

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การใช้แอสตาแซนทินเร่งสีในกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว

Application of astaxanthin to enhance color in livebearer



โดย

รศ.ดร. นงนุช เกาหะวิสุทธิ

นายณรงค์ กมลรัตน์

RCM

SH

391

C474

ห139ก

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....107995

วัน,เดือน,ปี...10 ส.ย. 2553

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2549

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี

18195780
b.....
i.....

ชื่อโครงการวิจัย

การใช้แอสตาแซนทินในการเร่งสีในกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว

Application of astaxanthin to enhance color in livebearer

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2549

จำนวนเงิน

157,120 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เดือนตุลาคม 2549 – เดือนกันยายน 2550

หน่วยงานและผู้ดำเนินการการวิจัย

รศ.ดร.นางนงนุช เลาหะวิสุทธิ

E-mail: klnongnu@kmitl.ac.th

นายณรงค์ กมลรัตน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520 โทร. 0-2326-4099

โทรสาร 0-2326-4099

การใช้แอสตาแซนทินเร่งสีในกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว

นงนุช เลาหะวิสุทธิและณรงค์ กมลรัตน์

บทคัดย่อ

การใช้แอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ที่เหมาะสมเพื่อเร่งสีปลาซันเซ็ท (ปลาพลาคตี้) โดยใช้อาหารผสมแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและค่าความสว่างสีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงสีบนลำตัวปลา พบว่าค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนหาง (a^*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุดคือ 22.44 ± 0.57 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณโคนหาง (b^*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 13.30 ± 0.38 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ส่วนค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b^*) ของชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 40.63 ± 1.67 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ค่าความสว่างของสี (L) และค่าความเข้มของสีแดง (a^*) บริเวณส่วนหัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้น ปริมาณของแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ที่เหมาะสมในการเร่งสีปลาชั้นเซ็ท ก็คือ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

คำสำคัญ: ปลาออกลูกเป็นตัว สาหร่ายสีมาโตคอคคัส แอสตาแซนทิน

Application of astaxanthin to enhance color in livebearer

Nongnuch Laohavisuti and Narong Kamolrat

Abstract

Astaxanthin produced by *Haematococcus* sp. was applied to the platy fish by spraying on diet containing 0, 25, 50, 75, and 100 mg pigment/kg diet. There were no significant differences on final weight, weight gain, survival rate, feed conversion ratio, and lightness ($P > 0.05$) at the end of experiment (8 weeks). There was an improvement of color parameters, red (a^*) and yellow (b^*) hue along the caudal skin in fish fed diet with 100 mg pigment/kg diet as 22.44 ± 0.57 , and 13.30 ± 0.38 respectively. However, there were no significantly different ($P > 0.05$) between groups of dietary pigment over 50 mg pigment/kg diet. The yellow hue on the head part of fish revealed the highest in fish fed diet with 100 mg pigment/kg diet equal to 40.63 ± 1.67 , while there was no significant difference ($P > 0.05$) on lightness and red hue. The results indicated that the optimum amount of astaxanthin from *Haematococcus* sp. to enhance color of platy fish was 50 mg pigment/kg diet.

Key words: Livebearer, *Haematococcus* sp., astaxanthin

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญภาพ	V
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	11
สรุป	21
เอกสารอ้างอิง	21



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทีนในระดับต่างๆ	11
2	อัตราการตายและอัตราการแลกเนื้อของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทีนในระดับต่างๆ	12
3	ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณ โคนครีบหาง (a^*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วย อาหารผสมแอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	13
4	ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณ โคนครีบหาง (b^*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วย อาหารผสมแอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	14
5	ค่าความสว่างของสีบริเวณ โคนครีบหาง (L) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมแอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	15
6	ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a^*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมแอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	15
7	ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b^*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมแอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	17
8	ค่าความสว่างบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตา แซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน	17

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของแคโรทีนอยด์	7
2	โครงสร้างของสารกลุ่ม แคโรทีนอยด์	8
3	ปลาชั้นเข็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 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	18
4	(A) เซลล์สืบพันธุ์ของปลาเพศผู้ (B) ไข่ระยะที่ 2 (St2) และ 4 (St4) และ (C) ไข่ระยะที่ 6	20



บทที่ 1 คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจปลาสวยงามมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเลี้ยงปลาสวยงามได้รับความนิยมแพร่หลายทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ ปลาสวยงามมากกว่า 50% มีแหล่งผลิตจากประเทศในแถบเอเชีย ซึ่งชนิดของปลาที่นิยมเลี้ยงเป็นปลาสวยงามน้ำจืด 90% และปลาทะเล 10% ปลาสวยงามส่วนใหญ่ได้มาจากการเพาะเลี้ยงถึง 80% และอีก 20% รวบรวมมาจากธรรมชาติ (Bassleer, 1994) แหล่งผลิตปลาสวยงามของประเทศไทยอยู่แถบภาคกลางของประเทศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบลุ่มมีแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ ได้แก่ ราชบุรี สุพรรณบุรี นนทบุรี ฉะเชิงเทรา และกรุงเทพฯ (วิทยา, 2538) จากสถิติในปี 2535 ประเทศที่นำเข้าปลาสวยงามมากที่สุด ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รองลงมาคือ ประเทศในประชาคมยุโรป และ ญี่ปุ่น ประเทศที่ส่งออกปลาสวยงามเป็นอันดับแรกของโลก คือ สิงคโปร์ รองลงมาคือ ฮองกง และไทย โดยมีมูลค่าการส่งออก 60.2, 19.5 และ 18.1 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Bassleer, 1994) ชนิดของปลาที่ส่งออกของไทย ได้แก่ ปลากัด ปลาทอง ปลาหางนกยูง ปลาปอมปาดัวร์ ปลาหมอสี ฯลฯ ซึ่งตลาดค้าปลาทอมืออยู่ที่ประเทศสิงคโปร์ ประเทศไต้หวันเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ (ยุพินท์, 2544) ส่วนการส่งออกของประเทศสิงคโปร์ ปลาในกลุ่มออกลูกเป็นตัว ซึ่งประกอบไปด้วยปลาหางนกยูง ปลาสอด ปลาเซลฟิน และปลาพลาคี มีปริมาณส่งออกสูงถึง 38% ของชนิดปลาที่ส่งออกทั้งหมด

