



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษามลของการเสริมสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันในอาหาร
ต่อการเติบโตและสีของปลาทอง

THE EFFECT OF DIETARY PIGMENTS ON THE COLORATION
AND GROWTH OF GOLD FISH, *Carassius auratus*

โดย

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ อานุกาพ วรณคนาพล



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การศึกษาผลของการเสริมสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันในอาหารต่อการเติบโต
และสีของปลาทอง

THE EFFECT OF DIETARY PIGMENTS ON THE COLORATION
AND GROWTH OF GOLD FISH, *Carassius auratus*

ได้รับจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2551

จำนวน 248,000 บาท

หัวหน้าโครงการ

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐ์พันธุ์

ผู้ร่วมโครงการ

อานุกาพ วรรณคนาพล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2552

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ สภาวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2551 จำนวนเงิน 248,000 บาท สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์



สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
วัน เวลาและสถานที่ทำการวิจัย	4
อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย	5
ผลของการวิจัย	9
วิจารณ์ผลการวิจัย	13
สรุปผลการวิจัย	17
เอกสารอ้างอิง	18



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาทองที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	5
ตารางที่ 2 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาทองที่มีระดับสไปรูลินาต่างกัน 4 ระดับ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	6
ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน	9
ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน	10
ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับสไปรูลินาต่างกัน 4 ระดับ	11
ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับสไปรูลินาต่างกัน 4 ระดับ	12

การศึกษาผลของการเสริมสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันในอาหาร
ต่อการเติบโตและสีของปลาทอง

THE EFFECT OF DIETARY PIGMENTS ON THE COLORATION
AND GROWTH OF GOLD FISH, *Carassius auratus*

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ อานูภาพ วรณคนาพล
THEPPARATH UNGSETHAPHAND ARNUPARP WANKANAPOL

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันในอาหารต่อการเติบโตและสีของปลาทอง ในการทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันที่เหมาะสมต่อการเติบโตและสีของปลาทอง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตร ได้แก่ ปลาป่น (Control) ปลาป่นผสมเปลือกกุ้งป่น ปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาแห้ง และปลาป่นผสมข้าวแดงหมักจากยีสต์ (โดยใช้อัตราส่วนผสม 1:1 ทุกสูตรอาหาร) ทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน การทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดความเข้มข้นที่เหมาะสมในการให้สารเร่งสี วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลองสูตรที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 1 คือ สาหร่ายสไปรูลินา โดยนำมาผสมกับปลาป่น ในอัตรา 20%, 40%, 50% และ 60% ทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 พบว่า ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมข้าวแดงมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินามีความเข้มของสีสูงกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การทดลองที่ 2 พบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 60% มีการเจริญเติบโตต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 20% และ 40% แต่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 50% อย่างไรก็ตาม ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 50% มีความเข้มของสีสูงกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลิ

นา 20% และ 40% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 60% จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาทองเพื่อเร่งสีคือ ปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาในระดับความเข้มข้น 50 % เพราะให้ผลดีทั้งความเข้มของสีปลาและการเจริญเติบโตของปลา

ABSTRACT

Two experiments were conducted to study the effect of dietary pigments on skin coloration and growth of goldfish. Experiment 1, groups of these fish were fed either a control diet (100% fishmeal, FM) or one of three different diets, FM and shrimp shell (1:1, FSS), FM and Spirulina powder (1:1, FSP) or FM and *Monascus* red rice (1:1, FRR), twice daily for 90 days. In experiment 2, four practical diets were formulated to substitution of fishmeal by 20%, 40% 50% and 60% Spirulina powder (SP). At the end of experiment, fish fed the FSP diet showed the significantly ($P < 0.05$) highest intensity of coloration. Significantly ($P < 0.05$) lower weight gain was observed in fish fed FRR diet. Fish fed with 50% SP diet showed the intensity of coloration significantly ($P < 0.05$) higher than those fish fed 20% SP and 40% SP diets. However, there were no significant differences ($P > 0.05$) in growth among treatments. The results suggest that an appropriate pigment feed for enhance skin coloration and growth of goldfish is 50% SP diet.

