลา ทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุด คือ 22.44±0.57 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 13.30±0.38 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ค่าความสว่างของสี (L) บริเวณโคนหางไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 40.63±1.67 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ค่าความสว่างของสี (L) และค่าความเข้มของสีแดง (a*) บริเวณส่วนหัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นปริมาณของแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus sp.* ที่เหมาะสมในการเร่งสีปลาซันเซ็ท ก็คือ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าขาดบุคคลที่สำคัญ 2 ท่านคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช เลาหวิสุทธิ์ และคุณ ลำพึง พุ่มจันทร์ ที่ช่วยเหลือและผลักดันให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะอาจารย์ นงนุช ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำดีๆ แก่ข้าพเจ้าเสมอมา พร้อมทั้งให้อะไรดีๆอีกหลายอย่างที่ข้าพเจ้าไม่เคยได้รับมาก่อน ขอบพระคุณครับ ขอขอบพระคุณดร. อัจฉรี ที่ให้คำปรึกษาพร้อมกับรอยยิ้มเสมอมา และปัญหาพิเศษฉบับนี้จะไม่สมบูรณ์เลย หากขาดบุคคลเหล่านี้ได้แก่

ขอบพระคุณอาจารย์ภาควิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน อาจารย์อนันญา, อาจารย์สมชาย, อาจารย์ศักดิ์ชัย, อาจารย์ปวีณา, อาจารย์มณฑล, อาจารย์รุ่งตะวัน และอาจารย์สุนีรัตน์ ที่ให้ความรู้ในด้านวิชาการ และความรู้ในด้านต่างๆอีกมากมายเพื่อนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต

ขอขอบคุณพี่ๆเจ้าหน้าที่ภาคทุกท่าน พี่แสง, พี่มอญ, พี่โก๋ และพี่นิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์พร้อมกับคำแนะนำที่ดี

ขอขอบคุณพี่ปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการแก้ปัญหามาโดยตลอด โดยเฉพาะ พี่โป่ง, พี่บอล และพี่ยะ ขอขอบคุณจากใจจริงครับ

ขอบคุณเพื่อนๆรุ่น 10 ทุกคนทั้งที่กรุงเทพและวิทยาเขตชุมพร โดยเฉพาะเพื่อนๆหอราชเพื่อนๆหอริมน้ำ และเพื่อนๆเด็กโปรเจคอาจารย์นงนุช และอาจารย์อัจฉรี ทุกคนที่เป็นเพื่อนที่ดีคอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นให้ผ่านไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพ่อแม่ พี่ชาย และน้ำที่ให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด และให้หลายสิ่งหลายอย่างจนทำให้ผมมีวันนี้

หากปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใด ผมขอยกความดีส่วนนี้ให้แก่บุคคลที่กล่าวมาทั้งหมด และถ้ามีความผิดพลาดประการใดผมขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

นายอนุรักษ์ ทิมศรี

เมษายน พ.ศ.2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	8
ผลการทดลองและวิจารณ์	10
สรุปและข้อเสนอแนะ	20
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ	10
2	การเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ	11
3	อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตรารอดตายของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ	11
4	อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตรารอดตายของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ	12
5	ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	13
6	ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	14
7	ค่าความสว่างของสีบริเวณโคนหาง (L) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	15
8	ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	15
9	ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	16
10	ค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	17

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณโคนหางปลาซันเซ็ท ตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงสัปดาห์ที่ 4	24
2	ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณโคนหางปลาซันเซ็ท ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสิ้นสุดการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ **หน้า**

3	ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณส่วนหัวปลาซันเซ็ท ตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงสัปดาห์ที่ 4	26
4	ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณส่วนหัวปลาซันเซ็ท ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสิ้นสุดการทดลอง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของปลาซันเซ็ท	3
2	ลักษณะทั่วไปของสาหร่าย *Haematococcus pluvialis*	4
3	โครงสร้างทางเคมีของแอสตาแซนทิน	5
4	สีผิวปลาซันเซ็ทก่อนการทดลอง	18
5	สีผิวปลาซันเซ็ทเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	19

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (CRD) ความเข้มข้นของแอสตาแซนทินต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25 , 50 , 75 และ100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ	22
2	เครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300	22
3	วิธีการวัดสี ด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter)	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจปลาสวยงามมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเลี้ยงปลาสวยงามได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะปลาสวยงามกลุ่มออกลูกเป็นตัวเป็นกลุ่มที่มีการเพาะเลี้ยงเป็นจำนวนมากเพราะเป็นกลุ่มปลาที่เลี้ยงง่ายและได้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก แต่ผลผลิตส่วนใหญ่นั้นขาดคุณภาพในด้านสีสันบนลำตัวจึงทำให้มีราคาถูก เนื่องจากการสะสมสารสีในตัวปลานั้นต้องอาศัยการบริโภคเข้าไปโดยไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองในตัวปลาได้ ดังนั้นสารเร่งสีเริ่มมีบทบาทในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้นโดยสามารถทำให้สีผิวของสัตว์น้ำมีสีสันที่สวยขึ้น การเลือกใช้สารเร่งสียังมีข้อจำกัดในด้านราคาที่สูงทำให้ต้องมีการศึกษาปริมาณการใช้สารเร่งสีอย่างเหมาะสมเพื่อให้ไม่เป็นการสิ้นเปลือง สารเร่งสีที่นิยมใช้คือสารแอสตาแซนทินซึ่งเป็นสารที่ให้สีแดงโดยสัตว์น้ำจำพวกปลาสามารถสะสมไว้ที่กล้ามเนื้อซึ่งทำให้ปลามีสีสันสะดุดตาและมีสีที่คงทน โดยสารแอสตาแซนทินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำพวก salmonids ได้แก่ ปลาแซลมอนและปลาเทราท์ เพื่อเพิ่มสีสันของเนื้อให้มีสีแดงสดน่ารับประทานและได้ราคาสูง

ดังนั้นการศึกษาระดับสารแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในการผสมอาหารของปลาซันเซทซึ่งเป็นตัวแทนของปลาในกลุ่มปลาสวยงามออกลูกเป็นตัว เป็นการเพิ่มคุณภาพให้เป็นที่ต้องการของตลาด และยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาสวยงามกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัวอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอสตาแซนทินที่ใช้ผสมในอาหารเพื่อเร่งสีปลาซันเซ็ท

2.เพื่อศึกษาผลของแอสตาแซนทินต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาซันเซ็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