แอสตาแซนทิน (astaxanthin) เป็นหนึ่งในกลุ่มของคาโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ไม่สามารถละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน เมื่อปลากินเข้าไปจะสะสมที่ผิวหนัง ฟันช่องท้อง ไข่ รังไข่ ซึ่งรงควัตถุเหล่านี้ปลาไม่สามารถขึ้นเองได้ แอสตาแซนทินในธรรมชาติพบในเปลือกของกุ้ง ปู สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina* sp.) สาหร่าย *Haematococcus* sp. ซึ่งจะมีรงควัตถุที่ให้สีแดง ส้ม และสีเหลือง (กาญจนา, 2542) ในปัจจุบันมีรงควัตถุสังเคราะห์ ได้แก่ แอสตาแซนทิน (astaxanthin) แคนตาแซนทิน (canthaxanthin) ซึ่งมีการใช้แอสตาแซนทินผสมอาหารสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวางในการเลี้ยงปลาแซลมอน (salmon) (Smith et al., 1992; Wathne et al., 1998) ปลาเรนโบว์เทร้า (rainbow trout) (Choubert and Storebakken, 1989; Storebakken and No, 1992; Nickell and Bromage, 1998) และปลานิลแดง (ชลธิชา, 2541) จะทำให้มีสีแดงเนื่องจากการสะสมของแอสตาแซนทิน ในการเลี้ยงปลาสวยงามก็มีการใช้อาหารในการปรับปรุงคุณภาพของปลาสวยงามโดยการเพิ่มเข้มข้นของสีปลา โดยใช้สาหร่ายสไปรูลินาผสมอาหารปลาทอง (Pratoomyot, 1998) หรือ ใช้แอสตาแซนทินสังเคราะห์ในอาหารปลาทอง (Paripatananont, 1999) เพื่อเพิ่มสีสันให้สดสวยและเป็นการเพิ่มมูลค่าดังนั้นการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแอสตาแซนทินในการเร่งสีกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว ทำให้มีสีสันตลอดอายุบนตัวคมชัด

และศึกษาหาการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความสมบูรณ์เพศของปลา นำมาช่วยแก้ปัญหากลุ่มปลา
ออกลูกเป็นตัวที่มีสีสันไม่เด่นซึ่งตลาดไม่ต้องการ และลดการใช้ฮอร์โมนในการแปลงเพศปลา

วัตถุประสงค์

- 1.1 เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในอาหารต่อการเร่งสีของ
กลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว
- 1.2 เพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทินในอาหารต่อการสะสมของ
แอสตาแซนทินในผิวหนังของกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว
- 1.3 เพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทินในอาหารต่อการเจริญเติบโต
และอัตราการรอดตายของกลุ่มปลาออกลูกเป็นตัว
- 1.4 เพื่อศึกษาผลของแอสตาแซนทินที่ทำให้กลุ่มปลาออกลูกเป็นตัวมีความสมบูรณ์เพศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร

2.1 ปลาสวยงามกลุ่มออกลูกเป็นตัว

ปลาสวยงามกลุ่มออกลูกเป็นตัว หมายถึงปลาที่ออกลูกเป็นตัวโดยไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิ (fertilization) กับเชื้อตัวผู้ (spermatozoa) ตัวอ่อนจะเจริญและพัฒนาอยู่ภายในรังไข่โดยใช้อาหารจากไข่แดง ปลาเพศเมียดูแลไข่ในตัวจนกว่าจะฟักเป็นตัว และออกจากท้องแม่สามารถว่ายน้ำเป็นอิสระลักษณะเด่นของปลาเพศผู้ในกลุ่มนี้ ก็คืออวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์ (Gonopodium) ซึ่งเป็นอวัยวะที่เปลี่ยนมาจากก้านครีบอันที่ 3, 4 และ 5 มีลักษณะเป็นท่อยาว ปลาประเภทนี้เรียกว่า Ovoviviparous ปลาในกลุ่มนี้ที่พบในเขตร้อน ได้แก่ Family Poeciliidae, Family Jenynsiidae, Family Anablepidae, Family Goodeidae และ Family Exocoetidae ปลาสวยงามกลุ่มออกลูกเป็นตัวที่นิยมเลี้ยงเป็นปลาสวยงามเป็นปลาใน Family Poeciliidae Subfamily Poeciliinae เท่านั้น ได้แก่ ปลาหางนกยูง (Guppy) ปลาสอหรือปลาหางดาบ (Swordtail) ปลาเซลฟินมอลดี (Sailfin molly) และปลาพลาตี (Platy) (วันเพ็ญ มินกาญจน์, 2536)

2.1.1 ปลาหางนกยูง

ปลาหางนกยูงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Poecilia reticulata* (Peters) ชื่อสามัญว่า Guppy หรือ Million fish เป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ประเทศบราซิล ประเทศเวเนซุเอลลา ประเทศบาร์บาโดส ประเทศในแถบกลุ่มน้ำเมซอน และเกาะทรินิแดด ในธรรมชาติปลาชนิดนี้ชอบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อยที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งจนถึงน้ำไหลเอื่อยๆ เป็นปลาที่มีขนาดเล็ก ปลาเพศผู้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร ปลาเพศเมียมีขนาด 5-7 เซนติเมตร ในธรรมชาติปลาเพศเมียจะมีหลายสีในตัวเดียวกัน ทำให้มีลักษณะแตกต่างกันไป ตามลำตัวมีจุด รูปแบบของหางก็มีแบบต่างๆ กัน ครีบหลังและครีบหางยาวปานกลาง เป็นปลาที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 21 ถึง 28 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำได้ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 6.6-7.0 และความเค็มเล็กน้อย (วันเพ็ญ มินกาญจน์, 2536)

2.1.2 ปลาสอหรือปลาหางดาบ

ปลาสอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xiphophorus helleri* และชื่อสามัญว่า Swordtail มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลางและประเทศเม็กซิโก ปลาชนิดนี้ในธรรมชาติชอบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดหรือน้ำกร่อยที่มีน้ำไหลแรง น้ำค่อนข้างใส โดยเฉพาะในลำธารตื้นๆ ในบริเวณที่มีพรรณไม้ น้ำขึ้นจะพบปลาชนิดนี้อาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ปลาในธรรมชาติจะมีลำตัวสีน้ำตาลอมเขียว บริเวณหลังสีเขียวอ่อน ส่วนท้องสีขาวหรือสีเงินลำตัวมีลักษณะยาวเรียว แบนข้างเล็กน้อย บริเวณด้านข้างลำตัวมีแถบสีแดงทอดยาวขนานไปกับลำตัว สีของปลาเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะที่สังเกตความแตกต่างระหว่างปลาเพศผู้และเพศเมีย ได้ชัดเจน นอกจาก Gonopodium ก็คือ

ปลาเพศผู้จะมีขอบล่างของครีบหางยื่นยาวออกไปเป็นรูปคล้ายดาบและบริเวณด้านล่างของส่วนที่ยื่นยาวออกไปนี้จะมีแถบสีดำทอดไปตลอดความยาวอีกด้วย ขนาดปลาเพศผู้ที่โตเต็มที่ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ส่วนปลาเพศเมียยาวประมาณ 12 เซนติเมตร ชอบอาศัยในน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำระหว่าง 7.0-7.5 อุณหภูมิประมาณ 20-26 องศาเซลเซียส สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำได้ดี เป็นปลาที่กินอาหารได้ทุกชนิด (Omnivorous) แต่ในธรรมชาติชอบกินสัตว์น้ำขนาดเล็กมากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ ปลาสดหรือปลาหางดาบนี้มีผู้นำปลาจากธรรมชาติมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงามในปี 2452 (วันเพ็ญ มินกาญจน์, 2536 และ Axelrod and Wischnath, 1991)

