ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง

Effect of Light on Pigmentation of Astaxanthin in Goldfish (*Carassius auratus*).

โดย

นายธีระศักดิ์ วิเชียรเกื้อ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Fisheries Science Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Techonlogy Ladkrabang

Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง

Effect of Light on the pigmentation Astaxanthin of Goldfish *Carassius auratus.*

ชื่อนักศึกษา นายธีระศักดิ์ วิเชียรเกื้อ **รหัส** 41544063

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จตุพร บัณฑิต

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย
อาจารย์ที่ปรึกษา.....
(อาจารย์จตุพร บัณฑิต)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 31 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18744

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง

Effect of Light on Pigmention of Astaxanthin in Goldfish.

(*Carassius auratus*).

T099177

โดย

นายธีระศักดิ์ วิเชียรเกื้อ

ปพ.
ธ677ผ
2544

สบทหมู่.....
เลขทะเบียน.....99177
รับเมื่อน.ปี 15 JUN 2544

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง

Effect of Light on Pigmentation of Astaxanthin in Goldfish (*Carassius auratus*).

การศึกษาผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทองน้ำหนักเฉลี่ย 5.94±1.56 กรัม ในสภาพการเลี้ยงที่มีการให้แสงตลอดเวลาและเลี้ยงในที่มืด ด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 3 ระดับ คือ 0, 50 และ 100 mg./kg.อาหาร ในเวลา 10 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็น 6 ทรีตเมนต์คือ T1= ปลาทองที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา T2= ปลาทองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา T3= ปลาทองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา T4= ปลาทองที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในที่มืด T5= ปลาทองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด T6= ปลาทองที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด ทำการวัดสีที่ตัวปลา 3 จุดคือ บริเวณหลัง, ครีบหางและที่บริเวณท้อง พบว่า ระดับสีของปลาทองที่บริเวณหลังในทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จากระดับสีเมื่อเริ่มทำการทดลองโดยเริ่มต้นมีค่า H°เฉลี่ยอยู่ที่ 70.9±3.5 เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวัดสีโดยมีค่า H°ที่วัดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 76.9±4.9, 71.6±1.8, 73.5±2, 74.9±3.3, 73.3±1.4, 72.9±3 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ การสะสมแอสตาแซนทินของปลาทองจะเห็นได้ชัดที่ครีบหาง โดยเมื่อเริ่มต้นมี ค่า H°เฉลี่ยอยู่ที่ 73.9±6.8 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่ครีบหางมีค่า H°เฉลี่ยอยู่ที่ 68.5±6.3, 48.9±1.4, 51.6±1.7, 68.5±6.4, 45.6±1.8 และ 49.6±2.5 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าใน T1 และT4 ซึ่งเป็นกลุ่มทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับแอสตาแซนทินมีความเข้มของสีไม่แตกต่างจากระดับสีเมื่อเริ่มทำการทดลอง ส่วนในกลุ่มที่ได้รับแอสตาแซนทินคือ T2 ,T3,T5, และ T6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับกลุ่มทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับแอสตาแซนทิน ปริมาณแอสตาแซนทิน 50 mg./kg. อาหารเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการทำการเร่งสีปลาให้เกิดขึ้นที่ครีบหางโดยจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่ให้แอสตาแซนทิน 100mg./kg.อาหาร และพบว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อการเพิ่มสีของปลาทองที่เกิดขึ้นที่ครีบหาง ระดับสีของปลาทองที่บริเวณท้องเมื่อเริ่มการทดลองมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 22.4±3.7 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ พบว่าระดับสีมีการเปลี่ยนแปลงไปจากระดับสีเมื่อเริ่มทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในทุกทรีตเมนต์ โดยระดับสีมีค่า H°เฉลี่ยอยู่ที่ 80.8±3.9,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

79.3±2.6, 76.2±2.4, 81.6±3.3, 83.3±1.9 และ 83.2±5.3 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การสะสมแอสตาแซนทินในปลาทองที่เลี้ยงในที่มีแสงและที่เลี้ยงในที่มืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าการใช้แอสตาแซนทินภายใต้สภาวะที่มีแสง จะมีประสิทธิภาพการเร่งสีที่ดีกว่าการใช้ในสภาวะที่ไม่มีแสง นอกจากนั้นยังพบอีกว่าระดับของแอสตาแซนทินกับระดับสีไม่มี interaction กันในทุกจุดที่ทำการวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษเล่มนี้ สามารถสำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์จตุพร บัณฑิต ซึ่งเป็นบุคคลที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดการทดลองพร้อมทั้งแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องจนปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จอย่างสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์อย่างสูง และปัญหาพิเศษเล่มนี้ก็จะไม่สามารถสำเร็จได้เช่นกันหากไม่มีบุคคลดังนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ซึ่งความรู้เหล่านั้นข้าพเจ้าได้นำมาใช้เป็นเหตุผลประกอบการทดลอง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการรักษาโรคปลาช่วงเตรียมการทดลองและคำแนะนำการวัดสีปลา

ขอขอบคุณ พี่มอญ พี่นิพนธ์ พี่แสง และเจ้าหน้าทุก ๆ ท่านที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และรับฟังปัญหาต่าง ๆ ตลอดงานทดลอง

ขอขอบคุณวิทยาเขตชุมพรที่ให้โอกาสข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณครอบครัวข้าพเจ้าสำหรับคำอวยพร และกำลังทรัพย์

จึงหวังว่าหากปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ความดีส่วนนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บุคคลที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนความผิดพลาดข้าพเจ้าขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ธีระศักดิ์ วิเชียรเกื้อ

มิถุนายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	7
ผลการทดลอง	10
สรุปผลและวิจารณ์	18
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงระดับสีที่บริเวณหลังของปลาทอง	10
2	แสดงระดับสีที่ครีบหางของปลาทอง	11
3	แสดงระดับสีที่บริเวณท้องของปลาทอง	12
4	ตารางสรุปรวมระดับสีของปลาทอง	13
5	ตารางสรุปรวมค่าการเติบโตของปลาทอง	13
6	แสดงคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง	15

ตารางผนวกที่

1	แสดงน้ำหนักของปลาทองต่อตัวในแต่ละสัปดาห์	24
2	แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ตัว/วัน)ของปลาทอง	25
3	แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ(FCR)ของปลาทอง	26
4	แสดงการวิเคราะห์สีที่บริเวณหลังของปลาทอง	27
5	แสดงการวิเคราะห์สีที่ครีบหางของปลาทอง	28
6	แสดงการวิเคราะห์สีที่บริเวณท้องของปลาทอง	29
7	แสดงการวิเคราะห์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาทอง	30
8	แสดงการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาทอง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แสดงระดับสีที่บริเวณหลังของปลาทอง	10
2.	แสดงระดับสีที่ครีบหางของปลาทอง	11
3.	แสดงระดับสีที่บริเวณท้องของปลาทอง	12
4.	แสดงน้ำหนักปลาทองเฉลี่ยต่อตัวตลอดการทดลอง	14
5.	แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาทอง	14
6.	แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาทอง	15
7	แสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ตลอดการทดลอง	16
8	แสดงค่า pH ตลอดการทดลอง	16
9	แสดงค่า DO ตลอดการทดลอง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

การเลี้ยงปลาตู้เป็นปลาสวยงาม เป็นงานอดิเรกของคนไทยมากว่า 100 ปี ประเทศไทยมีการส่งออกปลาสวยงามมาตั้งแต่ปีค.ศ. 1962 มีมูลค่าการส่งออกปลาสวยงามไปยังสหรัฐอเมริกา, ยุโรป และญี่ปุ่นโดยรวมนับหลายล้านบาท ในจำนวนนี้มีปลาที่ได้รับความนิยมในหมู่นักเลี้ยงปลา คือ ปลาทอง *Carrassius auratus* เนื่องจากเป็นปลาที่มีรูปร่างลักษณะที่สวยงามและมีเอกลักษณ์โดยนอกจากรูปร่างของลำตัว, ครีบ และขนาดแล้วลักษณะที่สำคัญที่มีผลต่อราคาในตลาดปลาทองก็คือ ลักษณะสี เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ปลาทองจะมีสีแดงส้ม ซึ่งเราสามารถเร่งสีของปลาทองได้โดยการให้อาหารที่มีส่วนผสมของสารสีคาโรทีนอยด์ โดยสารคาโรทีนอยด์นี้จะไปมีผลให้สีในตัวปลามีความเด่นชัดขึ้น ซึ่งสารสีที่นิยมใช้ตัวหนึ่งก็คือ แอสตาแซนทิน (Astaxanthin) ซึ่งจะมีบทบาทในการให้สีแดงส้ม การใช้คาโรทีนอยด์ผสมลงในอาหารเพื่อเร่งสีของปลาให้เข้มขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาควบคู่กันไปก็คือ อายุและชนิดของปลา อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งยังไม่มีรายงานในเรื่องของแสง เพราะฉะนั้นการศึกษาในเรื่องผลของสภาวะแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาปรับปรุง และจะเป็นหนทางในการเพิ่มคุณภาพปลาทองของเกษตรกรต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทอง
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของแสงกับปริมาณแอสตาแซนทินในอาหารต่อการเร่งสีของปลาทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางชีววิทยาของปลาทอง