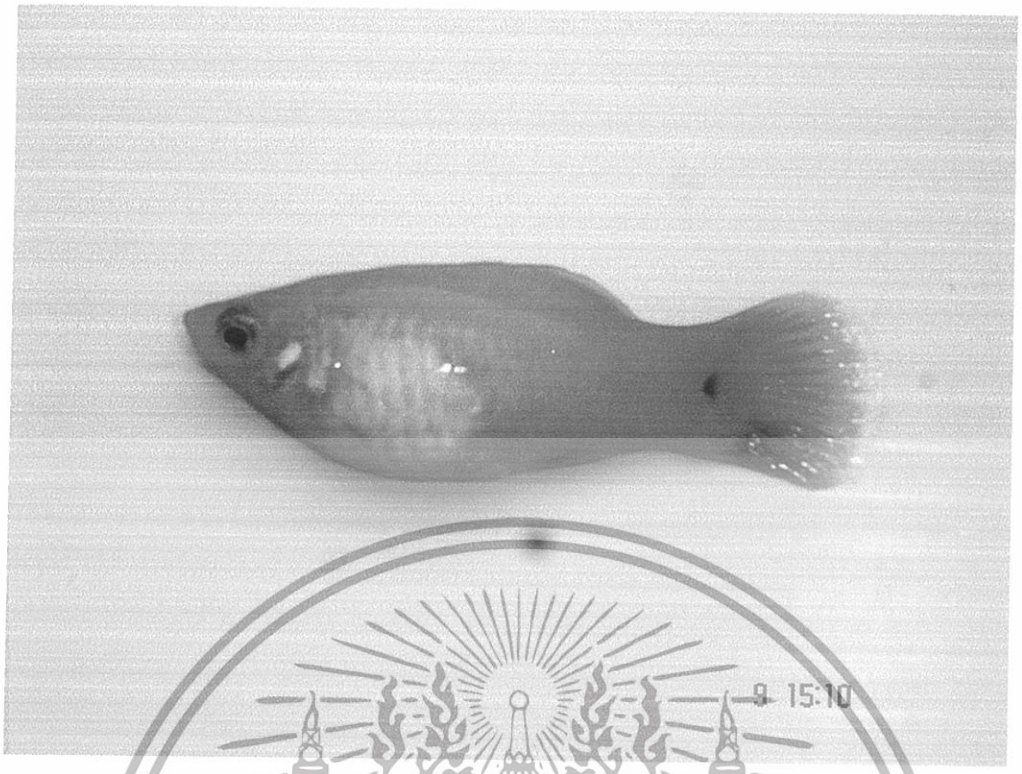
การตรวจเอกสาร

ปลาออกลูกเป็นตัว

ปลาออกลูกเป็นตัว หมายถึง กลุ่มปลาที่ออกลูกเป็นตัวโดยไข่ที่อยู่ในท้องของตัวเมียที่ได้รับการปฏิสนธิ (Fertilization) กับเชื้อตัวผู้ (Spermatozoa) แล้วเจริญและพัฒนาอยู่ในรังไข่ประมาณ 6 สัปดาห์ จึงฟักออกเป็นตัวหลุดออกจากท้องแม่ปลา สามารถว่ายน้ำเป็นอิสระและมีอวัยวะทุกอย่างสมบูรณ์เหมือนปลาเต็มวัย กลุ่มปลาออกลูกเป็นตัวนับเป็นกลุ่มปลาที่มีความน่าสนใจมากที่สุดในการเพาะเลี้ยงเพื่อการค้า เนื่องจากมีสีสันสวยงามและมีความหลากหลายของสายพันธุ์ทั้งยังสามารถแพร่พันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว ปลาออกลูกเป็นตัวชอบอยู่ในแหล่งน้ำที่ไม่ลึกนักถูกจัดเป็นปลาผิวน้ำ พบทั่วไปตามแหล่งน้ำไหล แม่น้ำสายเล็ก ๆ หรือในแหล่งน้ำนิ่ง ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-สิงหาคมจะเป็นช่วยที่สามารถรวบรวมปลาออกลูกเป็นตัวจากแหล่งน้ำธรรมชาติได้มากที่สุด ปลาออกลูกเป็นตัวแบ่งออกได้เป็น 2 อันดับใหญ่ ๆ คืออันดับ (Order) Beloniformes และอันดับ (Order) Cyprinodontiformes ในบรรดาปลาสวยงามที่ออกลูกเป็นตัว ปลาแพลทตี้ ปลาสอด และปลามอลลี่ จัดเป็นปลาสวยงามที่เลี้ยงง่ายแข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อม โดยเพศผู้จะมีอวัยวะช่วยสืบพันธุ์ซึ่งมีการพัฒนาลักษณะโครงสร้างมาจากก้านครีบก้นคือ มีลักษณะแหลมยาวเรียกว่า โกโนโพเดียม (Gonopodium) ซึ่งจะใช้เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ผสมกับเพศเมียส่วนอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอกของเพศเมียจะมีช่องเพศอยู่บริเวณหน้าครีบก้น ซึ่งเพศผู้จะใช้อวัยวะที่เรียกว่าโกโนโพเดียม สอดเข้าไปในช่องเพศของเพศเมียเพื่อส่งน้ำเชื้อเข้าไปผสมกับไข่ของเพศเมียหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในท่อนำไข่ (Oviduct) ปลาในกลุ่มนี้สามารถออกลูกเป็นตัว โดยไข่ที่อยู่ในท้องของเพศเมียจะถูกผสมพันธุ์โดยน้ำเชื้อของเพศผู้ และไข่ก็จะพัฒนาอยู่ในท้องของเพศเมียจนกระทั่งฟักออกเป็นตัว (วันเพ็ญ และคณะ, 2546)

ปลาซันเซ็ท (Sunset) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Xiphophorus variatus*) เป็นปลาที่มีต้นกำเนิดในประเทศเม็กซิโก กัวติมาลา และฮอนดูลัสในทวีปอเมริกาใต้ ปกติอาศัยอยู่ร่วมกันเป็นฝูงในห้วยลำธารที่มีน้ำใสสะอาด ขนาดโดยเฉลี่ยของปลาเพศผู้และเพศเมียประมาณ 4 เซนติเมตร เป็นปลาลำตัวเล็กแบนด้านข้าง โคนหางใหญ่คอดมีสีเหลืองอมส้ม ทุกครีบมีสีเหลืองทอง ยกเว้นครีบหางและโคนหางจะมีสีแดงเข้ม หัวแหลมราบลงขอบตาสีดำ โดยการสืบพันธุ์ปลาเพศผู้จะใช้โกโนโพเดียมสอดเข้าไปในช่องเพศของปลาเพศเมียที่อยู่หน้าครีบก้นเพื่อส่งน้ำเชื้อเข้าไปผสมกับไข่ของเพศเมีย หรืออาจถูกเก็บไว้ในท่อนำไข่ (Oviduct) ซึ่งปลาเพศเมียอาจเก็บน้ำเชื้อไว้ในร่างกายได้นานโดยไม่ต้องมีการผสมพันธุ์กับปลาเพศผู้อีกในครั้งต่อๆ ไป โดยปลาจะตั้งท้องประมาณ 28 วันโดยจะออกลูกเป็นตัว และพบพฤติกรรมการกินลูกตัวเองหลังจากคลอด ปลาซันเซ็ทเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นปลาที่มีสีสันสวยงามและเลี้ยงง่ายอีกด้วย (สุรศักดิ์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปลาซันเซ็ท

ที่มา : www.google.com

แอสตาแซนทิน

1. คุณสมบัติของแอสตาแซนทิน(Astaxanthin)