2.2.3 ปลาเซลฟินมอลลี

ปลาเซลฟิน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Poecilia latipinna* ชื่อสามัญว่า Sailfin molly มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเม็กซิโกและบางประเทศในอเมริกาตะวันออกและอเมริกาใต้ ปลาชนิดนี้ในธรรมชาติพบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อยทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล ลักษณะเด่นของปลาชนิดนี้คือ มีครีบหลังยาวและสูงในปลาเพศผู้บางตัวพบว่ามีครีบหลังสูงถึง 1.25 นิ้ว ปลาที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติลำตัวจะมีสีเขียวอมเหลือง มีจุดประสีน้ำเงินและมีจุดสีน้ำตาลเรียงไปตามความยาวของลำตัว 5-6 แถบ และปลาเพศผู้จะมีแถบขวางสีดำ 5-6 แถบที่บริเวณส่วนท้อง ปลาเพศผู้ขนาดโตเต็มที่ที่มีความยาวประมาณ 7-10 แถบ และปลาเพศผู้จะมีแถบขวางสีดำ 5-6 แถบที่บริเวณส่วนท้อง ปลาเพศผู้ขนาดโตเต็มที่ที่มีความยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร ความแตกต่างระหว่างปลาเพศผู้และเพศเมียนอกจากจะสังเกตจากขนาดโตเต็มที่ ปลาเพศผู้มี Gonopodium และแถบขวางลำตัวบริเวณส่วนท้องแล้ว ปลาเพศเมียจะมีสีซีดจางกว่าและครีบหลังจะไม่สูงเท่าปลาเพศผู้ (Axelrod et al., 1987)

2.2.4 ปลาพลาคี

ปลาในกลุ่มนี้นิยมนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงามมานานแล้วเช่นกัน แม้ว่าจะไม่ได้รับความนิยมนเท่าปลาหางนกยูง แต่ก็เป็นที่น่าสนใจของนักเพาะเลี้ยงไม่น้อย เพราะสามารถผสมข้ามพันธุ์ได้ง่าย ซึ่งทำให้ได้ปลาลูกผสมที่มีลักษณะแปลกๆ มากมาย ปลาพลาคีที่นิยมทำการเพาะเลี้ยงมี 2 ชนิด ได้แก่ คือ *Xiphophorus maculatus* (Common platy) และ *Xiphophorus variatus* (Variatus platy) ซึ่งปลาทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะที่คล้ายกันมาก

2.2.4.1 ปลาพลาคี มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xiphophorus maculatus* ชื่อสามัญว่า Common platy พบแพร่กระจายอยู่ในอเมริกากลางในประเทศเม็กซิโก กัวเตมาลา และฮอนดูรัส ชอบอาศัยหลบซ่อนอยู่ตามพันธุ์ไม้น้ำหรือใต้ร่มเงาริมฝั่งในแหล่งน้ำนิ่ง ลักษณะลำตัวจะสั้นป้อมและกว้างกว่าปลาสด ปลาเพศผู้และปลาเพศเมียจะมีลักษณะคล้ายกัน คือ ปลาเพศผู้จะไม่มีส่วนของก้านครีบหางยื่นยาวออกไปเช่นปลาสด ความแตกต่างระหว่างเพศได้จาก Gonopodium ของ

ปลาเพศผู้ สีที่สดใสกว่าของปลาเพศผู้และขนาดที่โตกว่าของปลาเพศเมียเท่านั้น ปลาในธรรมชาติมีสีลำตัวค่อนข้างเหลืองจนถึงน้ำตาลอมเขียวหรือเขียวคล้ำอมน้ำเงิน ครีบหลังสั้น มีขนาดเล็กและมีรูปร่างเกือบกลม ครีบอก ครีบท้องและครีบหางไม่มีสี แต่ครีบหางอาจมีขอบเป็นสีเขียวหรือสีน้ำเงิน บริเวณโคนหางมีจุดเล็กๆ 1-2 จุด ปลาเพศผู้อาจมีแถบจางๆ พาดขวางลำตัว 2-5 แถบ ชอบอาศัยในน้ำที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส น้ำเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เท่ากับ 7.0-7.5 (Axelrod and Wischnath, 1991)

2.2.4.2 ปลาวาเรียตัส มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xiphophorus variatus* ชื่อสามัญว่า Variatus platy มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเม็กซิโกตอนใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของอเมริกาใต้ ปลาขนาดเล็ก เช่น หนอง บึง ปลาชนิดนี้มองผิวเผินจะคล้ายกับปลาพลาตีมาค โดยที่ปลาวาเรียตัส มีลำตัวกว้างเล็กกว่าและครีบหลังสูงกว่า ความกว้างของลำตัวอยู่กึ่งกลางระหว่างปลาพลาตี และ ปลาสด น้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 20-24 องศาเซลเซียส เหมาะต่อการเจริญเติบโตของปลาชนิดนี้ (Axelrod and Wischnath, 1991)

2.2 รังควาญที่พบในปลา

ปลาสามารถเปลี่ยนสีเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงสีต่าง ๆ ออกมา เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระหว่างที่เกิดความตื่นเต้น หรือในขณะที่มีการเกี้ยวพาราสี (Hoar and Randall, 1969) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ เกิดจากการทำงานของเซลล์ผิวหนังซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายใน เซลล์สร้างสีในตัวปลา มีอยู่สองพวกใหญ่ ๆ คือ โครมาโตฟอร์ (chromatophores) และ เอริโดฟอร์ (iridophore) โครมาโตฟอร์อยู่ในผิวหนังชั้นเดอร์มิสใต้เกล็ดปลา ภายในโครมาโตฟอร์มีเซลล์สร้างเม็ดสี ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ อิริโทรฟอร์ (erythrophore) จะให้สีแดงส้ม แซนโทฟอร์ (xanthophore) จะให้สีเหลือง และ เมลาโนฟอร์ (melanophores) จะให้สีดำ ส่วนเอริโดฟอร์ อาจเรียกว่า มิเรอร์เซลล์ (mirror cell) เป็นเซลล์ที่สะท้อนสีของวัตถุที่อยู่ภายนอกตัวปลา สารที่อยู่ในเอริโดฟอร์ เป็นพวกคริสตัลไลน์ กัวนิน (crystalline guanine) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะโปร่งแสง มีสีขาวหรือเงิน (Lagler et al., 1962) นอกจากนี้ สีบดิน (2523) อ้างตามวุฒิปูร์ (2527) กล่าวว่าเม็ดสีชั้นในของผิวหนังปลาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.2.1 เมลานิน (melanine) เมลานินเป็นเม็ดสีน้ำตาลหรือดำที่พบในปลา เกิดจากไทโรซีน โดยไทโรซีนถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ไทโรซิเนส เปลี่ยนเป็น 3,4 ไดไฮดรอกซีฟีนิลอะลานิน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น โดปา ควิโนน (Dopa quinone) แล้วจะมีการรวมตัวกันทางเคมีทำให้เกิดเมลานินขึ้น โดยเมลานินมักเกาะติดอยู่ติดกับโปรตีน