ปลาทองมีชื่อสามัญว่า Golden carp มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carassius auratus* อยู่ในครอบครัว (Family) Cyprinidae ในอันดับ (Order) Ostariophysi และอยู่ในชั้น (Class) Pices (เชิดชาย, 2533)

วันเพ็ญและนงนุช (2530) รายงานว่าปลาทองแต่เดิมมีลักษณะคล้ายปลาไน(Cyprinus carpio) มีลำตัวค่อนข้างยาวและแบนข้าง หัวสั้นกว้าง ขนาดยาวสูงสุด 30.5 เซนติเมตร แต่ต่างจากปลาไนตรงที่ไม่มีหนวด ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงปลาทองจนได้ปลาที่มีรูปร่างและสีสันแตกต่างกัน ปลาทองที่นิยมเลี้ยงและเป็นที่นิยมของตลาด ได้แก่ พันธ์หัวสิงห์ (Lion head) ออแรนดา (Oranda) เกล็ดแก้ว (Pearl seale) เป็นต้น

1. ปลาทองพันธุ์หัวสิงห์ (Lion head) ลักษณะเด่นจะมีวุ้น ลักษณะเป็นเม็ดขึ้นมาปกคลุมส่วนหัว ทำให้มีหัวกลมใหญ่คล้ายหัวสิงห์

2. ปลาทองเกล็ดแก้ว (Pearl seale) มีลำตัวกลมสั้น ท้องป่องออกมาทั้งสองด้าน มองจากด้านบนจะเห็นเป็นรูปทรงกลม มีลักษณะเด่นที่เกล็ด คือเกล็ดหนามาก และนูนขึ้นมาเห็นเป็นเม็ดกลมๆ ครีบทุกครีบรวมทั้งหางสั้น

3. ปลาทองออแรนดา (Oranda) มีลักษณะลำตัวค่อนข้างยาว ด้านข้างคล้ายรูปไข่ ครีบทุกครีบยาวใหญ่ โดยเฉพาะครีบหาง แบ่งเป็นพันธุ์ย่อยๆได้อีกตามลักษณะหัวและสีได้แก่

3.1 ออแรนดาธรรมมดา มีลำตัวค่อนข้างยาวรี หัวไม่มีวุ้น ครีบทุกครีบยาวมาก

3.2 ออแรนดาหัววุ้น บริเวณหน้ามีวุ้นคลุมอยู่ ตรงบริเวณตรงกลางของส่วนหัว

3.3 ออแรนดาหัวแดง เหมือนออแรนดาหัววุ้น แต่วุ้นบนหัวจะมีสีแดง

อุปนิสัยการกินอาหารของปลาทอง

ปลาทองเป็นปลาที่ชอบอาศัยในหนอง บึง ทะเลสาบ แม้แต่ในแม่น้ำ ชอบอยู่ในน้ำอุ่น ปลาทองเป็นปลาที่ชอบกินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) แต่ในธรรมชาติชอบกินอาหารพวกลูกน้ำ ไรน้ำ ไรสีน้ำตาล(Artemia) หรือพวกหนอนแดง เป็นปลาที่กินอาหารทั้ง 3 ระดับ คือ ผิวน้ำ กลางน้ำและก้นบ่อ แต่เมื่อนำมาเลี้ยงก็สามารถกินอาหารเม็ดได้เป็นอย่างดี (กรมอาชีวศึกษา, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รงควัตถุที่พบในปลา

ปลาสามารถเปลี่ยนสีสันเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงสีต่างๆ ออกมาเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระหว่างที่เกิดความตื่นเต้น หรือในขณะที่มีการเกี้ยวพาราสีกัน (Hoar and Randall, 1969) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เกิดจากการทำงานของเซลผิวหนังซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายใน เซลสร้างสีในตัวปลามีอยู่สองพวกใหญ่ๆ คือ โครมาโตฟอร์ (chromatophores) และ เออริโดฟอร์ (iridophore) โครมาโตฟอร์อยู่ในผิวหนังชั้นเดอร์มิส ใต้เกล็ดปลา ภายในโครมาโตฟอร์มีเซลสร้างเม็ดสี ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท คือ อิรอโทรฟอร์ (erythrophore) จะให้สีแดงและสีส้ม แซนโทฟอร์ (xanthophore) จะให้สีเหลือง และ เมลาโนฟอร์ (melanophores) จะให้สีดำ ส่วนเออริโตฟอร์ อาจเรียกว่า มิเรอร์เซล (mirror cell) เป็นเซลล์ที่สะท้อนสีของวัตถุที่อยู่ภายนอกตัวปลา สารที่อยู่ภายในเออริโดฟอร์ เป็นพวกคริสตัลไลน์ กัวนิน (crystalline guanine) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะโปร่งแสง มีสีขาวหรือสีเงิน (Lagler *et al*., 1962) นอกจากนี้ เม็ดสีในชั้นของผิวหนังปลาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. เมลานิน (melanin) เมลานินเป็นเม็ดสีน้ำตาลหรือดำที่พบในปลา เกิดจากไทโรซีน โดยไทโรซีนถูกออกซิไดซ์ ด้วยเอ็นไซม์ ไทโรซิเนส เปลี่ยนเป็น 3,4 ไดไฮดรอกซีฟีนิลอะลานิน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น โดปา ควิโนน (Dopa quinone) แล้วจะมีการรวมตัวกันทางเคมีทำให้เกิดเมลานินขึ้น เมลานินมักเกาะติดอยู่กับโปรตีน

2. เทอริดีน (Pteridine) เป็นสารประกอบที่สามารถละลายได้ในน้ำ มีทั้งชนิดที่มีสีและไม่มีสี ได้แก่ โดรซอฟเทอริน, ไอโซโดรซอฟเทอริน และนีโอเดอซอฟเทอริน ซึ่งทั้งสามพวกนี้มีสีแดง ซีเพียเทอริน มีสีเหลือง ส่วนลิวคอพเทอริน ซึ่งไม่มีสีนั้นแบ่งได้เป็นสองพวกคือ บลู และไวโอเลตฟลูออเรสเซนท์

3. เพียวริน (Purine) เป็นเม็ดสีที่ทำให้สีขาวหรือสีเงินบนผิวหนังตัวปลา เพียวรินที่พบมากคือกัวริน มักพบอยู่ในไซโตปลาสซึมของเซลลิวโคฟอหรือเออริโดฟอร์ จะอยู่ในสภาพที่เป็นผลึกขนาดเล็ก เป็นเม็ดหรือเป็นแผ่นบางๆ

4. คาโรทีนอยด์ (Cartenoids) คาโรทีนอยด์พบได้ทั่วไป ทั้งในพืชและสัตว์ ในพืชดอกทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยเม็ดสีเหล่านี้อยู่ในพลาสติด (plastid) นอกจากนี้อาจพบในคลอโรพลาสของใบไม้ที่มีสีเขียวด้วย คาโรทีนอยด์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ไม่สามารถละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน ปลาไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์ได้เอง ดังนั้น จึงต้องได้รับจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้ไว้ในตัวของมันเอง หรืออาจเปลี่ยนคาโรทีนอยด์เป็นสารสีรูปอื่นได้ สามารถแบ่งเม็ดสีคาโรทีนอยด์ ออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ แคโรทีน (carotene) และแซนโทฟิล (xanthophyll)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและโครงสร้างของคาโรทีนอยด์

กลุ่มของสารคาโรทีนอยด์นี้ประกอบด้วยคาร์บอนน้อยหรือมากกว่า 40 คาร์บอน โดยมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป อาจจะอยู่ในรูปสายยาวไม่เป็นวงกลมเช่น สารไลโคปีน (lycopene) ในรูปที่เป็นวงกลมเช่น แบตาแคโรทีน (beta-carotene) หรือในรูปกลุ่มที่มีออกซิเจนได้แก่ กลุ่มแซนโทฟิล (xanthophyll) ได้แก่แคนตาแซนทิน (canthaxanthin) หรือ แอสตาแซนทิน (astaxanthin)

1.1 คาโรทีน (carotene) โมเลกุลของคาโรทีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยว สลับกับพันธะคู่ และที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองแขนจะมีอะตอมของคาร์บอนมาเกาะกันเป็นวง ที่เรียกว่า ไอโอโนนริง คาโรทีนแยกได้เป็น แอลฟาคาโรทีน เบตาคาโรทีน แกมมาคาโรทีน และไลโคปีน คาโรทีนที่สำคัญและมีบทบาทต่อปลา คือ เบตาคาโรทีน