แอสตาแซนทินเป็นรงควัตถุสีแดงพวก ketocarotenoid หรือ secondary carotenoid ชนิดหนึ่ง เกิดจากการออกซิไดซ์ ß–carotene ไปเป็น echineone และ canthaxanthin หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นแอสตาแซนทิน ตามลำดับ แอสตาแซนทินเป็นรงควัตถุพื้นฐานที่พบได้ในเนื้อสัตว์จำพวก salmonids ได้แก่ ปลาแซลมอนและปลาเทราท์ และสัตว์จำพวก crustaceans เช่นกุ้ง กั้ง และปูต่างๆ โดยในธรรมชาติมีสาหร่ายหลายชนิดที่สามารถผลิตแอสตาแซนทินได้แต่จะมีสาหร่ายอยู่หนึ่งชนิดที่สามารถผลิตได้สูงที่สุด คือ *Haematococcus pluvialis* สามารถผลิตแอสตาแซนทินได้สูงถึง 1.5 – 3.0% ของน้ำหนักแห้ง (Lorenz and Cysewski, 2000) Lorenz (2000) รายงานว่า มีสาหร่ายหลายชนิดที่สามารถสร้างแอสตาแซนทินได้ เช่น *Ankistrodesmus braunii, Euglena sanguiana, Neospongiococcum* sp., *Neochlori swimmeri, Spongiochloris typica, Dunaliella salina* และ *Haematococcus pluvialis* เป็นต้น โดยมีสภาพในการสร้างแอสตาแซนทินได้ในสภาวะที่ต่างๆกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอสตาแซนทินที่ผลิตจากสาหร่ายชนิดต่างๆ พบว่าสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* สามารถผลิตแอสตาแซนทินได้สูงที่สุดในบรรดาสาหร่ายทั้งหมดที่สามารถผลิตแอสตาแซนทินได้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันแอสตาแซนทินเป็นสารสีหลักๆ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทั่วไปมีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารในฟาร์มปลาแซลมอน และปลาเทราท์ เพื่อให้เนื้อปลามีสีสดน่ารับประทานและยังเป็นการเพิ่มมูลค่า(Barbosa et al., 1999) นอกจากนี้แอสตาแซนทินจากธรรมชาติยังเป็น antioxidant จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ ด้วยเหตุนี้การนำแอสตาแซนทินเข้าสู่ร่างกายจะลดอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และโรคมะเร็งต่างๆ เช่น มะเร็งเต้านมและมะเร็งปอด แอสตาแซนทินยังสามารถต่อต้านเชื้อโรคจากไวรัส แบคทีเรีย และปรสิตได้อีกด้วย (Gouveia and Empis, 2003)

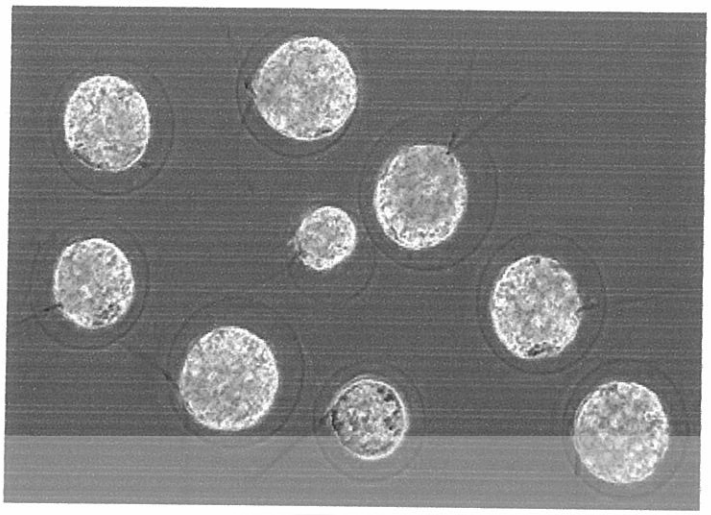
2. แหล่งที่มาของแอสตาแซนทิน

แอสตาแซนทินเป็นสารที่สามารถสังเคราะห์ได้จากขบวนการเคมี โดยในธรรมชาติพบอยู่ในสาหร่าย และในเปลือกของสัตว์จำพวก กุ้ง ปู เคย แต่พบในปริมาณที่น้อย (Lorenz, 2000) แหล่งของแอสตาแซนทินสามารถแยกแหล่งที่มาได้ 2 แหล่ง คือ

2.1 แอสตาแซนทินที่ได้จาก*ธรรมชาติ*

Lorenz and Cysewski (2000) รายงานว่าสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียวที่มีแอสตาแซนทินสะสม โดยแอสตาแซนทินได้ในขณะเซลล์อยู่ในระยะ cyst ซึ่งเกิดจากการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อม เช่น การเพิ่มความเข้มแสง การขาดฟอสเฟส และการเพิ่มความเค็มบทบาทของแอสตาแซนทินที่สะสมอยู่ในสาหร่าย *Haematococcus* sp. ช่วยป้องกันปริมาณแสงที่มาก และอนุมูลอิสระ แอสตาแซนทินที่ได้จากการสังเคราะห์ทางชีวภาพโดยวิธี isoprenoid ในขบวนการวิเคราะห์มีวิธีการมากมายของการละลายโมเลกุลของไขมัน เช่น sterols steroids prostaglandins ฮอร์โมน และวิตามินดี อี และเค ขบวนการนี้เริ่มต้นที่ acetyl-coa และดำเนินการต่อไปจนเป็น ไฟโตอีน ไลโคเพน เบตาแคโรทีน แคนตาแซนทิน และสุดท้ายเป็นขั้นตอน oxidative จนได้แอสตาแซนทินและ นฤมล (2546) ทำการศึกษาพบว่าแอสตาแซนทินมีการสะสมอยู่ในปีกและตาของแมลงจำพวกตั๊กแตน ในนกจะมีการสะสมแอสตาแซนทินที่ขน ส่วนในไก่สะสมที่บริเวณผิวหนังและตา และในพืชที่พบแอสตาแซนทิน เช่น มะละกอ ฟักทอง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของสาหร่าย *Haematococcus pluvialis*

ที่มา : www.google.com

2.2 แอสตาแซนทินที่ได้จากการสังเคราะห์

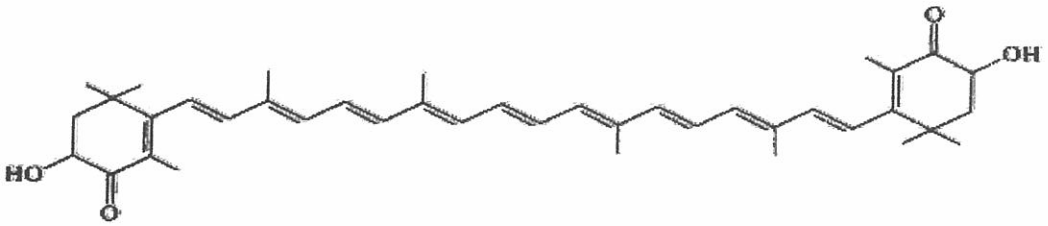
Sommer et al. (1991) รายงานว่า แอสตาแซนทินสังเคราะห์ถูกผลิตเหมือนกับ Xanthophyll ในรูปอิสระและอยู่ในรูปผสมของ 3 Stereoisomer คือ 3S,3'S 3R,3'S และ 3R,3'R ในอัตราส่วน 1:2:1 Choubert and Heinrich (1993) ทำการศึกษาพบว่า แอสตาแซนทินที่ได้จากการสังเคราะห์มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อนจึงทำให้มีราคาแพงและเมื่อนำไปผสมกับอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สัตว์น้ำจะดูดซึมได้ไม่ดีเท่ากับแอสตาแซนทินที่ได้จากธรรมชาติและ Lorenz and Cysewski (2000) รายงานว่า แอสตาแซนทินที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อน จึงทำให้มีราคาแพงมากโดย แอสตาแซนทินที่มีความเข้มข้น 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ มีราคาสูงถึง 2,500 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม และเมื่อนำไปผสมกับอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สัตว์จะดูดซึมได้ไม่ดีเท่ากับแอสตาแซนทินที่ได้จากธรรมชาติ