2.2.2 เทอริดีน (pteridine) เป็นสารประกอบที่สามารถละลายได้ในน้ำ มีทั้งชนิดที่มีสีและไม่มีสี ได้แก่ โครซอเฟเทอร์ริน, ไอโซโครซอเฟเทอร์ริน และนีโอเคซอเฟเทอร์ริน ซึ่งทั้งสามพวกนี้มีสีแดง ซีเพียเทอร์ริน มีสีเหลือง ส่วนลิวคอฟเทอร์ริน ซึ่งไม่มีสีนั้นแบ่งได้เป็นสองพวกคือ บลู และ ไวโอเลตฟลูออเรสเซนซ์

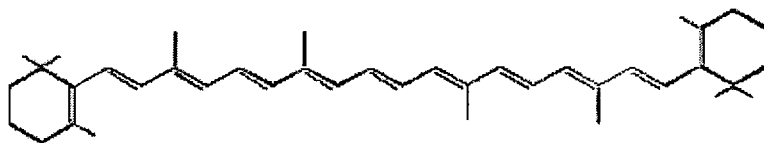
2.2.3 เพียวรีน (purine) เป็นเม็ดสีที่ทำให้สีขาวหรือสีเงินบนผิวหนังตัวปลา เพียวรีนที่พบมากคือ กัวรีน มักพบอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์ลิวโคฟอร์หรือเออริโดฟอร์ จะอยู่ในสภาพที่เป็นผลึกขนาดเล็กเป็นเม็ด หรือเป็นแผ่นบาง ๆ

2.2.4 แคโรทีนอยด์ (carotenoids) แคโรทีนอยด์พบได้ทั่วไปทั้งในพืชและในสัตว์ ในพืชดอกทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม และแดง ในส่วนของไข่, อวัยวะสืบพันธุ์, ตับ, และผิวหนังของปลา (Goodwin โดยเม็ดสีเหล่านี้อยู่ในพลาสติด (plastid) นอกจากนี้อาจพบในคลอโรพลาสต์ของใบไม้ที่มีสีเขียวด้วย แคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว โมเลกุลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ไมครอน ไม่สามารถละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน ปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้เอง ดังนั้น จึงต้องได้รับจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้ไว้ในตัวของมันเอง หรืออาจเปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นสารสีรูปอื่นได้

2.4 ชนิดและโครงสร้างของแคโรทีนอยด์

กลุ่มของสารแคโรทีนอยด์นี้ประกอบด้วยคาร์บอนน้อยหรือมากกว่า 40 คาร์บอน โดยมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป อาจอยู่ในรูปสายยาวไม่เป็นวงกลม เช่น สารไลโคปีน (lycopene) ใน รูปที่เป็นวงกลม เช่น เบตาแคโรทีน (beta-carotene) หรืออยู่ในรูปที่มีออกซิเจน เช่น กลุ่ม แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ได้แก่ แคนทาแซนทิน (canthaxanthin) และแอสตาแซนทิน (astaxanthin) จากโครงสร้างทางเคมี สามารถแบ่งเม็ดสีแคโรทีนอยด์ออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ได้แก่ แคโรทีน (carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) (Greenberg, 1968)

2.4.1 แคโรทีน (carotene) โมเลกุลของแคโรทีนเป็นไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยว (single bonds) สลับกับพันธะคู่ (double bonds) และที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลายจะมีอะตอมของคาร์บอนมาเกาะกันเป็นวงที่เรียกว่า ไอโอโนนริง (ionone ring) แคโรทีนแยกได้เป็น แอลฟาแคโรทีน (alpha carotene) เบตาแคโรทีน (beta carotene) และแกมมาแคโรทีน (gamma carotene) แคโรทีนทั้งสามพวกแตกต่างกันเฉพาะที่ตำแหน่งของพันธะคู่เท่านั้น (Fox and Vevers, 1960) แคโรทีนที่สำคัญและมีบทบาทมากที่สุดในปลา คือ เบตาแคโรทีน (beta carotene) เพราะสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (Greenberg, 1968)



Beta-carotene

ภาพที่ 1 โครงสร้างของแคโรทีนอยด์

ที่มา : Anon (2001)

2.4.2 แชนโทฟิลล์ (xanthophyll) เกิดจากการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของแคโรทีน ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในรูปของไดไฮดรอกซี (dihydroxy) และไดคีโต-แคโรทีนอยด์ (diketo-carotenoids) แชนโทฟิลล์ที่พบในปลาส่วนมาก ได้แก่ ทาราแซนทิน (taraxanthin), ลูทีน (lutein) และแอสตาแซนทิน (astaxanthin) จากรายงานของ Hencken (1974) พบว่าแชนโทฟิลล์ เป็นแหล่งสารสีในอาหารไก่ ส่วนใหญ่จะถูกส่งผ่านไปสะสมในผิวหนังและไข่โดยไม่เปลี่ยนรูป แต่มีแชนโทฟิลล์บางตัว ได้แก่ เอ็คไคโนโนน (echinenone), คริปโตแซนทิน (cryptoxanthin), เบตา-เอโป-8-แคโรทีนอล (beta-apo-8-carotenol), เบตา-เอโป-8-คาโรทีนอิก แอซิด (beta-apo-8-carotenoic acid), และเอทิล เอสเทอร์ (ethyl ester) ของสารเหล่านี้ ในขณะที่ ซิทรานาแซนทิน (citranaxanthin) สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ และยังเป็นแหล่งสารสีในไก่และไข่ด้วย

ความสามารถในการย่อยได้ของแคโรทีนอยด์ ขึ้นอยู่กับอัตราการละลายและความสามารถในการละลาย ประสิทธิภาพในการให้สีของแคโรทีนอยด์ดูได้จากอัตราการย่อยได้ ความสามารถในการสะสมในเนื้อเยื่อเฉพาะอย่าง และคุณสมบัติเฉพาะของเม็ดสี ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น โครงสร้างทางเคมี และการสะสมของสารสีนั้น (Braulich, 1974)