1.2 แซนโทฟิลด์ (xanthophyll) แซนโทฟิลเกิดจากการเพิ่มของออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของคาโรทีน แซนโทฟิลที่พบในปลาส่วนมาก ได้แก่ ทาราแซนทิล (taraxanthin), ซีเอแซนทิน (zeaxanthin), ลูทิน และแอสตาแซนทิน (astaxanthin) แซนโทฟิลเป็นคาโรทีนอยด์ที่มีบทบาทในการให้สีแก่สิ่งมีชีวิต จากรายงานของ Hencken (1974) พบว่าแซนโทฟิลที่เป็นแหล่งสีในอาหารไก่ส่วนใหญ่จะถูกส่งผ่านไปสะสมในผิวหนังและไข่โดยไม่เปลี่ยนรูป แต่มีแซนโทฟิลบางตัวที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ และยังเป็นแหล่งสีในไก่และไข่

ความสามารถในการย่อยได้ของคาโรทีนอยด์ขึ้นกับอัตราการละลายและความสามารถในการละลาย ประสิทธิภาพในการให้สีของคาโรทีนอยด์ดูได้จากอัตรายอยได้ ความสามารถในการสะสมในเนื้อเยื่อเฉพาะอย่าง และคุณสมบัติเฉพาะของเม็ดสี ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ โครงสร้างทางเคมี และการสะสมได้ของสารสีนั้น

แอสตาแซนทินเป็นสารที่มีสีแดงและมีมากในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ คุณสมบัติพิเศษคือเมื่อไปรวมตัวกับโปรตีนแต่ละประเภทที่แตกต่างกันจะให้สีแตกต่างกันได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีฟ้า และสีน้ำตาล เมื่อถูกทำให้สุกสีแดงจะแสดงออกมาให้อย่างชัดเจน เช่นการต้มกุ้งให้สุกจะเห็นว่ากุ้งมีสีแดง ดังนั้นเปลือกกุ้งที่สุกเมื่อบดให้ละเอียดแล้วสามารถที่จะนำมาใช้เป็นอาหารเพิ่มสีได้ สารนี้สังเคราะห์ได้จากขบวนการทางเคมี ในธรรมชาติพบได้ในสัตว์ที่มีเปลือก เช่น กุ้ง เคย ยีสต์ แต่มีในปริมาณที่น้อยพบว่ามีในเคย 1,500 มก./กก. ในยีสต์สกุล Phaffia มี 4,000 มก./กก. และสาหร่าย Haematococcus ซึ่งมีความเข้มข้น 15,000-20,000 มก./กก. (ประเสริฐ, 2525)

การสะสมคาโรทีนอยด์ในปลา

คาโรทีนอยด์ที่พบในปลาก็เหมือนกับที่พบในสัตว์อื่นๆ ส่วนใหญ่จะละลายในไขมัน โดยจะทำให้เกิด สีเหลือง ส้มหรือแดงในส่วนของไข่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและผิวหนัง ปลาจะมีการสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xanthophyll มากกว่า Carotene หรือไฮโดรคาร์บอนตัวอื่นๆ ซึ่งมักพบในรูปของ ทาราแซนทิน ลูทีน และแอสตาแซนทิน โดยวุฒิพร (2527) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแหล่งและปริมาณของรงควัตถุคาโรทีนอยด์ที่เหมาะสำหรับการเร่งสีปลาแฟนซีคาร์พ โดยการทดลองที่1 ใช้อาหารทดลอง 8 สูตร ซึ่งมีส่วนผสมของรงควัตถุจากแหล่งต่างกัน ได้แก่ สาหร่ายสไปรูไรนา, กุ้งป่น, แคโรฟิลเรด, หอยแมลงภู่, กลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริดอร์, พันธุ์โซเวอร์เรียน และฟักทอง โดยผสมรงควัตถุเหล่านี้ลงในอาหารสูตรพื้นฐานเพื่อศึกษาถึงความเข้มของสีปลาที่เพิ่มขึ้น พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหน่ายสไปรูไรนา มีสีเข้มสุด ปลาที่ได้รับอาหารเสริมกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริดอร์และพันธุ์โซเวอร์เรียนให้ผลรองลงมา ส่วนอาหารเสริมจากแหล่งอื่นๆ ให้ผลต่อความเข้มสีน้อยมาก

ชลธิชา (2541) กล่าวว่า การผสม Astaxanthin ในอาหารในปริมาณต่างกันเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดง พบว่า สามารถทำให้สีของลำตัวและเนื้อปลาเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดอาหารทดลองที่ไม่ได้ผสม Astaxanthin เช่นเดียวกับ Torrissen (1989) ที่ได้ศึกษาการสะสมคาโรทีนอยด์บริเวณกล้ามเนื้อจากการทดลองในปลา Salmonid พบว่า Astaxanthin สามารถทำให้กล้ามเนื้อของปลามีสีแดงเข้มขึ้น สอดคล้องกับ Boonyaratpalin (1975) ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้กลีบดอกดาวเรืองและสารให้สีที่สกัดจากเมล็ดแอนนัทโต (Annato) ผสมลงในอาหารเพื่อเป็นแหล่งคาโรทีนอยด์ พบว่า ปลาเสือสุมาตราที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกลีบดอกดาวเรือง แถบสีแดงบนลำตัว ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางจะมีสีแดงเข้มขึ้นและสดอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสารสีที่สกัดจากเมล็ดแอนนัทโต และอาหารที่มิได้ใส่สารสี

การใช้คาโรทีนอยด์ผสมในอาหารเพื่อเร่งสีปลา

การเลือกใช้คาโรทีนอยด์ชนิดใดผสมในอาหารเพื่อเร่งสีปลานั้นต้องพิจารณาถึงอายุและชนิดของสัตว์น้ำ อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ รวมทั้งปริมาณไขมันในอาหารด้วย เนื่องจากสัตว์ต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสมคาโรทีนอยด์ได้ต่างกัน ดังรายงานของวุฒิพร (2525 อ้างตาม Katayama *et al.* 1972) เกี่ยวกับการเร่งสีในสัตว์น้ำ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่1 ปลาทอง ปลาคาร์พสีแดง และปลาแฟนซีคาร์พสีแดง ความเข้มของสีปลาเหล่านี้สามารถทำให้เข้มขึ้นได้โดยผสมคาโรทีนอยด์บริสุทธิ์ลงในอาหารในปริมาณ 1-4% คาโรทีนอยด์ที่ใช้ได้แก่ ซีเอแซนทิน,ลูทีน, แคนตาแซนทิน และแอสตาแซนทิน กลุ่มที่2 กุ้ง, ปู ที่มีแอสตาแซนทินเป็นคาโรทีนอยด์หลัก สีของสัตว์น้ำเหล่านี้สามารถเร่งให้เข้มขึ้นได้โดยผสมคาโรทีนอยด์บริสุทธิ์ลงในอาหารในปริมาณ 1-3% ลงในอาหาร คาโรทีนอยด์ที่ใช้ได้แก่ เบตาคาโรทีน, แอสตาแซนทิน, แคนตาแซนทิน, ซีเอแซนทิน ส่วนกลุ่มที่ 3 กลุ่มปลาซัลโมนิดและซีบรีม ผสมทูนาแซนทิน: แอสตาแซนทิน ในอัตราส่วน 2: 1 1: 6 ลงในอาหาร ซึ่งมีผลทำให้ปลาที่เลี้ยงมีสีเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paripatananont (1999) กล่าวว่า เราสามารถทำให้เกิดการเพิ่มสีในปลาทองได้โดยใช้แอสตาแซนทิน 37-45 มก./กก.อาหารปลา สีของผิวปลาจะคงอยู่อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนขายให้กับผู้ซื้อ

การเก็บรักษาคาโรทีนอยด์

ในขบวนการสกัด ทำให้บริสุทธิ์ และการเก็บรักษา จำเป็นจะต้องรู้ถึงวิธีป้องกันมิให้คาโรทีนอยด์สูญหายไปจากขบวนการต่างๆ วิธีเก็บรักษาคาโรทีนอยด์มีดังนี้