3. โครงสร้างของแอสตาแซนทิน

Lorenz (2000) รายงานว่า รูปแบบโครงสร้างของแอสตาแซนทินที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ มีความแตกต่างกันออกไปโดยส่วนใหญ่แล้วโครงสร้างหลักเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันที่ Stereoisomer (ภาพที่ 3) และโครงสร้างโมเลกุลของแอสตาแซนทินมีอะตอมของออกซิเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย โดยเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยจึงมักเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่ผสมอยู่กับไขมัน (วีรศักดิ์, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Astaxanthin



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของแอสตาแซนทิน
ที่มา: Lorenz (2000)

ผลของการสะสมแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ต่อปลา

1.การสะสมแอสตาซนทินในกล้ามเนื้อปลา

Sommer et al. (1991) ทำการทดลองโดยให้อาหารที่มีแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ กัน 6 ระดับได้แก่ ชุดที่ 1 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดที่ 2 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดที่ 3 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 40 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดที่ 4 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดที่ 5 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 80 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และชุดที่ 6 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ 80 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดอาหารที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 5 ใช้แอสตาแซนทินที่สกัดมาจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ส่วนชุดอาหารชุดที่ 6 ใช้แอสตาแซนทินสังเคราะห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างของค่าการสะสมแอสตาแซนทินในกล้ามเนื้อระหว่างปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วย อาหารผสมแอสตาแซนทินที่สกัดจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* กับปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับ 80 มิลลิกรัม สอดคล้องกับการทดลองของ ชลธิชา (2541) โดยทดลองปริมาณของแอสตาแซนทินที่สกัดจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ในการเร่งสีปลานิลสีแดงผสมในสูตรอาหารพื้นฐานที่ความเข้มข้น 0, 50, 100, 200 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าที่ระดับ 200 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่ให้สีดีที่สุดและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน และกลุ่มที่ให้อาหารไม่ได้ผสมแอสตาแซนทิน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ ดาราวรรณ และคณะ (2546) โดยศึกษาผลของ แอสตาแซนทินในอาหารต่อสีปลากระแห ด้วยอาหาร 5 สูตร ได้แก่ อาหารเม็ดสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐาน และอาหารเม็ดพื้นฐานเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 25,50,100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า การเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้ครีบหางปลากระแหมีสีแดงเข้มขึ้นมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

Choubert and Heinrich (1993) ทำการทดลองการสะสมแอสตาแซนทินในกล้ามเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) โดยให้อาหารผสมแอสตาแซนทินในรูปแบบต่างๆ กันได้แก่ ชุดที่ 1 อาหารผสมกับสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ชุดที่ 2 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ ชุดที่ 3 อาหารผสมแคนทาแซนทินสังเคราะห์ และชุดที่ 4 อาหารผสมแอสตาแซนทิน 48% และ แคนทาแซนทิน 52% พบว่า ค่าการสะสมแอสตาแซนทินในกล้ามเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายมีค่าไม่แตกต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาผสมแคนทาแซนทินสังเคราะห์

2.การสะสมแอสตาซนทินในเลือดปลา

Choubert et al. (2006) ทำการทดลองให้อาหารปลาเรนโบว์เทราท์โดยอาหารผสมแอสตาแซนทินในรูปแบบต่างๆ กัน ได้แก่ ชุดที่1 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์และผสมน้ำมันปลา ชุดที่ 2 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์และผสมน้ำมันมะกอก ชุดที่ 3 อาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* และผสมน้ำมันปลา และชุดที่ 4 อาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* และผสมน้ำมันมะกอก เมื่อครบ 6 สัปดาห์ พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงโดยอาหารผสม แอสตาแซนทินสังเคราะห์และผสมน้ำมันมะกอกมีค่าการสะสมของแอสตาแซนทินในเลือดสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกับค่าการสะสมของแอสตาแซนทินในเลือดปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ที่ผสมน้ำมันปลา

ส่วนการทดลองของ Barbosa et al. (1999) ใช้อาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับไขมันต่างกันคือ ที่ระดับไขมัน 24 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นชุดอาหารต่างๆ ได้แก่ ชุดที่1 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับไขมัน 24 เปอร์เซ็นต์ ชุดที่ 2 อาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ ชุดที่ 3 อาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ที่ระดับไขมัน 24 เปอร์เซ็นต์ และชุดที่ 4 อาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ที่ระดับไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การสะสมของแอสตาแซนทินในเลือดสูงขึ้นตามปริมาณระดับไขมันที่สูงในอาหารและไม่มีความแตกต่างของการสะสมแอสตาแซนทินในเลือดระหว่างอาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* กับอาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับไขมัน 24 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ปลาซันเซ็ท (*Xiphophorus variatus*) จำนวน 300 ตัว
2. ตู้กระจกขนาด 20 นิ้วจำนวน 15 ใบ
3. อาหารเม็ดขนาดเล็กชนิดลอยน้ำ
4. สารสกัดแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp.ชื่อทางการค้า NatuRose
5. เอททิลแอลกอฮอล์ 95%
6. อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผสมอาหาร และเลี้ยงปลา

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (CRD) ความเข้มข้นของแอสตาแซนทินต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25 , 50 , 75 และ100 มิลลิกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดไม่ผสมแอสตาแซนทิน

ชุดการทดลองที่ 2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ผสมแอสตาแซนทิน 25 มก./กก.

ชุดการทดลองที่ 3 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ผสมแอสตาแซนทิน 50 มก./กก.

ชุดการทดลองที่ 4 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ผสมแอสตาแซนทิน 75 มก./กก.

ชุดการทดลองที่ 5 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ผสมแอสตาแซนทิน 100 มก./กก.