คำนำ

ปัจจุบันประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่และใกล้เคียงนิยมเลี้ยงปลาสวยงามเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การประกอบธุรกิจการผลิตและจำหน่ายปลาสวยงามมีความเป็นไปได้สูงในการลงทุนของนักลงทุนในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ตามนโยบายส่งเสริมของรัฐบาล (สุกิจ, 2545)

ปลาทองเป็นปลาสวยงามชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความทนทาน เลี้ยงง่าย ใช้พื้นที่น้อย มีสีสันสวยงาม ดังนั้นการพัฒนาปรับปรุงการผลิตปลาทองที่มีคุณภาพและมีสีสันสวยงาม จึงมีความสำคัญในการประกอบธุรกิจการผลิตและจำหน่ายปลาสวยงาม

การที่ปลามีสีสันสวยงามนั้น เกิดจากแคโรทีนอยด์ที่สะสมในเนื้อเยื่อ แต่ปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ขึ้นได้เอง จำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่กิน เช่น ปลา Red porgy สามารถเปลี่ยนจากสีเทาเข้มเป็นสีชมพูอมแดงได้ โดยการให้อาหารที่มีส่วนผสมของแอสตาแซนทินที่สกัดจากเปลือกกุ้ง ในระดับ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Kalinowski et al., 2005) ในอุตสาหกรรมเลี้ยงปลา salmon จะใช้แอสตาแซนทินผสมอาหารเลี้ยงปลาประมาณ 50-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Torrissen et al., 1990) แคโรทีนอยด์ที่ใช้ผสมในอาหารเลี้ยงปลาส่วนใหญ่ผลิตจากแบคทีเรีย รา ยีสต์ และสาหร่ายเซลล์เดียว นอกจากนี้ระยะเวลาในการให้อาหารที่ผสมแคโรทีนอยด์เพื่อให้เกิดสีคงตัวในปลาแต่ละชนิดก็แตกต่างกัน เช่น ปลา Red porgy ควรให้เป็นระยะเวลาประมาณ 120 วัน ปลา Atlantic salmon ต้องให้นาน 6-18 เดือน เป็นต้น (Izaquierdo et al., 2005) Davies (2005) รายงานว่า การเสริมวิตามินซีและวิตามินอีในอาหารเลี้ยงปลาจะสามารถช่วยเพิ่มการสะสมและการกระจายตัวของแคโรทีนอยด์ในเนื้อเยื่อปลาตระกูล Salmon และ Trout ได้ดีขึ้น

แอสตาแซนทินเป็นสารสีจำพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่สกัดมาจากแหล่งธรรมชาติ ใช้กันแพร่หลายในการผลิตปลาแซลมอน เพื่อกระตุ้นให้เนื้อปลาที่เลี้ยงมีสีชมพูเหมือนปลาแซลมอนที่พบในธรรมชาติ และยังมีการใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น เพื่อกระตุ้นการผสมพันธุ์ การวางไข่ เพิ่มคุณภาพของไข่ ตลอดจนเพิ่มอัตราการรอดในสัตว์น้ำ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Matthews-Roth, 1991; Krinski, 1991)

ทิพย์วรรณและคณะ (2541) ทำการทดลองเพื่อหาอัตราที่เหมาะสมของแอสตาแซนทินในการเร่งสีในปลาทอง อัตราที่ใช้คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นอกจากนี้จะพบว่าแอสตาแซนทินในปริมาณ 37-40 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะสามารถกระตุ้นการ

เกิดสีได้ดีที่สุดแล้ว ยังพบว่าอัตราการตายของปลาตลอดการทดลอง ยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อในอาหารมีแอสตาแซนทินตั้งแต่ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