1. ป้องกันคาโรทีนอยด์จากแสงสว่าง ความร้อนและออกซิเจน แสงสว่างมีผลต่อคาโรทีนอยด์ 2 ประการ คือ ประการแรกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ ซิส-ทรานส์ของบอนด์คู่ (cis-trans double bonds) ทำให้เปลี่ยนช่วงการดูดซึมแสง จากนั้นคุณสมบัติการให้สีของคาโรทีนอยด์เสียไป ประการที่สองเกี่ยวกับการออกซิไดซ์ของสายคาร์บอนอะตอม ซึ่งจะส่งผลถึงการรบกวนการทำงานของโครมาโตฟอร์ ทำให้คาโรทีนอยด์ไม่ทำงาน สภาพดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการเติมสารพวก butylated hydroxyanisole และ butylated hydroxytoluene การใช้อุณหภูมิสูงในขบวนการผลิต และระหว่างการเก็บรักษาเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียได้ นอกจากนี้การให้คาโรทีนอยด์สัมผัสกับออกซิเจนหรืออะซิโตนก็ทำให้คาโรทีนอยด์เสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น พบว่า หากได้มีการเอาน้ำออกจากอาหารก็จะทำให้เก็บได้นาน 12 สัปดาห์ และสูญเสียแซนโทฟิลล์ไป 52-71% หากใช้ขบวนการแช่แข็งจะสูญเสียเพียง 38% การเติมสารป้องกันการออกซิไดซ์ (antioxidant) คือ ethoxyquin และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสูญญากาศจะทำให้ลดการสูญเสียของคาโรทีนอยด์ได้มากขึ้น แคนตาแซนทินบริสุทธิ์ที่ทำให้แห้งสามารถเก็บรักษาสภาพให้เหมือนเดิมได้ถึง 96% หลังจากเก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่ 45 องศาเซลเซียสและเมื่อนำไปผสมในอาหารเม็ด และเมื่อนำไปผสมในอาหารเม็ด และเก็บไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์จะคงเหลือแคนตาแซนทิน 81-88 %

2. ป้องกันคาโรทีนอยด์จากกรดและด่าง ในสภาพที่เป็นกรดทำให้เกิดการสูญเสียความคงทนของบอนด์ระหว่างคาร์บอนอะตอม เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียคาโรทีนอยด์ทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ เมื่อคาโรทีนอยด์ถูกกับด่างทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพ เช่น หากใส่ด่างลงในคาโรทีนอยด์ที่มีสีแดง มันจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน และให้สารอีกตัวหนึ่งคือ virolerythrin นอกจากนี้ยังพบว่า ฟูโคแซนทินจะไม่เสถียรในสภาพที่เป็นด่าง

3. ป้องกันคาโรทีนอยด์จากเอ็นไซม์ มีรายงานว่า สีแดงในปลาบางชนิดหายไปขณะเก็บไว้ในตู้เย็นและในที่มืด ทั้งนี้เกิดจากการที่เอ็นไซม์บางชนิดในตัวปลาถูกปล่อยออกมาและไปมีผลต่อคาโรทีนอยด์ทำให้ปริมาณแอสตาแซนทิน ทูนาแซนทิน และเบตาคาโรทีนลดลงจนทำให้สีหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1 ปลาทองพันธุ์ออแรนดา น้ำหนักเฉลี่ย 5.94±1.56 กรัม จำนวน 270 ตัว

2 ตู้กระจกขนาด 25x50x30 เซนติเมตร จำนวน 18 ตู้

3 หลอดไฟขนาด 16 watts จำนวน 6 หลอด

4 ผ้าคลุม

5 อาหารชนิดเม็ดจมน้ำ โปรตีน 35% มีปริมาณแอสตาแซนทิน 0, 50 และ 100 mg./kg. อาหาร

6 อุปกรณ์ให้อากาศ

7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

8 เครื่องวัดสี (Colorimeter)

9 เครื่องวัด DO, pH และอุณหภูมิ

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 สภาพการเลี้ยงโดยให้แสงตลอดเวลาแสงและไม่มีแสง

มีปริมาณแสงที่วัดได้ดังนี้

1.1 ทรีตเมนต์ที่ให้แสง

กลางวัน 100 – 400 Lux

กลางคืน 1200 – 1600 Lux

1.2 ทรีตเมนต์ที่ไม่ให้แสง

กลางวันและกลางคืน 0 Lux

ปัจจัยที่ 2 ปริมาณแอสตาแซนทิน 3 ระดับ คือ 0, 50 และ 100mg./kg.อาหาร

วิธีการทดลอง

1 การเตรียมการทดลอง

1.1 ติดตั้งหลอดไฟสำหรับให้แสง

1.2 ติดตั้งผ้าคลุมสำหรับทำที่มืด

2 เตรียมปลาทดลอง นำปลาทองทั้งหมดมาเลี้ยงไว้เป็นเวลา 10 วันเพื่อให้เคยชินกับสภาพการเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ทำการเติมน้ำในแต่ละตู้ให้ได้ระดับ 25 เซนติเมตร ทุกตู้มีที่ให้อากาศ 1 ชุด

3.2 ทำการปล่อยปลาตู้ละ 15 ตัว (120 ตัว/ตารางเมตร)

3.3 ให้อาหาร 3 % ของน้ำหนักตัว โดยแบ่งให้วันละ 2 มื้อ คือ 9.30 น.และ 15.30 น.

3.4 ทำการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 2 วัน

3.5 ชุดการทดลองที่ทำการเลี้ยงโดยให้แสง มีการให้แสงตลอดเวลาโดยทำการเปิดไฟเวลา 16.00 น.ทุกวัน และทำการปิดไฟในเวลา 9.30 น. ทุกวัน

*หมายเหตุ

T1= ปลาที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง

T2= ปลาที่ได้รับแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสง

T3 = ปลาที่ได้รับแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสง

T4 = ปลาที่ให้อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในที่มืด

T5 = ปลาที่ได้รับแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด

T6 = ปลาที่ได้รับแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด

การบันทึกข้อมูล

ทำการวัดสีปลาด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ก่อนการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง รวมทั้งทำการจดบันทึกน้ำหนัก การเจริญเติบโต โดยมีสมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

L*a*b* color System

L* is the lightness variable; a* and b* are the chromaticity coordinates.

$H^{\circ} = \tan^{-1}(b/a)$ เมื่อ $a>0$ และ $b\geq 0$

$H^{\circ} = 180^{\circ}+\tan^{-1}(b/a)$ เมื่อ $a<0$ และ $b\geq 0$

$H^{\circ} = 360^{\circ}+\tan^{-1}(b/a)$ เมื่อ $a>0$ และ $b<0$

$H^{\circ} = 0^{\circ}$ เมื่อ $a=0$ และ $b=0$

$H^{\circ} = 90^{\circ}$ เมื่อ $a=0$ และ $b>0$

$H^{\circ} = 270^{\circ}$ เมื่อ $a=0$ และ $b<0$

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/วัน) = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด / ระยะเวลาการเลี้ยง

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น / ปริมาณอาหารที่ให้

บันทึกคุณภาพค่า DO, pH และอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลสีของปลาทองและน้ำหนักตัวไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีหาความสัมพันธ์ Factorial (Anova: Two-Factor With Replication) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละทรีตเมนต์ด้วย Least Sinificant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานครฯ

ระยะเวลาในการทดลอง

วันที่ 6 มีนาคม 2545 – 20 พฤษภาคม 2545 รวมระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 70 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

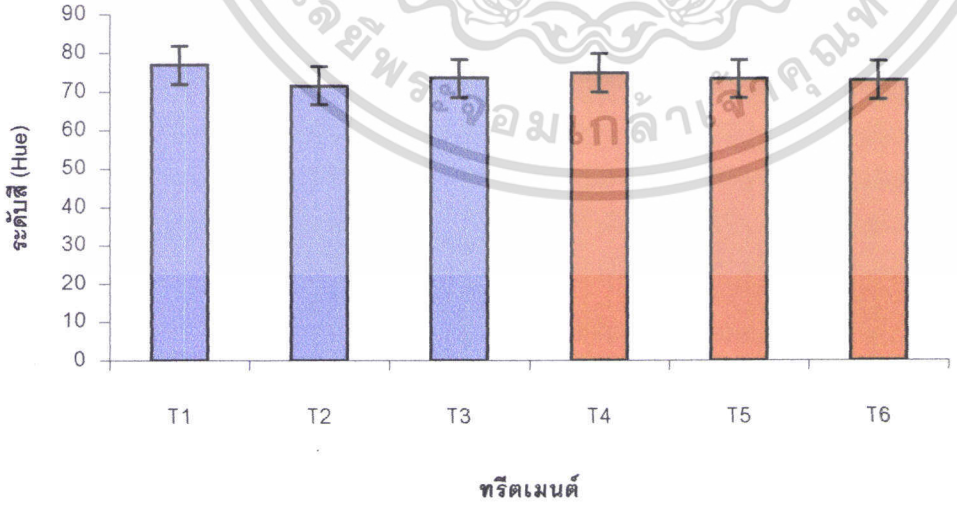
1 ระดับการสร้างสี

1.1 ระดับสีบริเวณหลัง

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่บริเวณหลังอยู่ที่ H°= 70.9±3.5 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ ระดับสีของปลาทองมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 76.9±4.9, 71.6±1.8, 73.5±2, 74.9±3.3, 73.3±1.4, 72.9±3 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าระดับสีของปลาทองทั้ง 6 ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับสี(H°)บริเวณหลังของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ทรีตเมนต์	H° เริ่มต้น	H° สุดท้าย
T1	70.9±3.5	76.9±4.9
T2	70.9±3.5	71.6±1.8
T3	70.9±3.5	73.5±2
T4	70.9±3.5	74.9±3.3
T5	70.9±3.5	73.3±1.4
T6	70.9±3.5	72.9±3