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมปลาทดลอง

นำปลาซันเซ็ทจำนวน 300 ตัวมาจากตลาดปลาที่จังหวัดราชบุรีมาพักไว้ในถังพลาสติกเพื่อให้ปลาแข็งแรง โดยให้อาหารเม็ดวันละ 2 ครั้ง(เช้า-เย็น) ประมาณ 2 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวก่อนนำปลาทดลอง

2. การเตรียมอาหาร

นำอาหารเม็ดขนาดเล็กชนิดลอยน้ำ โดยนำมาคลุกกับแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ชื่อทางการค้า NatuRose โดย NatuRose 100 มิลลิกรัม มีปริมาณแอสตาแซนทิน 1.5 มิลลิกรัม จากนั้นชั่งแอสตาแซนทิน 1.668 , 3.536 , 5.0 และ6.68 กรัม ที่ระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 25 , 50 , 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และนำแอลกอฮอล์ 95% พ่นลงในอาหารให้ทั่วเพื่อให้แอสตาแซนทินเกาะตัวกับอาหารได้ดีขึ้น หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งและนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การดำเนินการทดลอง

นำปลาซันเซ็ทเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 20 นิ้ว จำนวน 15 ตู้ๆ ละ 16 ตัว แยกเพศผู้และเพศเมีย โดยทุกตู้ให้ออกซิเจน ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ให้อาหารวันละ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเฉลี่ยในแต่ละตู้ และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง

การบันทึกข้อมูล

1.การวัดการเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ทโดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาก่อนทำการทดลอง จากนั้นทำการชั่งและวัดความยาวปลาทุกตัว ทุก 2 สัปดาห์จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์

2.การวัดความเข้มสีบนตัวปลาบริเวณโคนหางและบริเวณส่วนหัวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300 ก่อนการทดลองและทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวัดความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาปลาซันเซ็ท มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS for window version 10.0

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการปลาสวยงาม ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

กันยายน 2549 – พฤศจิกายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.ผลของแอสตาแซนทินต่อการเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ท

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสุดท้ายของปลาซันเซ็ทเพศผู้และเพศเมียเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ กัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 1, 2, 3 และ 4)

หลังจาก 8 สัปดาห์น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาซันเซ็ทเพศผู้เท่ากับ1.78±0.32, 1.66±0.37, 1.57±0.20, 1.67±0.21 และ1.65± 0.20 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาซันเซ็ทเพศเมียเท่ากับ 2.36±0.41, 2.35±0.72, 2.32±0.50, 2.27±0.45 และ2.34±0.48 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 75 และ100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.18±0.23, 0.20±0.32, 0.23±0.32, 0.21±0.30 และ0.19±0.29 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร เท่ากับ 0.49±0.56, 0.46±0.58, 0.49±0.72, 0.48±0.61 และ 0.52±0.58 กรัม ตามลำดับ อัตราการรอดของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 95.83±4.58, 91.66±4.16, 87.50±7.21, 87.50±7.21 และ 91.66±4.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการรอดของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 87.50±7.21, 87.50±7.21, 91.66±4.16, 95.83±4.58 และ 91.66±4.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย (กรัม)
0	1.60±0.32[a]	1.78±0.32[a]	0.18±0.23[a]
25	1.64±0.33[a]	1.66±0.37[a]	0.20±0.32[a]
50	1.63±0.29[a]	1.67±0.21[a]	0.19±0.29[a]
75	1.55±0.37[a]	1.57±0.20[a]	0.21±0.30[a]
100	1.61±0.27[a]	1.65± 0.20[a]	0.23±0.32[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย (กรัม)
0	1.87±0.38[a]	2.36±0.41[a]	0.49±0.56[a]
25	1.81±0.35[a]	2.35±0.72[a]	0.46±0.58[a]
50	1.76±0.41[a]	2.32±0.50[a]	0.48±0.61[a]
75	1.91±0.31[a]	2.34±0.48[a]	0.52±0.58[a]
100	1.82±0.37[a]	2.27±0.45[a]	0.49±0.72[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 3 อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตรารอดตายของปลาซันเซ็ทเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	อัตรารอด (%)	อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
0	95.83±4.58[a]	4.68±0.57[a]
25	87.50±7.21[a]	4.87±0.42[a]
50	87.50±7.21[a]	4.96±0.78[a]
75	91.66±4.16[a]	4.61±0.61[a]
100	91.66±4.16[a]	4.55±0.52[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาซันเซ็ทเพศผู้และเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร เท่ากับ 4.68±0.57, 4.87±0.42, 4.96±0.78, 4.61±0.61 และ 4.55±0.52 ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ ดาราวรรณ และคณะ (2546) ทำการทดลองผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ในอาหารปลากระแหที่ระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 10 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเติบโตและอัตรารอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Sommer et al. (1991) จากการให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า ปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินที่สกัดจากสาหร่าย 20 60 และ 80 มิลลิกรัมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตรารอดตายของปลาซันเซ็ทเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	อัตรารอด (%)	อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
0	87.50±7.21[a]	4.68±0.57[a]
25	87.50±7.21[a]	4.87±0.42[a]
50	91.66±4.16[a]	4.96±0.78[a]
75	95.83±4.58[a]	4.61±0.61[a]
100	91.66±4.16[a]	4.55±0.52[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2. ผลของแอสตาแซนทินต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของปลาซันเซ็ท

จากการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของปลาซันเซ็ท ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณโคนหางและบริเวณส่วนหัวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ซึ่งอ่านค่าในระบบ CIE L *a *b ทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์ โดยค่า L คือ ค่าความสว่างของสี ค่า a* คือ ค่าความเข้มของสีแดง ค่า b* คือ ค่าความเข้มของสีเหลือง

2.1 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a*) ของปลาซันเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a*) มีค่าความเข้มของสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 5)

ในสัปดาห์ที่ 2 ค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุด คือ 16.82±0.50 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดคือ 17.80±0.73 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุดคือ 21.57±0.64 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุดคือ 22.44±0.57 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 และ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 5 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	14.36±0.52[a]	13.99±0.78[a]	14.23±0.93[a]	14.44±1.01[a]	14.87±0.58[a]
25	16.16±1.18[a]	14.93±0.97[ab]	15.51±0.86[ab]	15.00±0.46[a]	16.09±0.59[a]
50	16.87±0.62[a]	14.57±0.88[ab]	17.45±0.79[b]	18.55±0.51[b]	21.05±0.64[c]
75	15.96±1.00[a]	15.08±0.79[ab]	17.80±0.73[b]	19.83±0.57[bc]	21.10±0.68[c]
100	16.14±0.62[a]	16.82±0.50[b]	17.07±0.72[b]	21.57±0.64[c]	22.49±0.57[c]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.2 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b*) ของปลาซันเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b*) มีค่าความเข้มของสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 13.07±0.44 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 13.30±0.38 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้ไม่อาหารผสมแอสตาแซนทิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	10.57±1.15^{a}	10.58±1.60^{a}	11.01±0.35^{a}	11.52±0.30^{a}	11.83±0.36^{a}
25	10.01±1.09^{a}	11.50±0.78^{a}	11.88±0.52^{a}	12.07±0.40^{ab}	12.93±0.51^{ab}
50	11.57±1.14^{a}	10.36±0.83^{a}	11.83±0.50^{a}	12.25±0.28^{ab}	13.05±0.37^{ab}
75	12.19±1.27^{a}	12.00±1.30^{a}	12.37±1.00^{a}	12.70±0.31^{ab}	13.12±0.61^{ab}
100	11.39±1.51^{a}	11.37±0.78^{a}	12.54±0.27^{a}	13.07±0.44^{b}	13.38±0.38^{b}