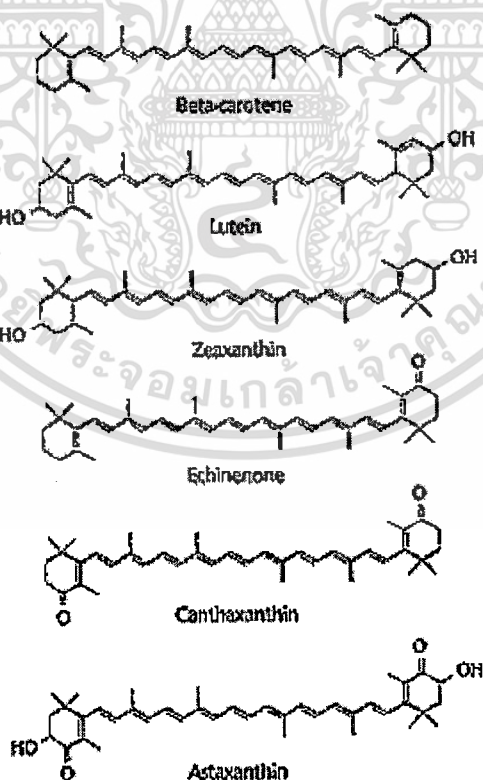
ปลาจะมีการสะสมแชนโทฟิลล์มากกว่าแคโรทีน ซึ่งมักพบในรูปของทาราแซนทิน, ลูทีน และแอสตาแซนทิน (Goodwin, 1951) Lastcha (1990) พบว่าในกลุ่ม salmonidae สะสมแคโรทีนและแชนโทฟิลล์ เช่น ลูทีน โดยไม่เปลี่ยนรูป สำหรับแอสตาแซนทินเมื่อได้รับมาแล้ว จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูป ซีแอสตาแซนทิน และลูทีน โดยขบวนการเมตาบอลิซึม Steven (1948) ได้ทำการศึกษาชนิดของแคโรทีนอยด์ในรูปของเอสเทอร์ที่ผิวหนังและครีบปลาเทราท์ที่จับได้จากธรรมชาติ พบว่าเป็นลูทีน และแอสตาแซนทิน ดังนั้น การผลิตอาหารที่มีส่วนผสมของแคโรทีนอยด์เพื่อเร่งสีของสัตว์น้ำให้เข้มข้น ควรเลือกใช้แคโรทีนอยด์ให้เหมาะสมกับชนิดของสัตว์น้ำเพราะสัตว์น้ำต่างชนิดกันมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสมแคโรทีนอยด์ได้แตกต่างกัน

แอสตาแซนทิน (astaxanthin) เป็นรงควัตถุสีแดงพวก คีโตแคโรทีนอยด์ (keto-carotenoid) หรือ secondary carotenoid ชนิดหนึ่ง เกิดจากการออกซิไดซ์เบตาแคโรทีน (beta carotene) เอ็คไคโนโนน (echinenone) และ แคนทาแซนทิน (canthaxanthin) หลังจากนั้นจึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็นแอสตาแซนทิน ตามลำดับ ปัจจุบันแอสตาแซนทินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหาร สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำพวก salmonids ได้แก่ ปลาแซลมอน และปลาเทราท์ และสัตว์จำพวก crustaceans เช่น กุ้ง กั้ง และปูชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มสีส้มของเนื้อให้มีสีแดงสดน่ารับประทาน และได้ราคาสูง (Bjerkeng , 1980) นอกจากนี้แอสตาแซนทินจากธรรมชาติยังเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ (free radical) ได้ดีที่สุดในตัวเหตุนี้จึงสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดเนื้องอก และโรคมะเร็ง รักษาอาการเป็นตุ่มพุพอง มีไข้ (fever blister) อาการแผลเปื่อยหรือเมื่อดงที่ริมฝีปาก (cold sores) แผลเปื่อยอักเสบในปาก สร้างระบบภูมิคุ้มกันให้สูงขึ้น ดังนั้น แอสตาแซนทิน จึงมีแนวโน้มที่จะเป็นอาหารเสริมสำหรับการบริโภคของมนุษย์ในอนาคตได้อีกทางหนึ่ง (สรวิศ เผ่าทองสุข, 2543)

2.5 โครงสร้างของแอสตาแซนทิน

รูปแบบของแอสตาแซนทิน (3,3'-dihydroxy-P, @carotene-4,4'-dione) ที่พบในธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ ซึ่งปรากฏหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น Stereoisomers ที่พบในเคย (*Euphausia superba*) เป็น 3R, 3'R ปลาแซลมอนเป็น 3S, 3'S และ แซนโทฟิลล์อิสระ *Haematococcus pluvialis* จะพบ mono-ester 80 เปอร์เซ็นต์ และ di-ester 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (Anon, 2001)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารกลุ่ม แคโรทีนอยด์

ที่มา : www.beta-glucan-info.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองครั้งนี้ใช้ปลาปลาตีสายพันธุ์ซันเซ็ท เป็นตัวแทนของปลาออกลูกเป็นตัวที่มีการส่งออกมา

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (CRD) ความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน ต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100 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.

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมปลาทดลอง

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

3.2.2 การเตรียมอาหาร

นำอาหารเม็ดขนาดเล็กชนิดลอยน้ำ โดยนำมาคลุกกับแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus* sp. ชื่อทางการค้า NatuRose โดย NatuRose 100 มิลลิกรัม มีปริมาณแอสตาแซนทิน 1.5 มิลลิกรัม จากนั้นชั่งแอสตาแซนทิน 1.668, 3.536, 5.0 และ 6.68 กรัม ที่ระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมตามลำดับ และนำแอลกอฮอล์ 95% พ่นลงในอาหารให้ทั่วเพื่อให้แอสตาแซนทินเกาะตัวกับอาหารได้ดีขึ้น หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งและนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

3.2.3 การดำเนินการทดลอง

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

3.2.4 การบันทึกผล

3.2.4.1 วัดการเจริญเติบโตของปลาปลาตีสายพันธุ์ซันเซ็ทด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักก่อนการทดลอง จากนั้นสุ่มตัวอย่างปลาปลาตีตู้ละ 3 ตัว นำมาชั่งน้ำหนัก ทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 12 สัปดาห์ แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการรอด และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(1) \text{ อัตรารอด} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือหลังทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้นทดลอง}}$$

$$(2) \text{ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}$$

3.2.4.2 วัดการเปลี่ยนแปลงของสีต่างๆ 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยสุ่มปลาข้างละ 3 ตัว มาสลับด้วยยาสลับ นำใส่ถุงพลาสติกและวัดสีบนลำตัวปลา โดยใช้เครื่องวัดสี (chromameter) วัดสีทั้งสองด้านของลำตัวปลา บริเวณกลางลำตัว ได้ครบหลัง ตลอดการเลี้ยง 8 สัปดาห์ เพื่อหาค่าของสีที่เปลี่ยนแปลงแบบ CIE $L^*a^*b^*$ (Van der Salm et al., 2004) วัดค่าของ “L”, “a” และ “b” ซึ่งมีความหมายดังนี้

L แสดงถึงความสว่างของสี มีค่าระหว่าง 0 – 100 (สีดำถึงสีขาว)

a แสดงถึงค่าความเข้มของสีแดง (+) และสีเขียว (-) มีค่าระหว่าง +60 ถึง - 60

b แสดงถึงค่าความเข้มของสีเหลือง (+) และ สีน้ำเงิน (-) มีค่าระหว่าง +60 ถึง -60

3.2.4.3 หลังจากสิ้นสุดการทดลอง สุ่มตัวอย่างปลาปลาที่สายพันธุ์ชั้นเซ็ทชุดการทดลองละ 3 ตัว มาศึกษาเนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์โดยการทำเป็นสไลด์ถาวร นำตัวอย่างปลามาทำให้สลับด้วยยาสลับเกินขนาด และตัดตัวอย่างเนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์ ไปแช่ใน buffer formalin 10 % นาน 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำยาแล้วแช่ซ้ำ ต่อมาแช่น้ำยาย่อยกระดูก (decalcification solution) แล้วตัดชิ้นเนื้อแบ่งใส่ตลับใส่เนื้อเยื่อ ทำการล้างน้ำโดยให้น้ำไหลผ่านอย่างช้าๆ นาน 2-4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเยื่อไปทำการขจัดน้ำ (dehydration) โดยผ่านขั้นตอนตามวิธีมาตรฐานของ Humason (1979) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์จากสไลด์ที่ทำการย้อมสีแล้ว พร้อมบันทึกภาพ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อันวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเจริญเติบโตของปลาชั้นเซ็ท