ภาพที่ 1 แสดงระดับสี(H°)ที่บริเวณหลังของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

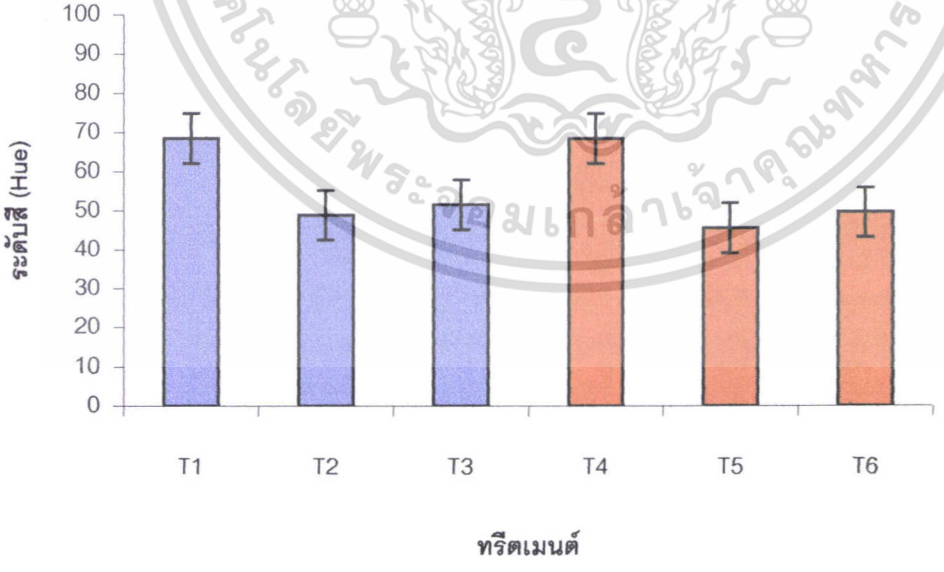
1.2 ระดับสีครีบหาง

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่ครีบหางอยู่ที่ H° = 73.9±6.8 (P> 0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ ระดับสีมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 68.5±6.3, 48.9±1.4, 51.6±1.7, 68.5±6.4, 45.6±1.8 และ 49.6±2.5 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และT6 ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระดับสีของปลาทองมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P< 0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระดับสี(H°)บริเวณหางของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ทรีตเมนต์	H^{O} เริ่มต้น	H^{O} สุดท้าย
T1	73.9±6.8^{a}	68.5±6.3^{a}
T2	73.9±6.8^{a}	48.9±1.4^{b}
T3	73.9±6.8^{a}	51.6±1.7^{b}
T4	73.9±6.8^{a}	68.5±6.4^{a}
T5	73.9±6.8^{a}	45.6±1.8^{b}
T6	73.9±6.8^{a}	49.6±2.5^{b}

*หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 2 แสดงระดับสี(H°)ที่ครีบหางของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

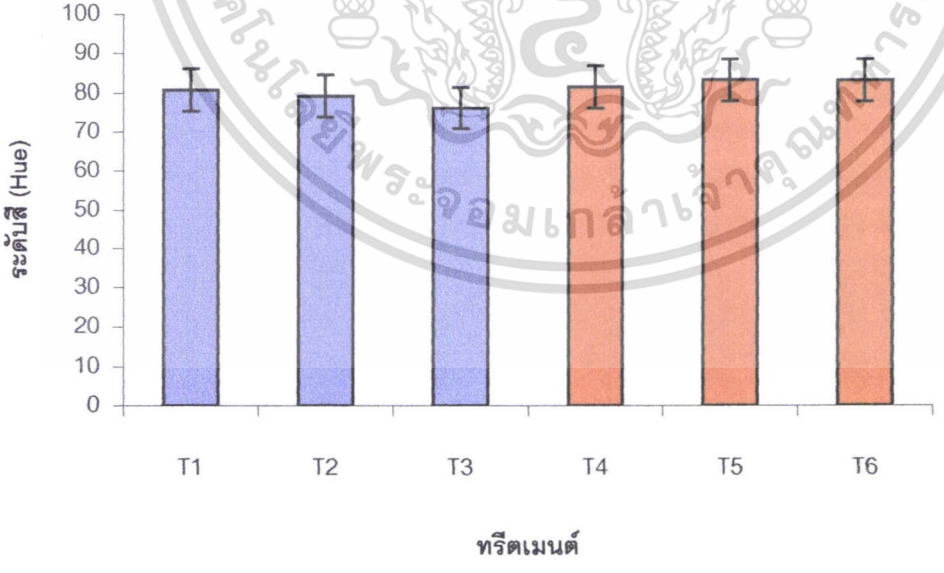
1.3 ระดับสีบริเวณท้อง

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่บริเวณท้องอยู่ที่ H° = 22.4±3.7 (P> 0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ ระดับสีของปลาทองที่บริเวณท้องอยู่ที่ 80.8±3.9, 79.3±2.6, 76.2±2.4, 81.6±3.3, 83.3±1.9 และ 83.2±5.3 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระดับสีของปลาทองที่บริเวณท้องมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงระดับสี(H°)บริเวณท้องของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ทรีตเมนต์	H^{O} เริ่มต้น	H^{O} สุดท้าย
T1	22.4 ± 3.7^{a}	80.8 ± 3.9^{b}
T2	22.4 ± 3.7^{a}	79.3 ± 2.6^{b}
T3	22.4 ± 3.7^{a}	76.2 ± 2.4^{c}
T4	22.4 ± 3.7^{a}	81.6 ± 3.3^{b}
T5	22.4 ± 3.7^{a}	83.3 ± 1.9^{b}
T6	22.4 ± 3.7^{a}	83.2 ± 5.3^{b}

*หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 3 แสดงระดับสี(H°)ที่บริเวณท้องของปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ตารางสรุปรวมระดับสีของปลาทอง

ทรีตเมนต์	ระดับสีบริเวณหลัง		ระดับสีที่ครีบหาง		ระดับสีบริเวณท้อง	
	H° เริ่มต้น	H° สุดท้าย	H° เริ่มต้น	H° สุดท้าย	H° เริ่มต้น	H° สุดท้าย
T1	70.9±3.5	76.9±4.9	73.9±6.8^{a}	68.5±6.3^{a}	22.4±3.7^{a}	80.8±3.9^{b}
T2	70.9±3.5	71.6±1.8	73.9±6.8^{a}	48.9±1.4^{b}	22.4±3.7^{a}	79.3±2.6^{b}
T3	70.9±3.5	73.5±2	73.9±6.8^{a}	51.6±1.7^{b}	22.4±3.7^{a}	76.2±2.4^{c}
T4	70.9±3.5	74.9±3.3	73.9±6.8^{a}	68.5±6.4^{a}	22.4±3.7^{a}	81.6±3.3^{b}
T5	70.9±3.5	73.3±1.4	73.9±6.8^{a}	45.6±1.8^{b}	22.4±3.7^{a}	83.3±1.9^{b}
T6	70.9±3.5	72.9±3	73.9±6.8^{a}	49.6±2.5^{b}	22.4±3.7^{a}	83.2±5.3^{b}

หมายเหตุ* เปรียบเทียบระดับสีแต่ละจุดที่ทำการวัด

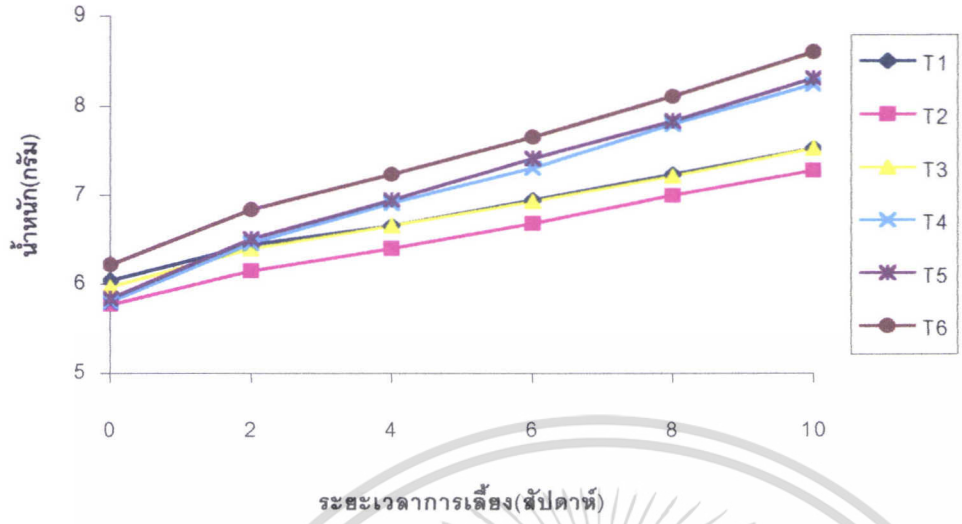
2 การเติบโต

เมื่อเริ่มต้นการทดลองปลาทองทั้ง 6 ทรีตเมนต์มีน้ำหนักเฉลี่ย/ตัว = 6.04±0.15, 5.77±0.14, 5.97±0.26, 5.8±0.13, 5.84±0.09 และ 6.22±0.22 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ ปลาทองมีน้ำหนักเฉลี่ย 7.53±0.11, 7.28±0.18, 7.53±0.30, 8.24±0.18, 8.31±0.05 และ 8.6±0.03 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ โดยพบว่าการเติบโตของปลาทองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีผลการเติบโตดังนี้