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.3 ค่าความสว่างของสีบริเวณโคนหาง (L) ของปลาซันเซ็ท

ผลของค่าความสว่างของสีบริเวณโคนหาง (L) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน มีค่าความสว่างของสีไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 7)

2.4 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ของปลาซันเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน มีค่าความเข้มของสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่าความสว่างของสีบริเวณโคนหาง (L) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	44.43±0.60[a]	47.94±1.67[b]	48.52±0.82[a]	46.76±0.73[a]	46.91±1.21[a]
25	44.57±2.40[a]	43.33±1.61[a]	45.97±0.46[a]	43.90±2.15[a]	41.29±1.51[a]
50	43.61±1.91[a]	42.40±1.34[a]	45.80±2.01[a]	44.62±1.32[a]	40.57±2.36[a]
75	42.91±2.02[a]	44.12±1.48[ab]	47.16±1.79[a]	44.33±1.25[a]	42.22±1.13[a]
100	44.04±0.98[a]	42.36±1.28[a]	47.71±2.44[a]	46.74±1.13[a]	43.89±1.42[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 8 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	4.15±1.15[a]	3.96±0.25[a]	4.00±0.13[a]	4.07±0.51[a]	4.03±0.34[a]
25	3.93±0.55[a]	3.75±0.82[a]	3.61±0.27[a]	3.81±0.19[a]	4.00±0.27[a]
50	4.20±0.53[a]	4.16±0.57[a]	4.01±0.21[a]	4.09±0.25[a]	4.22±0.21[a]
75	4.11±0.99[a]	4.06±0.67[a]	4.04±0.23[a]	4.12±0.32[a]	4.28±0.24[a]
100	3.86±1.13[a]	4.03±0.52[a]	4.14±0.21[a]	4.20±0.28[a]	4.35±0.49[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.5 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของปลาซันเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) มีค่าความเข้มของสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 9)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 25.77±0.83 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 และ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 34.92±1.63 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 40.63±1.67 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 และ25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 9 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของปลาชันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	21.16±1.31^{a}	21.41±0.97^{a}	20.54±0.62^{a}	20.81±1.83^{a}	22.19±2.04^{a}
25	20.87±1.08^{a}	21.06±0.84^{a}	22.42±1.48^{ab}	27.81±1.06^{b}	30.37±0.79^{b}
50	20.37±0.98^{a}	21.48±1.23^{a}	23.32±0.52^{abc}	28.46±1.34^{b}	36.02±1.31^{c}
75	21.17±1.68^{a}	20.75±1.11^{a}	24.04±1.02^{bc}	33.76±1.15^{c}	37.66±1.94^{c}
100	20.72±1.36^{a}	21.76±0.93^{a}	25.77±0.83^{c}	34.92±1.63^{c}	40.63±1.67^{c}

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.6 ค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาชันเซ็ท

ผลของค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทินมีค่าความสว่างของสีไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 10 ค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาชันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

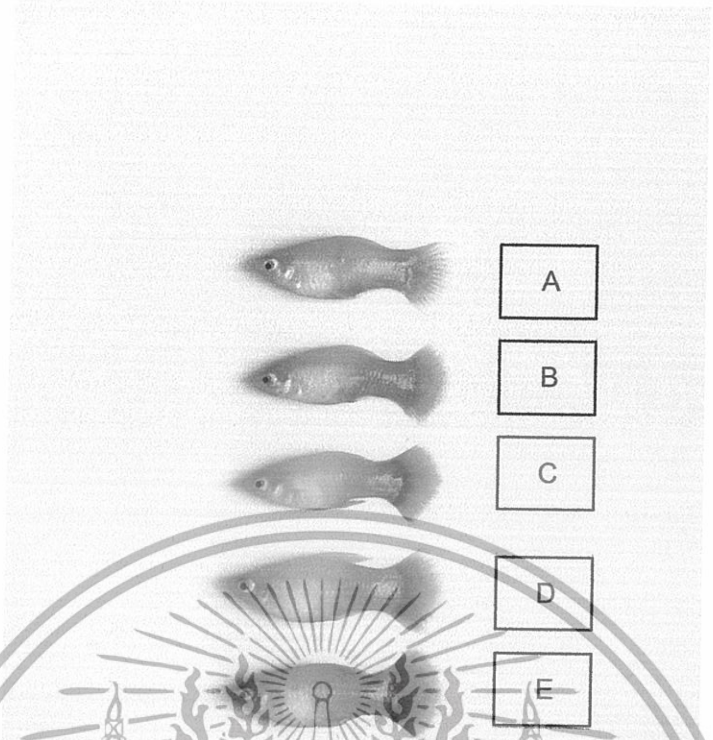
อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	50.49±1.51[a]	50.85±1.12[a]	51.52±1.78[a]	51.54±2.41[a]	52.49±1.72[a]
25	50.84±2.49[a]	50.94±2.07[a]	51.74±1.72[a]	49.98±0.84[a]	52.24±1.11[a]
50	49.60±1.07[a]	50.76±0.58[a]	52.20±1.56[a]	50.15±0.60[a]	51.72±1.65[a]
75	49.61±2.64[a]	49.48±1.65[a]	54.36±2.09[a]	51.15±0.89[a]	52.49±1.64[a]
100	50.48±3.22[a]	50.66±1.16[a]	55.74±2.19[a]	50.74±0.90[a]	54.38±1.44[a]

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การให้อาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 25-100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้สีของปลาชันเซ็ทมีสีแดงเข้มขึ้นบริเวณโคนหางในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 8 และการให้อาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 25-100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้สีของปลาชันเซ็ทมีสีเหลืองบริเวณส่วนหัวในสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 8 เมื่อระดับความเข้มข้นแอสตาแซนทินในอาหารมีระดับสูงขึ้นสามารถทำให้มีสีแดงเข้มมากขึ้นบริเวณโคนหาง และทำให้มีสีเหลืองเข้มมากขึ้นบริเวณส่วนหัว ซึ่งสอดคล้องกับ ดาราวรรณ และคณะ (2546) ได้ทำการทดลองผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ในอาหารปลากระแหที่ระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 100 และ200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 10 สัปดาห์ พบว่าครีบหางของปลากระแหมีสีแดงเข้มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในระหว่างกลุ่มที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทินกับกลุ่มที่ให้อาหารไม่ได้ผสมแอสตาแซนทิน โดยระดับแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในการเร่งสีครีบหางปลากระแหคือ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการใช้แอสตาแซนทินผสมในอาหารปลาเทร้าท์ (Sommer et al, 1991), ปลานิลแดง (ชลธิชา, 2541), ปลาคาร์ฟ (อรพินท์ และคณะ, 2546)