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสุดท้ายของปลาชั้นเซ็ท น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ กัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1 และ 2)

หลังจาก 8 สัปดาห์น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาชั้นเซ็ท เท่ากับ 2.07 ± 0.29 , 2.01 ± 0.35 , 2.00 ± 0.33 , 1.96 ± 0.38 และ 1.96 ± 0.31 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.49 ± 0.56 , 0.46 ± 0.58 , 0.48 ± 0.61 , 0.52 ± 0.58 และ 0.49 ± 0.72 กรัม ตามลำดับ อัตราการรอดของปลาชั้นเซ็ท เท่ากับ 91.25 ± 1.68 , 87.50 ± 0.00 , 89.58 ± 0.93 , 93.75 ± 0.93 และ 92.71 ± 0.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)
0	1.72 ± 0.04^a	2.07 ± 0.29^a	0.49 ± 0.56^a
25	1.72 ± 0.04^a	2.01 ± 0.35^a	0.46 ± 0.58^a
50	1.72 ± 0.04^a	2.00 ± 0.33^a	0.48 ± 0.61^a
75	1.72 ± 0.04^a	1.96 ± 0.38^a	0.52 ± 0.58^a
100	1.72 ± 0.04^a	1.96 ± 0.31^a	0.49 ± 0.72^a

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 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 พบว่าอัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Sommer et al. (1991) จากการให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า ปลาเรนโบว์เทราท์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินที่

สกัดจากสาหร่าย 20 60 และ 80 มิลลิกรัมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 อัตรารอดตายและอัตราการแลกเนื้อของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทินในระดับต่างๆ

อาหารผสมแอสตาแซนทิน (มก./กก.)	อัตรารอดตาย (%)	อัตราการแลกเนื้อ (FCR)
0	91.25 ± 1.68 ^a	4.68 ± 0.57 ^a
25	87.50 ± 0.00 ^a	4.87 ± 0.42 ^a
50	89.58 ± 0.93 ^a	4.96 ± 0.78 ^a
75	93.75 ± 0.93 ^a	4.61 ± 0.61 ^a
100	92.71 ± 0.47 ^a	4.55 ± 0.52 ^a

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของปลาชั้นเซ็ท

จากการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของปลาชั้นเซ็ท ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณ โคนครีบหางและบริเวณส่วนหัวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ซึ่งอ่านค่าในระบบ CIE L *a *b ทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์ โดยค่า L คือ ค่าความสว่างของสี ค่า a* คือ ค่าความเข้มของสีแดง ค่า b* คือ ค่าความเข้มของสีเหลือง

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีบริเวณ โคนครีบหางของปลาชั้นเซ็ท

4.2.1.1 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณ โคนครีบหาง (a*) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีแดงบริเวณ โคนหาง (a*) มีค่าความเข้มของสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3)

ในสัปดาห์ที่ 2 ค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุดคือ 16.82±0.50 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหาร ไม่ผสมแอสตาแซนทิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุดคือ 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 3 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณโคนครีบหาง (a^*) ของปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสม แอสตาแซนทิน (มก./กก.)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	14.36 ± 0.52	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

* อักษรที่ไม่ต่างกัน ในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4.2.2.2 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณ โคนครีบหาง (b*) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณ โคนหาง (b*) มีค่าความเข้มของสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4)

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 4 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณ โคนครีบหาง (b*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสม แอสตาแซนทิน (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	10.57 ± 1.15^a	11.50 ± 0.78^a	11.88 ± 0.52^a	12.07 ± 0.40^{ab}	12.93 ± 0.51^{ab}
50	10.57 ± 1.15^a	10.36 ± 0.83^a	11.83 ± 0.50^a	12.25 ± 0.28^{ab}	13.05 ± 0.37^{ab}
75	10.57 ± 1.15^a	12.00 ± 1.30^a	12.37 ± 1.00^a	12.70 ± 0.31^{ab}	13.12 ± 0.61^{ab}
100	10.57 ± 1.15^a	11.37 ± 0.78^a	12.54 ± 0.27^a	13.07 ± 0.44^b	13.38 ± 0.38^b

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4.2.2.3 ค่าความสว่างของสีบริเวณ โคนครีบหาง (L) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความสว่างของสีบริเวณ โคนหาง (L) ที่ทุกระดับความเข้มขึ้นของแอสตาแซนทิน มีค่าความสว่างของสีไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าความสว่างของสีบริเวณโคนครีบหาง (L) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

อาหารผสม แอสตาแซนทีน (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

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแต่ละแถวกัน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีบริเวณส่วนหัวของปลาชั้นเซ็ท

4.2.2.1 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทีน มีค่าความเข้มของสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณส่วนหัว (a*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทีนระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

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

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแต่ละแถวกัน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.2.2.2 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) มีค่าความเข้มของสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 7)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 25.77 ± 0.83 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 0 และ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 34.92 ± 1.63 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 0, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความเข้มของสีเหลืองมากที่สุดคือ 40.63 ± 1.67 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทีน 0 และ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 7 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณส่วนหัว (b*) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แอสตาแซนทินระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

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

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.2.2.3 ค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาชั้นเซ็ท

ผลของค่าความสว่างของสีบริเวณส่วนหัว (L) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน มีค่าความสว่างของสีไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 8)

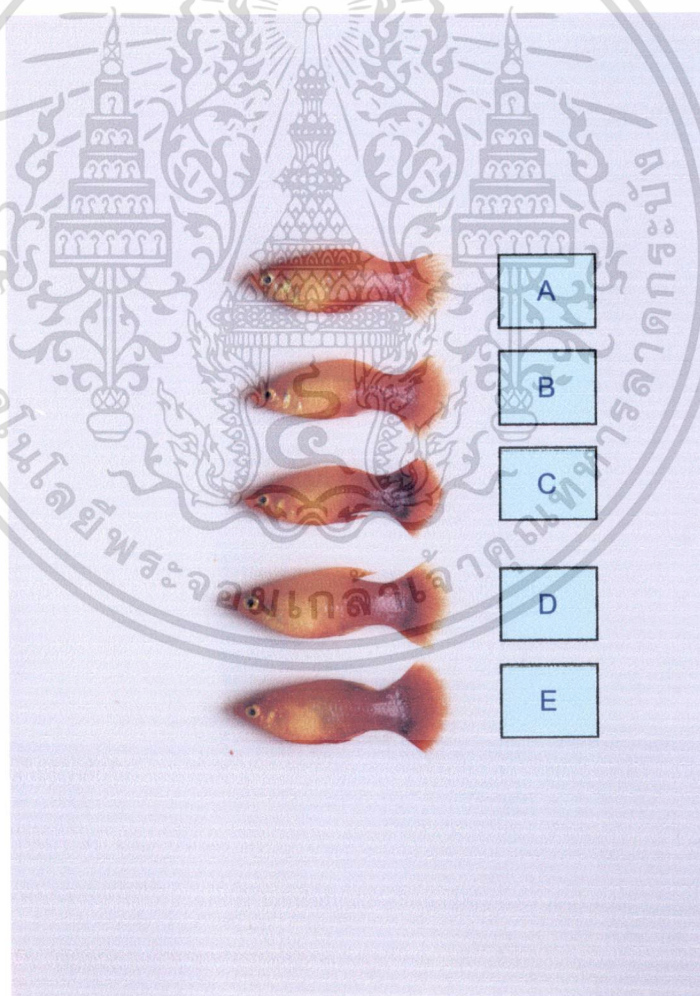
ตารางที่ 8 ค่าความสว่างบริเวณส่วนหัว (L) ของปลาชั้นเซ็ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน ระดับต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน

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

* อักษรที่ไม่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การให้อาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น ตั้งแต่ 25-100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้สีของปลาชั้นเซ็ทมีสีแดงเข้มขึ้นบริเวณ โคนหางในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 8 และการให้อาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 25-100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้สีของปลาชั้นเซ็ทมีสีเหลืองบริเวณส่วนหัว ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดต่อหรือดัดแปลงข้อมูลหรือข้อความใดๆในเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง

สัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 8 เมื่อระดับความเข้มข้นแอสตาแซนทินในอาหารมีระดับสูงขึ้นไปสามารถทำให้มีสีแดงเข้มมากขึ้นบริเวณ โคนหาง และทำให้มีสีเหลืองเข้มมากขึ้นบริเวณส่วนหัว ซึ่งสอดคล้องกับ คาราวรรณ และคณะ (2546) ได้ทำการทดลองผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ในอาหารปลากระแหที่ระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 0, 25, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 10 สัปดาห์ พบว่าครีบหางของปลากระแหมีสีแดงเข้มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในระหว่างกลุ่มที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทินกับกลุ่มที่ให้อาหารไม่ได้ผสมแอสตาแซนทิน โดยระดับแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในการเร่งสีครีบหางปลากระแหคือ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการใช้แอสตาแซนทินผสมในอาหารปลาเทราท์ (Sommer et al, 1991), ปลานิลแดง (ชลธิชา, 2541), ปลาคาร์ฟ (อรพินท์ และคณะ, 2546), ปลาตะเพียน (พิชญา และคณะ, 2544), ปลานิลแดง (ชลธิชา, 2541), ปลากระแห (คาราวรรณ และคณะ, 2546)



ภาพที่ 3 ปลาซันเซ่ทที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของแอสตาแซนทินต่ออวัยวะสืบพันธุ์ในปลาชั้นเซ็ท

จากการสุ่มตัวอย่างปลาปลาชั้นเซ็ททั้งสองเพศชุดการทดลองละ 6 ตัว (เพศผู้ 3 ตัว, เพศเมีย 3 ตัว) เพื่อดูผลของปริมาณแอสตาแซนทินต่ออวัยวะสืบพันธุ์ของปลาทั้งสองเพศ โดยเน้นที่การศึกษา Ovary เป็นหลัก เนื่องจากสามารถทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและชัดเจนกว่าการเจริญของอัมตะ ทำการจำแนกโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

การพัฒนาของไข่แบ่งออกเป็น 6 ระยะ ตามที่ Groman (1982) อ้างโดย ปวีณา (2530) ที่อธิบายในปลา striped bass ไว้ดังนี้

ระยะที่ 1 (oocyte sytage 1) ในระยะนี้ไข่จะยังอยู่ในรูปของ oogonia โดยจะอยู่รวมเป็นกลุ่มมีขนาดเล็กกลมโดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ไซโทพลาสซึมติดสีชมพู พบนิวเคลียสอยู่ตรงกลางเซลล์

ระยะที่ 2 (oocyte sytage 2) ในระยะนี้ไข่จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ไซโทพลาสซึมติดสีน้ำเงินเข้ม นิวเคลียสขยายขนาดและย้ายมาอยู่กลางเซลล์ จะเริ่มเคลื่อนออกจาก lamellae ที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดติดกับไข่

ระยะที่ 3 (oocyte sytage 3) นิวเคลียสอาจเคลื่อนไปอยู่บริเวณด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์ พบไซโทพลาสซึมติดสีน้ำเงินที่เข้มมากกว่าในระยะที่ 2 ส่วนนิวเคลียสติดสีชมพู พบ provitelline nucleoli กระจายอยู่ทั่วไปในนิวเคลียส และเริ่มพบ provitelline nucleoli เคลื่อนตัวไปยังรอบๆ nuclear membrane ซึ่งจะกลายเป็น euvitelline nucleoli

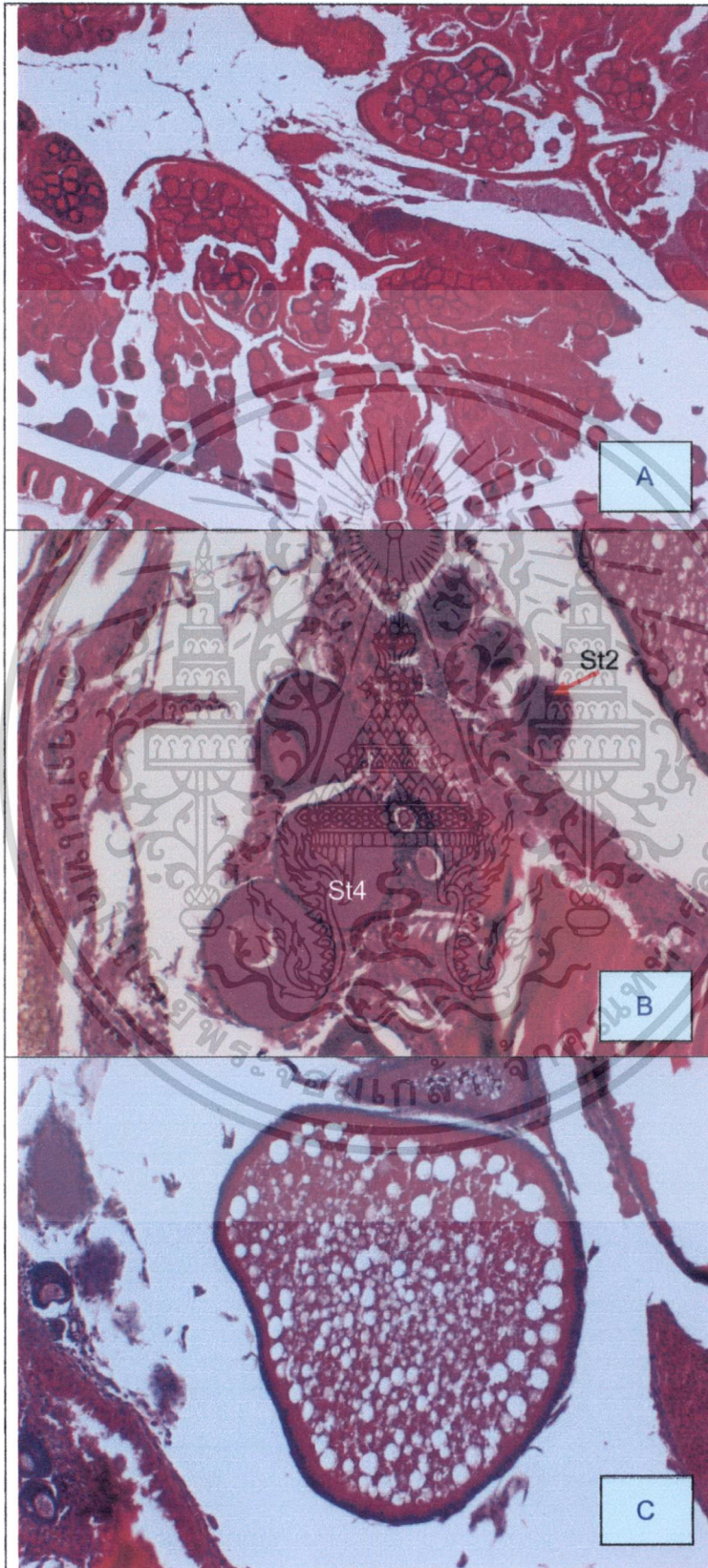
ระยะที่ 4 (oocyte sytage 4) ไข่ในระยะนี้จะพบ euvitelline nucleoli อยู่ที่ขอบ nuclear membrane นิวเคลียสติดสีชมพู แต่ไซโทพลาสซึมจะติดสีน้ำเงินจางลงเมื่อเทียบกับระยะที่ 2 - 3 และเริ่มพบการสร้าง yolk-vesicle และ เริ่มมีการสร้างไข่แดง ทำให้พบ yolk granules และ fat vacuoles (yolk vacuoles) ในไซโทพลาสซึม