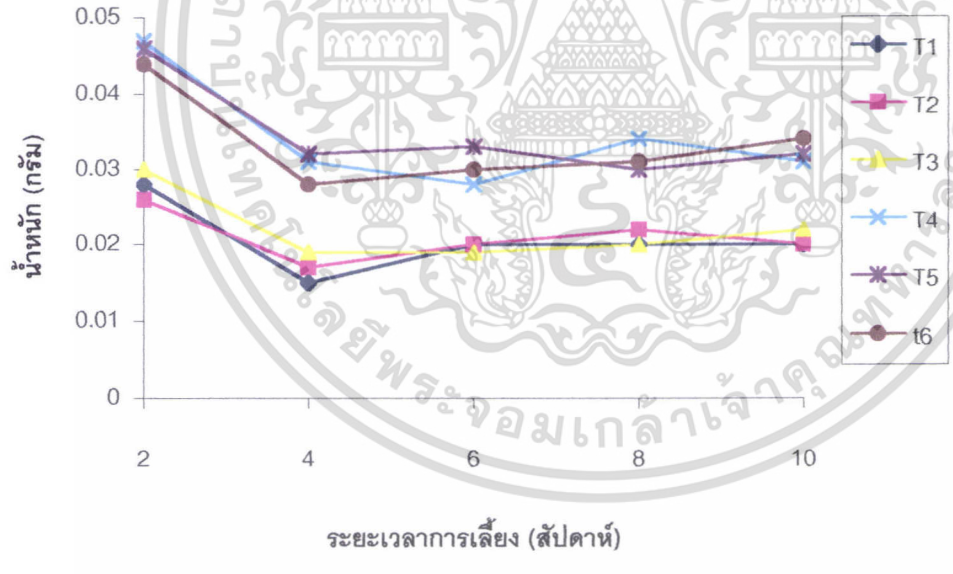
ตารางที่ 5 ตารางสรุปค่าการเติบโตของปลาทอง

Paramiter	ทรีตเมนต์					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
น้ำหนักเฉลี่ย/ตัว	7.53± 0.11	7.28± 0.18	7.53± 0.30	8.24± 0.18	8.31± 0.05	8.6± 0.03
DWG	0.020± 0.044	0.021± 0.003	0.022± 0.004	0.034± 0.007	0.034± 0.006	0.033± 0.006
FCR	6.9±0.6	6.45±0.5	6.53±0.2	4.26±0.4	4.01±0.4	4.62±0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

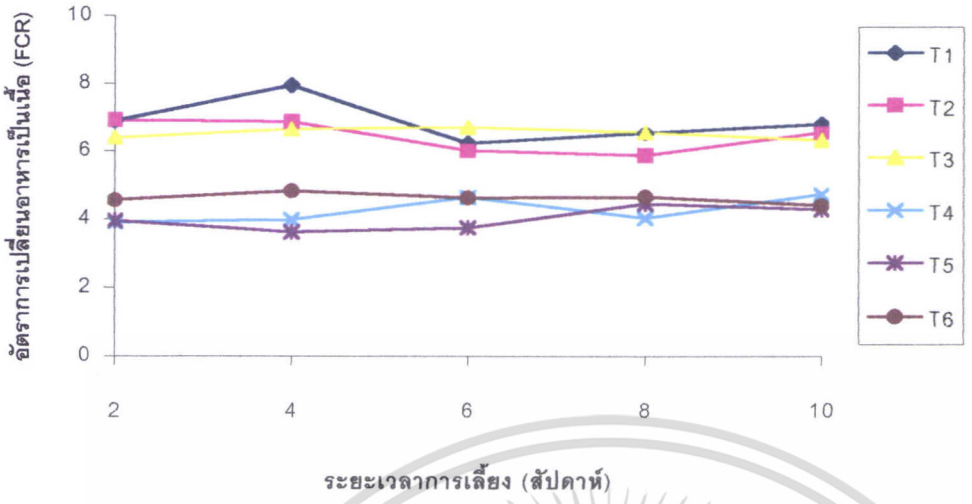


ภาพที่ 4 แสดงน้ำหนักปลาทองเฉลี่ยต่อตัวตลอดการทดลอง



ภาพที่ 5 แสดงน้ำหนักปลาทองที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ(FCR)ของปลาทองตลอดการทดลอง

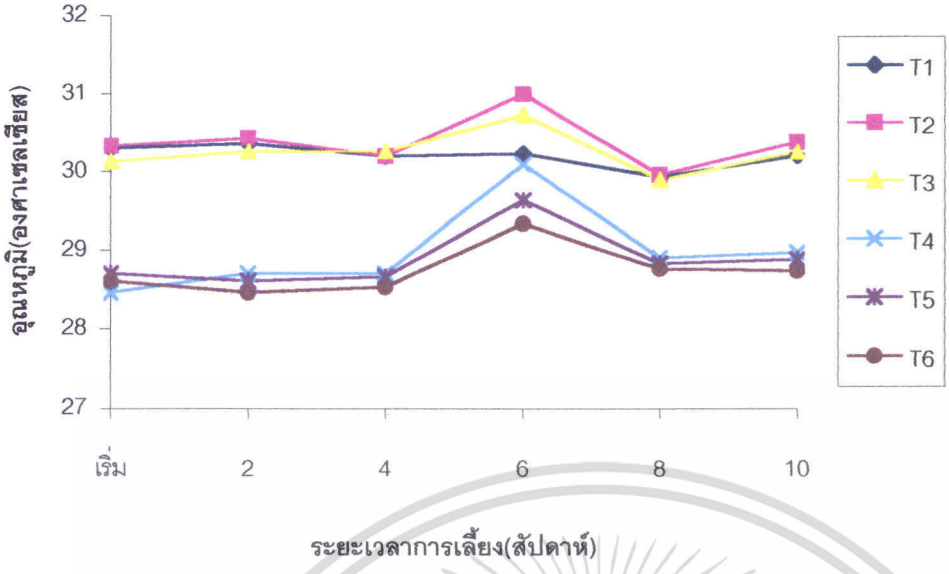
3 คุณภาพน้ำ

ตลอดการเลี้ยง 70 วัน ตรวจวัดคุณภาพน้ำในตู้กระจก 18 ตู้ ทุกๆ 14 วัน ปรากฏว่าคุณสมบัติของน้ำแสดงในตารางที่ 7 ดังนี้

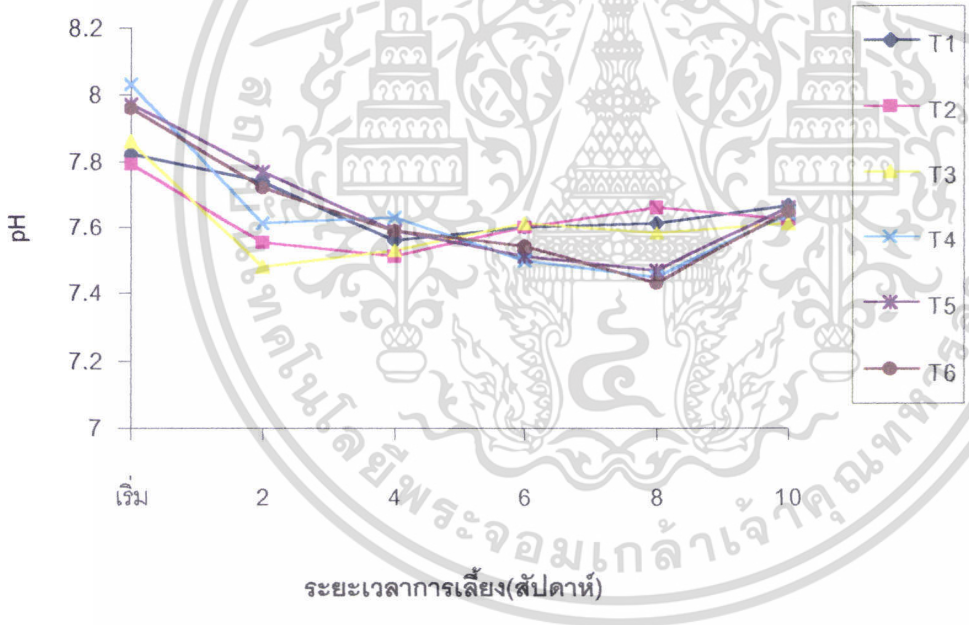
ตารางที่ 6 แสดงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินในสภาวะแสงแตกต่างกัน

Parameter	ทรีตเมนต์					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
อุณหภูมิ	30.2	30.4	30.3	29	28.9	28.7
pH	7.7	7.6	7.6	7.6	7.7	7.6
DO	5.2	4.9	5.2	5.7	5.6	5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

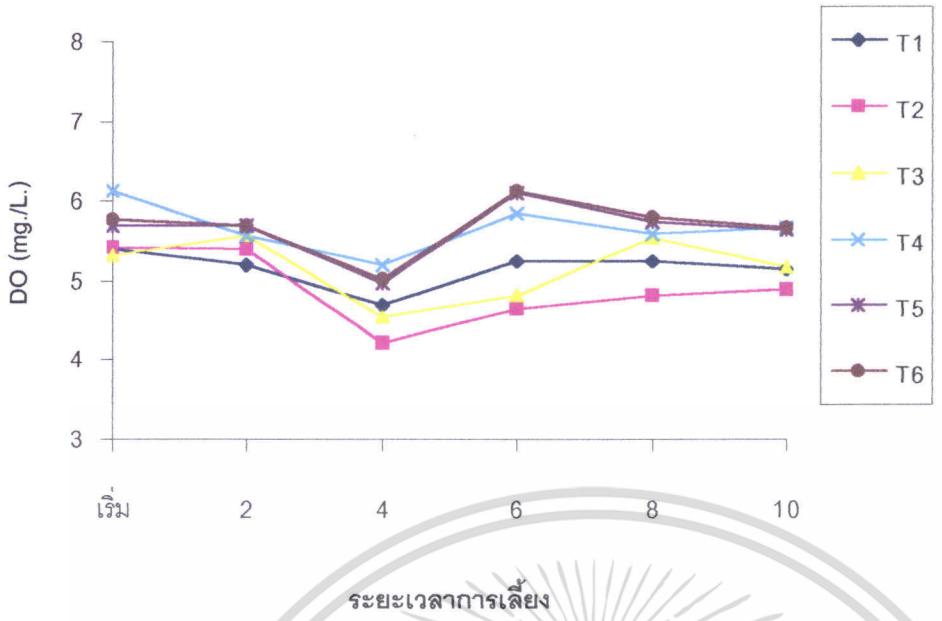


ภาพที่ 7 แสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ตลอดการทดลอง



ภาพที่ 8 แสดงค่า pH ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 แสดงค่า DO ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลและวิจารณ์

การศึกษาผลของแสงต่อการสะสมแอสตาแซนทินในปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 3 ระดับในสภาวะแสงแตกต่างกัน คือ (T1) อาหารที่ไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา, (T2) อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา, (T3) อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลา, (T4) อาหารที่ไม่ผสมแอสตาแซนทินและเลี้ยงในที่มืด, (T5) อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด, (T6) อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 100 mg./kg.อาหารและเลี้ยงในที่มืด ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 70 วัน พบว่า

เมื่อเริ่มทำการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่บริเวณหลังมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 70.9 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ ระดับสีของปลาทองที่บริเวณหลังมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 76.9,71.6, 73.5, 74.9, 73.3 และ 72.9 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระดับสีของปลาทองทั้ง 6 ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ระดับสีของปลาทองที่ครีบหางเมื่อเริ่มการทดลองมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 73.9 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระดับสีของปลาทองที่ครีบหางมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 68.5, 48.9, 51.6, 68.5, 45.6 และ 49.6 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ ระดับสีของปลาทองที่หาง ในทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับแอสตาแซนทินทั้ง T1และ T4 จะมีความเข้มของสีน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับแอสตาแซนทินอย่างชัดเจน โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า กลุ่มทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับแอสตาแซนทินคือ T1 และ T4 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T2, T3 และ T5, T6 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ BoonYaratpalin (1975) ซึ่งได้ทดลองใช้กลีบดอกดาวเรืองแห้งในการเป็นแหล่งของคาโรทีนอยด์ผสมลงในอาหาร พบว่า ทำให้ครีบหลังและหางของปลาเสือสุมาตรามีสีส้มแดงเกิดขึ้นอย่างเด่นชัดและแตกต่างทางสถิติกับกลุ่ม control และการทดลองของ Bellamy (1966) ซึ่งรายงานว่ามีสีเหลืองและส้มเกิดขึ้นบริเวณครีบปลากระบอก (*mugil cephalus*), ปลาซีกเดียว (*solea vulgaris*) และปลากะรัง (*serranus scriba*) เป็นสีที่เกิดจากแซนโทฟิล อย่างไรก็ตาม ในT3, T4, T5 และ T6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tippawan (1999) ซึ่งรายงานว่า แอสตาแซนทิน 37-45 mg./kg.อาหาร เป็นปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมในการเร่งสีปลา

ระดับสีของปลาที่บริเวณท้องเมื่อเริ่มการทดลองมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 22.4 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มของสีปลาที่บริเวณท้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า H° เฉลี่ยอยู่ที่ 80.8, 79.3, 76.2, 81.6, 83.3 และ 83.2 ใน T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 ตามลำดับ ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า การสะสมแอสตาแซนทินของปลาทองที่เลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลาจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงในที่มืด โดยพบว่าแสงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนสีของปลา โดยในทรีตเมนต์ที่เลี้ยงในที่มีแสงตลอดเวลาและได้รับแอสตาแซนทินจะมีการพัฒนาของสีไปในโทนสีส้มแดงมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงสีของปลาทองพันธุ์ออแรนดาซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีสีส้มนี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้แอสตาแซนทินในสภาวะที่มีแสงจะมีประสิทธิภาพในการเร่งสีปลาให้มีความเด่นชัดได้ดีกว่าการใช้ภายใต้สภาวะที่ไม่มีแสง นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณของแอสตาแซนทินไม่มีสหสัมพันธ์กับระดับสีในทุกจุดที่ทำการวัดสี

การเจริญเติบโตและ FCR ของปลาทองในทุกๆทรีตเมนต์ที่ได้รับสภาวะแสงเหมือนๆกันจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์ที่ได้รับแสงต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วุฒิพร (2527) ที่รายงานว่า แอสตาแซนทินไม่มีผลต่อการเติบโตของปลาแต่จะมีผลในการให้สีที่แตกต่างกันจึงสรุปได้ว่า

1 การสะสมแอสตาแซนทินของปลาทองจะเห็นได้ชัดที่ครีบหางและบริเวณท้อง

2 แสงไม่มีผลต่อการเพิ่มระดับสีของปลาที่บริเวณหลังและครีบหางแต่จะมีผลต่อการเพิ่มระดับสีที่บริเวณท้อง โดยมีแนวโน้มว่า การใช้แอสตาแซนทินในสภาวะที่มีแสงจะให้ผลในการเร่งสีที่ดีกว่าการใช้ภายใต้สภาวะที่ไม่มีแสง

3 ปริมาณแอสตาแซนทิน 50 mg./kg.อาหาร เป็นปริมาณที่เพียงพอในการเร่งสีปลาทองให้มีการพัฒนาของสีไปในโทนสีส้มแดงและมีความเด่นชัดขึ้น

4 แอสตาแซนทินไม่มีผลต่อการเติบโตของปลาแต่แสงมีผลต่อการเติบโตของปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18744

เอกสารอ้างอิง

กรมอาชีวศึกษา, 2529. คู่มือการเรียนการสอนการเลี้ยงปลาสวยงาม สภษ 728. กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ. 180 น.

ชมรมการเลี้ยงปลาสวยงาม, 2529. ปลาน้ำจืดสวยงาม(พันธุ์ต่างประเทศ). โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ. 72 น.

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

พรชัย ตั้งวงศ์ธนา, 2539. การเพาะเลี้ยงปลาทองสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่การเกษตรน้อย. รายงานผลการศึกษาของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. กรุงเทพฯ 14 น.

มะลิ บุณยรัตนผลิน และคณะ, 2537. ผลของแคนตาแซนทินและแอสตาแซนทินที่ระดับต่างๆต่อสีของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2537. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา. 10 น.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, 2527. ผลของรงควัตถุคาโรทีนอยด์ที่ได้จากแหล่งต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของปลาแฟนซีคาร์พ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วัญเพ็ญ มีนกาญจน์และนงนุช อ่องสุวรรณ, 2530. การเพาะพันธุ์ปลาทอง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 17 น.