99451

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ปลาชันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 5 ระดับคือ (A) 0 mg/kg (B) 25 mg/kg (C) 50 mg/kg (D) 75 mg/kg และ (E) 100 mg/kg ในระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การใช้แอสตาแซนทินในการผสมอาหารปลาซันเซ็ทที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมและประหยัดที่สุดในการเร่งสีปลาซันเซ็ท เนื่องจากสีของปลาที่เพิ่มขึ้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกับการใช้แอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น 75 และ100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ค่าความเข้มของสีแดงโดยเฉลี่ยบริเวณโคนหางของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ค่าความเข้มของสีเหลืองโดยเฉลี่ยบริเวณส่วนหัวของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และค่าความเข้มของสีเหลืองโดยเฉลี่ยบริเวณโคนหางของปลาซันเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นระดับของแอสตาแซนทิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จึงเพียงพอต่อการใช้เร่งสีปลาซันเซ็ท

ข้อเสนอแนะ

1. ควรหาสารสกัดอื่นๆ ในประเทศมาสกัด ที่สามารถเร่งสีปลาได้เช่นเดียวกับแอสตาแซนทินเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ
2. อาหารที่ทำการผสมแอสตาแซนทิน ควรเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันแอสตาแซนทินกาสเสื่อมสภาพของแอสตาแซนทิน
3. ควรศึกษาการใช้แอสตาแซนทินในกลุ่มปลาสวยงามประเภทอื่นๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์และความรู้ใหม่ๆ ในด้านการเร่งสีเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. ผลของแอสตาแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย*Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ดาราวรรณ ยุทธยงค์, จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ สนธิพันธ์ ผาสุกดี. 2546. ผลของแอสตาแซนทินในอาหารต่อสีปลากระแห. การสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2546, น. 45.

นฤมล ใบพัด. 2546. การผลิตแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิยาวิทยาศาสตร์, ชลบุรี.

วีระศักดิ์ สามี. 2548. แคโรทีนอยด์ : โครงสร้างทางเคมีและกลไกที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของร่างกาย. สาขาวิชาเภสัชเคมีและเภสัชเวท. คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรจน์, กรุงเทพมหานคร. 9 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ กาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์ และ พิสิฐ ภูมิคง. 2546. ปลาออกลูกเป็นตัว. กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 125 น.

สุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวช. 2532. สารานุกรมปลาน้ำจืด. 113 น.

อรพินธ์ จินตาสถาพร บัณฑิต ยวงสร้อย และ ประเสริฐ สมิทวงศ์. 2546. ระดับเหมาะสมของคาโรทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio*). ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 11 น.

Barbosa, M. J., R. Morais, and G. Choubert. 1999. Effect of carotenoid source and dietary lipid content on blood astaxanthin concentration in rainbow trout. Aquaculture 176:331-341.

Choubert, G., M. M. Mendes-Pinto, and R. Morais. 2006. Pigmenting effect of astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* : Effect of dietary astaxanthin and lipid sources. Aquaculture 257:429-436.

Choubert, G., and O. Heinrich. 1993. Carotenoid pigments of the green alga *Haematococcus pluvialis* :assay on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, pigmentation in comparison with synthetic astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture 112:217-226.

Gouviea, L., and J. Empis. 2003. Relative stabilities of microalgal carotenoids in microalgal extracts, biomass and fish feed : effect of storage conditions. Innovative food science and emerging technologies 4:227-233 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lorenz, R. T. 2000. NatuRose natural astaxanthin as a carotenoid and vitamin source for ornamental fish and animals. Naturose™ Technical Bulletin #054.

Lorenz, R. T., and G. R. Cysewski. 2000. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a nutaral source of astaxanthin. Tibtech 18:160-167.

Sommer, T. R., F. M. L. D'Souza, and N. M. Morrissy. 1991. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green algal *Haematococcus pluvialis*. Aquaculture 106:63-74.

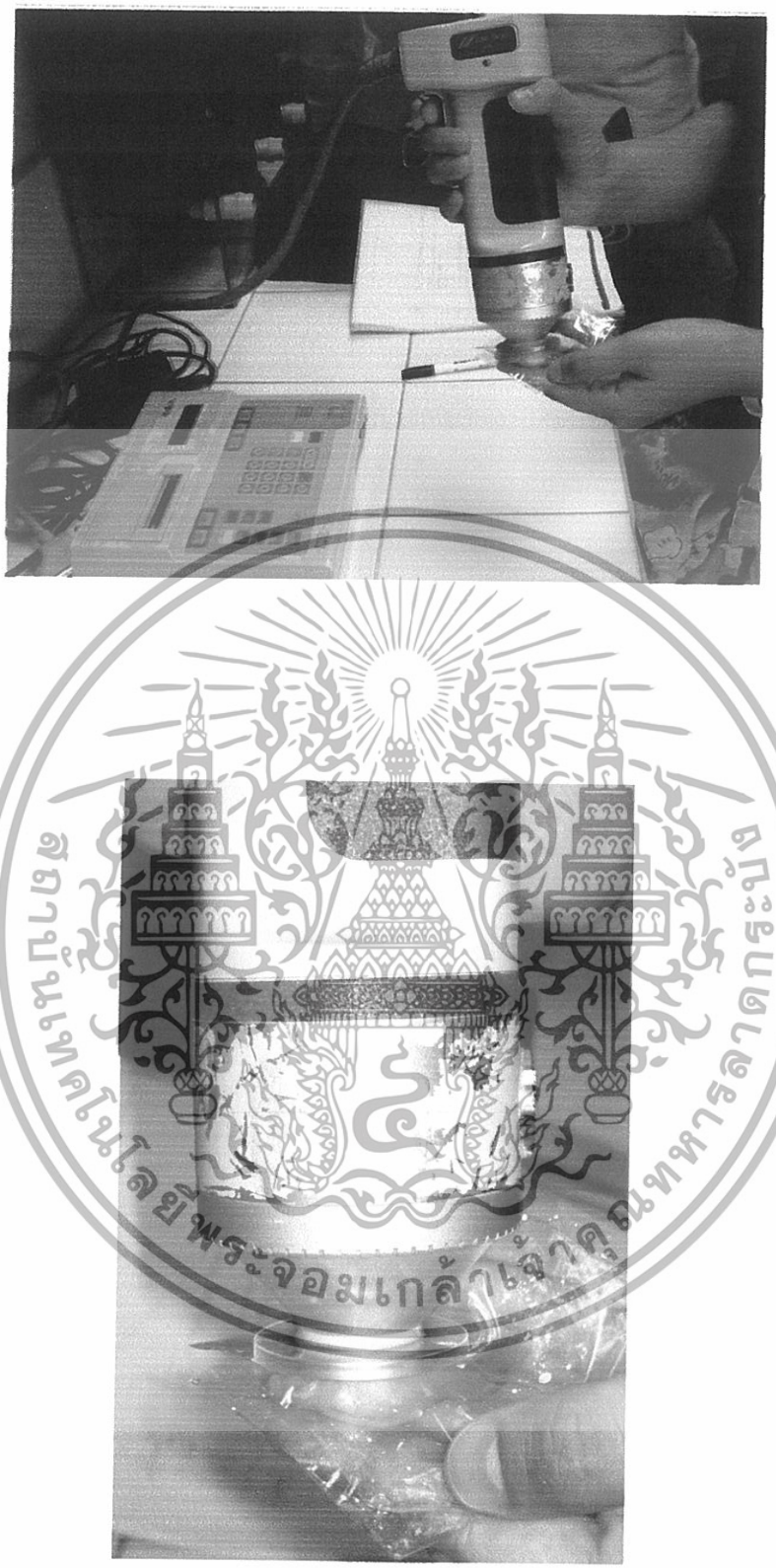
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 การทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (CRD) ความเข้มข้นของแอสตาแซนทินต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25 , 50 , 75 และ100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ภาพผนวกที่ 2 เครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 วิธีการวัดสี ด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณโคนหางปลาซันเซ็ท ที่ความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน ต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0(C), 25(T_1) , 50(T_2) , 75(T_3) และ 100(T_4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)	0			2			4		
		L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
C_1		46.27	9.89	11.63	48.23	13.57	9.00	48.54	14.01	11.16
C_2		48.91	10.66	9.53	49.72	13.95	13.19	46.02	14.00	11.08
C_3		47.08	14.61	10.54	45.86	14.43	9.55	48.33	14.66	10.77
T_1R_1		42.78	18.80	8.35	44.61	17.13	12.93	45.18	17.46	11.50
T_1R_2		44.79	13.46	12.49	46.47	13.71	13.36	46.66	16.12	12.19
T_1R_3		46.14	16.21	9.18	38.91	13.93	10.83	46.08	13.18	11.96
T_2R_1		39.95	16.67	12.15	40.42	15.24	10.65	43.09	20.13	12.17
T_2R_2		42.01	18.75	12.50	44.23	12.69	9.63	51.35	15.51	11.80
T_2R_3		39.74	19.26	10.06	42.53	15.77	10.78	42.96	16.69	11.51
T_3R_1		43.03	19.21	13.10	44.33	15.71	12.87	50.61	16.99	10.51
T_3R_2		44.83	14.36	13.90	46.04	13.64	13.76	41.83	17.21	13.60
T_3R_3		40.84	20.65	9.58	41.98	16.87	9.35	49.04	19.19	13.00
T_4R_1		43.93	15.07	7.62	42.81	18.02	11.04	44.02	17.73	11.97
T_4R_2		39.02	17.27	14.43	42.35	15.57	13.34	47.36	16.62	12.69
T_4R_3		45.85	16.08	12.11	41.91	15.88	10.31	51.74	16.86	12.96