ระยะที่ 5 (oocyte sytage 5) ระยะนี้จะมี yolk granules และ yolk vacuoles เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในบริเวณที่ไซโทพลาสซึมที่ยังเป็นสีน้ำเงิน และไซโทพลาสซึมที่ใกล้นิวเคลียสบางส่วนจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทา ส่วนนิวเคลียสจะติดสีชมพูชัดเจน

ระยะที่ 6 (oocyte sytage 6) ในไซโทพลาสซึมของไข่จะพบ yolk vacuoles กระจายตัวเต็มฟองไข่ และมีการขยายขนาดมากขึ้น นิวเคลียสลดขนาดลงติดสีชมพู

ผลของเนื้อเยื่อบริเวณเซลล์สืบพันธุ์พบว่าในชุดการทดลองที่ 3 (75 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม) ขึ้นไปพบการเจริญของไข่ในเกือบทุกระยะ และพบไข่ที่เจริญเต็มที่มากกว่าในชุดควบคุม (0 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และ 25, 50 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม) โดย ในชุดควบคุม (0 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) และชุดที่ 2, 3 (25 และ 50 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม) นั้นพบว่าไข่จะเจริญอยู่ในระยะท้ายๆ (5-6) แต่ยังไม่เจริญเป็นตัวอ่อน และไม่พบฟองไข่ที่ชัดเจนจนสามารถ

มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและส่วนในปลาเพศผู้พบการเจริญของอวัยวะไม่แตกต่างกัน ในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 (A) เซลล์สืบพันธุ์ของปลาเพศผู้ (B) ไช้ระยะที่ 2 (St2) และ 4 (St4) และ (C) ไช้ระยะที่ 6
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่เป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล

การใช้แอสตาแซนทินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเนื้อ ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด ในการเร่งสีปลาพลาคตี้เนื่องจากสีของปลาที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความใกล้เคียงกับการใช้แอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ค่าสีโดยเฉลี่ยบริเวณบนลำตัวของปลาพลาคตี้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 และ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นระดับของแอสตาแซนทิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมจึงเพียงพอต่อการใช้เร่งสีปลาพลาคตี้

เอกสารอ้างอิง

- ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. ผลของแอสตาแซนทินต่อสี การเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ดาราวรรณ ยุทธยงค์, จุอะดี พงศ์มณีรัตน์ และสนธิพันธ์ ผาสุกดี. 2546. ผลของแอสตาแซนทินในอาหารต่อสีปลากระแห. การสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2546, น. 45.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2544. สัมมนา “ตลาดส่งออกปลาสวยงาม 2001”. วารสารการประมง 54 (4) : 357-332.
- พิชญา ชัยนาค, ไวยพจน์ เกรื่อเสนห์ และทวิ จินดามัยกุล. 2544. ผลของแอสตาแซนทินต่อสีของปลาเกะพงแดง (*Lutjanus argentimaculatus Forskal*). เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2544. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 น.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์. 2536. ปลาออกลูกเป็นตัว. ใน 50 ปี คณะประมง. คณะประมง พ.ศ. 2486 – 2536. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์ กาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์ และพิสิฐ ภูมิคง. 2543. การเพาะเลี้ยงปลาทอง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 น.
- Axelrod, H.R., W.E. Burgess, C.W. Emmens, N. Pronek, J.G. Walls and R. Hunziker. 1987. Dr. axelrod' s mini-atlas of freshwater aquarium fishes. T.F.H. Publication, Inc. 925 p.
- Axelrod, H.R. and L. Wischnath. 1991. Swordtails and platies. T.F.H. Publication, Inc., N.J. 191 p.

- Choubert, G. and T.S. Storebakken. 1989. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of Rainbow trout fed various dietary carotenoids concentrations. *Aquaculture*. 81: 69-77.
- Foss, P., T. Storebakken, K. Schiedt, S. Liaaen-Jensen, E. Austreng and K. Streiff. 1984. Carotenoids in diets for salmonids. I. Pigmentation of Rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*. 41: 213-226.
- Lorens, R.T. and G. R. Cysewski. 2000. Commercial potential for *Haetococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Tibtech* 18: 161 -167.
- Nickell, D.C. and N.R. Bromage. 1998. The effect of timing and duration of feeding astaxanthin on the development and variation of fillet colour and efficiency of pigmentation in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 169: 233-246.
- Paripatananont, T. 1999. Effect of astaxanthin on the pigmentation of goldfish *Carassius auratus*. *Journal of the world aquaculture society* 30(4): 454-459.
- Rehulka, J. 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition, and some blood indices of Rainbow trout, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*. 190: 27-47.
- Smith, B.E., R.W. Hardy and O.J. Torrissen. 1992. Synthetic astaxanthin deposition in pan-size Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*. 104: 105-119.
- Wathne, E., B. Bjerkgeng, T. Storebakken, V. Vassvik, A. B. Odland. 1998. Pigmentation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed astaxanthin in all meals or in alternating meals. *Aquaculture*. 153: 217-231.