สืบสน สนธิรัตน, 2523. สรีรวิทยาของปลา. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bellamy,D. 1966. On the lipochromes in the skin of marine teleost fish with special reference to the painted comber (Serranus scriba L.). Comp. Biochem. Physiol. 17:1137-1140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

Boonyaratpalin, M. 1975. Development of flaked feeds for aquarium fish. Auburn: M.S. Thesis, Auburn University. Ala.

Boonyaratpalin, M. and Unprasert, N. 1989. Effect of Pigments from Different Sources on Colour Changes and Growth of Red *Oreochromis niloticus* .Aquaculture.79:375-380

Choubert, G. and Heinrich, O. 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.

Paripatananont, T. 1999. Effect of Astaxanthin on the pigmentation of Goldfish (Carrassius auratus).Journal of the World Aquaculture Society. 30(4):454-459.

Hoar, W.S. and D.J. Randall. 1969. Fish Physiology. New York: Academic Press.

Hencken, H. 1974. Seminar for feed industry: The chemistry and distribution of Pigmenting carotenoids in nature and their use for pigmentation of animal products. Animal Nutrition Events. 29-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงน้ำหนักของปลาทองต่อตัว ในแต่ละสัปดาห์

ระยะเวลาการเลี้ยง	ทรีตเมนต์					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
เริ่มต้น	6.04±0.15	5.77±0.14	5.97±0.26	5.8±0.13	5.84±0.09	6.22±0.02
สัปดาห์ที่2	6.44±0.13	6.15±0.16	6.4±0.30	6.46±0.16	6.5±0.05	6.84±0.04
สัปดาห์ที่4	6.66±0.11	6.4±0.16	6.66±0.33	6.91±0.15	6.95±0.04	7.24±0.05
สัปดาห์ที่6	6.95±0.13	6.68±0.18	6.93±0.33	7.31±0.15	7.42±0.02	7.66±0.03
สัปดาห์ที่8	7.24±0.11	7±0.16	7.22±0.31	7.8±0.17	7.86±0.03	8.11±0.02
สัปดาห์ที่10	7.53±0.11	7.28±0.18	7.53±0.30	8.24±0.18	8.31±0.05	8.6±0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาทอง

ระยะเวลาการเลี้ยง	ทรีตเมนต์					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
สัปดาห์ที่2	0.028± 0.004	0.026± 0.002	0.030± 0.002	0.047± 0.004	0.046± 0.004	0.044± 0.007
สัปดาห์ที่4	0.015± 0.002	0.017± 0.002	0.019± 0.004	0.031± 0.005	0.032± 0.003	0.028± 0.005
สัปดาห์ที่6	0.020± 0.002	0.020± 0.002	0.019± 0	0.028± 0	0.033± 0.004	0.030± 0.002
สัปดาห์ที่8	0.020± 0.002	0.022± 0.002	0.020± 0.002	0.034± 0.002	0.030± 0.004	0.031± 0.002
สัปดาห์ที่10	0.020± 0.002	0.020± 0.002	0.022± 0.002	0.031± 0.002	0.032± 0.005	0.034± 0.002
เฉลี่ย±SD	0.021± 0.004	0.021± 0.003	0.022± 0.004	0.034± 0.007	0.035± 0.006	0.033± 0.006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาทอง

ระยะเวลาการเลี้ยง	ทรีตเมนต์					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
สัปดาห์ที่2	6.92±1.4	6.93±1.1	6.41±1.1	3.91±0.3	3.96±0.5	4.56±0.7
สัปดาห์ที่4	7.96±1.5	6.88±1.1	6.66±1.2	3.99±0.7	3.63±0.8	4.83±1.2
สัปดาห์ที่6	6.25±0.6	6.01±0.5	6.72±0.6	4.65±0.2	3.75±0.2	4.64±0.4
สัปดาห์ที่8	6.55±0.9	5.87±1.1	6.56±1.3	4.03±0.2	4.46±0.9	4.66±0.5
สัปดาห์ที่10	6.82±0.9	6.56±0.5	6.33±1.2	4.74±0.4	4.29±0.8	4.41±0.3
เฉลี่ย±SD	6.9±0.6	6.45±0.5	6.53±0.2	4.26±0.4	4.01±0.4	4.62±0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์สีของปลาทองที่บริเวณหลังเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	T1	T2	T3	Total
แดง				
Count	3	3	3	9
Sum	230.78	214.88	220.47	666.13
Average	76.92667	71.62667	73.49	74.01444
Variance	24.16013	3.236033	4.1044	13.29673
มืด				
Count	3	3	3	9
Sum	223.14	219.96	218.88	661.98
Average	74.38	73.32	72.96	73.55333
Variance	10.9588	1.8829	8.8267	5.8258
Total				
Count	6	6	6	
Sum	453.92	434.84	439.35	
Average	75.65333	72.47333	73.225	
Variance	15.99323	2.907787	5.25671	

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	0.956806	1	0.956806	0.107973	0.748127	4.747221
Columns	33.14841	2	16.57421	1.870362	0.196309	3.88529
Interaction	13.49388	2	6.746939	0.761377	0.488311	3.88529
Within	106.3379	12	8.861494			
Total	153.937	17				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์สีของปลาทองที่ครีบหางเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	T1	T2	T3	Total
แดง				
Count	3	3	3	9
Sum	205.54	146.65	154.74	506.93
Average	68.51333	48.88333	51.58	56.32556
Variance	39.86503	2.061433	2.9575	96.13933
มืด				
Count	3	3	3	9
Sum	205.41	136.73	148.79	490.93
Average	68.47	45.57667	49.59667	54.54778
Variance	41.4133	3.243633	6.091633	124.7456
Total				
Count	6	6	6	
Sum	410.95	283.38	303.53	
Average	68.49167	47.23	50.58833	
Variance	32.5119	5.40224	4.799737	

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	14.22222	1	14.22222	0.892304	0.363485	4.747221
Columns	1567.732	2	783.8662	49.17989	1.65E-06	3.88529
Interaction	8.082078	2	4.041039	0.253535	0.780106	3.88529
Within	191.2651	12	15.93876			
Total	1781.302	17				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์สีของปลาทองที่บริเวณท้องเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Anova: Two-Factor With

Replication

SUMMARY	T1	T2	T3	Total
แดง				
Count	3	3	3	9
Sum	242.32	237.91	228.48	708.71
Average	80.77333	79.30333	76.16	78.74556
Variance	15.74763	6.828433	5.9563	11.29863
มืด				
Count	3	3	3	9
Sum	244.94	249.94	249.67	744.55
Average	81.64667	83.31333	83.22333	82.72778
Variance	10.79263	3.642033	28.24703	11.32939
Total				
Count	6	6	6	
Sum	487.26	487.85	478.15	
Average	81.21	81.30833	79.69167	
Variance	10.84492	9.012217	28.64854	

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	71.36142	1	71.36142	6.012415	0.03048	4.747221
Columns	9.857233	2	4.928617	0.415251	0.669307	3.88529
Interaction	28.73881	2	14.36941	1.210666	0.331937	3.88529
Within	142.4281	12	11.86901			
Total	252.3856	17				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาทอง

Anova: Two-Factor With

Replication

SUMMARY	t1	t2	t3	Total
แสง				
Count	5	5	5	15
Sum	0.103	0.105	0.11	0.318
Average	0.0206	0.021	0.022	0.0212
Variance	2.18E-05	1.1E-05	2.15E-05	1.59E-05
มืด				
Count	5	5	5	15
Sum	0.171	0.173	0.167	0.511
Average	0.0342	0.0346	0.0334	0.034067
Variance	5.57E-05	4.18E-05	3.98E-05	3.95E-05
Total				
Count	10	10	10	
Sum	0.274	0.278	0.277	
Average	0.0274	0.0278	0.0277	
Variance	8.58E-05	7.48E-05	6.33E-05	

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	0.001242	1	0.001242	38.88205	1.91E-06	4.259675
Columns	8.67E-07	2	4.33E-07	0.01357	0.986529	3.402832
Interaction	8.07E-06	2	4.03E-06	0.126305	0.881928	3.402832
Within	0.000766	24	3.19E-05			
Total	0.002017	29				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาทอง

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	t1	t2	t3	Total
แสง				
Count	5	5	5	15
Sum	34.5	32.25	32.68	99.43
Average	6.9	6.45	6.536	6.628667
Variance	0.41885	0.23935	0.02703	0.236541
มืด				
Count	5	5	5	15
Sum	21.32	20.09	23.1	64.51
Average	4.264	4.018	4.62	4.300667
Variance	0.15768	0.12377	0.02345	0.15255
Total				
Count	10	10	10	
Sum	55.82	52.34	55.78	
Average	5.582	5.234	5.578	
Variance	2.186373	1.804338	1.042173	

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	40.64688	1	40.64688	246.3124	4.04E-14	4.259675
Columns	0.798187	2	0.399093	2.41843	0.110448	3.402832
Interaction	0.68856	2	0.34428	2.086271	0.146091	3.402832
Within	3.96052	24	0.165022			
Total	46.09415	29				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้