ตารางผนวกที่ 2 ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณโคนหางปลาชันเซ็ท ที่ความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน ต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0(C), 25(T_1) , 50(T_2) , 75(T_3) และ 100(T_4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)	6			8	
	L	a*	b*	L	a*	b*
C_1	45.56	14.60	11.71	45.38	13.48	12.37
C_2	47.02	14.25	11.24	47.60	16.13	11.88
C_3	47.76	14.45	11.60	47.73	14.99	11.25
T_1R_1	50.20	15.62	11.42	40.14	17.61	13.71
T_1R_2	39.17	15.89	12.31	39.02	19.05	12.72
T_1R_3	42.34	16.46	12.47	44.71	18.21	12.35
T_2R_1	43.32	18.01	12.91	39.26	21.25	13.45
T_2R_2	46.13	18.38	12.18	41.46	19.84	13.38
T_2R_3	42.63	19.26	11.66	40.99	22.08	12.42
T_3R_1	45.54	20.49	12.27	42.71	18.96	11.57
T_3R_2	46.91	18.57	13.20	38.95	22.05	13.51
T_3R_3	40.55	21.85	12.06	53.16	22.48	14.28
T_4R_1	49.45	21.58	13.19	39.55	23.64	12.87
T_4R_2	45.09	21.27	13.76	41.06	21.36	13.64
T_4R_3	45.66	20.42	12.83	42.87	22.28	13.27

ตารางผนวกที่ 3 ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณส่วนหัวปลาชันเซ็ท ที่ความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน ต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0(C), 25(T_1) , 50(T_2) , 75(T_3) และ 100(T_4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)	0		2			4		
	L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
C_1	51.62	6.75	21.50	51.96	3.76	18.58	54.75	4.19	20.12
C_2	46.82	4.69	17.24	52.45	3.69	24.14	48.28	4.14	20.54
C_3	53.03	4.01	24.73	48.13	4.44	21.49	48.89	3.67	21.39
T_1R_1	56.67	2.4	24.03	54.3	3.31	21.34	52.55	2.97	18.53
T_1R_2	47.61	3.01	19.58	51.23	2.29	22.27	50.06	4.12	22.73
T_1R_3	48.24	5.03	19.00	51.49	5.66	19.55	47.39	3.75	26.13
T_2R_1	49.70	4.32	21.05	46.97	3.69	20.79	51.02	3.64	23.65
T_2R_2	49.08	5.43	20.55	50.67	5.46	20.18	51.26	4.39	22.37
T_2R_3	50.00	3.4	19.50	50.99	3.40	23.46	59.75	3.95	23.76
T_3R_1	57.72	5.03	20.50	50.60	3.50	20.93	55.34	3.48	27.66
T_3R_2	45.69	3.71	25.30	46.92	2.75	20.53	53.37	4.84	21.58
T_3R_3	45.41	2.55	17.72	51.50	5.97	20.786	53.36	3.80	23.85
T_4R_1	44.39	2.75	21.2	50.0	5.70	21.22	51.81	4.43	26.78
T_4R_2	50.50	6.46	19.92	50.71	2.96	22.69	63.55	3.58	24.80
T_4R_3	56.57	5.30	23.00	53.08	3.44	21.32	53.93	4.43	25.71

ตารางผนวกที่ 4 ค่าความสว่างของสี (L) ความเข้มของสีแดง (a*) และความเข้มของสีเหลือง(b*) บริเวณส่วนหัวปลาซันเซ็ท ที่ความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน ต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0(C), 25(T_1) , 50(T_2) , 75(T_3) และ 100(T_4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระดับละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)	6			8	
	L	a*	b*	L	a*	b*
C_1	59.52	2.69	18.05	58.21	4.00	18.62
C_2	48.50	4.89	17.57	51.04	4.25	23.82
C_3	46.61	4.62	26.82	48.23	3.85	24.12
T_1R_1	49.44	3.56	25.36	51.46	3.98	29.30
T_1R_2	49.32	4.18	26.89	54.59	4.48	29.79
T_1R_3	51.19	3.68	34.16	50.66	3.56	32.00
T_2R_1	50.40	4.09	28.18	52.19	4.37	33.08
T_2R_2	50.61	4.30	30.69	52.99	4.46	35.99
T_2R_3	49.45	3.89	26.47	49.96	3.82	38.85
T_3R_1	54.04	4.22	32.79	52.57	5.03	34.42
T_3R_2	48.99	4.22	32.13	47.79	3.90	40.48
T_3R_3	50.41	3.91	36.38	57.11	3.91	38.08
T_4R_1	51.13	4.75	39.86	55.48	4.02	41.12
T_4R_2	49.46	3.99	30.72	54.17	4.75	39.47
T_4R_3	51.64	3.88	31.19	53.47	4.30	41.25