Nakazoe et al. (1984) และ Choubert and Storebakken (1989) สรุปว่า เนื่องจากสารที่ทำให้เกิดสีในผิวหนังของปลาเป็นสารจำพวกแอสตาแซนทิน การใส่สารชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่แอสตาแซนทินนั้น ต้องผ่านกระบวนการแปรสภาพในร่างกายสัตว์ให้เป็นแอสตาแซนทินก่อน ในปลา Rainbow trout นั้น Foss et al. (1984) และ Torrisen (1986) รายงานว่า สามารถใช้แอสตาแซนทินได้ดีกว่าแคนตาแซนทิน อีกทั้งการดูดซึมในเนื้อปลาก็มากกว่าแคนตาแซนทิน 1.3 เท่า ดังนั้น การกระตุ้นการเกิดสีของผิวหนังปลาและการดูดซึมสีในเนื้อปลาคควรใช้แคโรทีนอยด์จำพวกแอสตาแซนทิน

ความสามารถในการย่อยได้ของแคโรทีนอยด์ขึ้นกับอัตราการละลายและความสามารถในการละลาย ประสิทธิภาพในการให้สีของแคโรทีนอยด์ดูได้จากอัตราการย่อยได้ ความสามารถในการสะสมในเนื้อเยื่อเฉพาะอย่าง และคุณสมบัติเฉพาะของเม็ดสี ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ โครงสร้างทางเคมี และการสะสมของสารสีนั้น (Braulich, 1974)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดของสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันที่เหมาะสมต่อการเติบโตและสีของปลาทอง
2. ศึกษาขนาดความเข้มข้นที่เหมาะสมในการให้สารเร่งสี
3. ศึกษาผลของการเสริมวิตามินซีและอีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งสี

วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึง เดือนกันยายน 2552

สถานที่ทำการทดลอง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้บ่อซีเมนต์กลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร บรรจุน้ำให้ได้ความลึก 70 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลาด้วยปั๊มลมผ่านหัวทรายตลอดการทดลอง

สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาทองเริ่มต้นเฉลี่ย 5.62 เซนติเมตร ชี้อจากโรงเพาะฟักเอกชน แช่น้ำเกลือ 3% เป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดความยาว น้ำหนักและชั่งน้ำหนักปลาเริ่มต้นก่อนปล่อยลงเลี้ยงในบ่อทดลอง บ่อละ 20 ตัว ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลาสวยงามเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลองของการทดลอง คือ 3% ของ น้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 14 วัน

อาหารทดลองและการวางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันที่เหมาะสมต่อการเติบโตและสีของปลาทอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตร ได้แก่ ปลาปน (Control) ปลาปนผสมเปลือกกุ้งปน ปลาปนผสมสาหร่ายสไปรูลินาแห้ง และปลาปนผสมข้าวแดงหมักจากยีสต์ ในอัตราส่วนปลาปนต่อสารเร่งสี 1 ต่อ 1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -18°C ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 90 วัน

ตารางที่ 1 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาทองที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

อาหารทดลอง	%ความชื้น	% as dry weight				
		ถั่ว	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
Control	7.57 $\pm$ 0.04	19.13 $\pm$ 0.04	57.20 $\pm$ 0.87	11.62 $\pm$ 0.39	1.52 $\pm$ 0.06	10.54 $\pm$ 0.81
เปลือกกุ้ง	5.69 $\pm$ 0.04	20.93 $\pm$ 0.04	50.59 $\pm$ 0.83	12.31 $\pm$ 0.08	9.93 $\pm$ 0.56	6.24 $\pm$ 1.44
สไปรูลินา	8.89 $\pm$ 0.01	14.09 $\pm$ 0.04	54.54 $\pm$ 0.32	5.20 $\pm$ 0.46	1.10 $\pm$ 0.09	25.08 $\pm$ 0.54
ข้าวแดง	8.14 $\pm$ 0.02	9.74 $\pm$ 0.07	31.97 $\pm$ 0.21	7.29 $\pm$ 0.10	2.04 $\pm$ 0.56	48.96 $\pm$ 0.89

การทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดความเข้มข้นที่เหมาะสมในการให้สารเร่งสี

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลองสูตรที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 1 คือ สหรัยสไปรูลินา โดยนำมาผสมกับปลาป่น ในอัตรา 20, 40, 50 และ 60% คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -18°C ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 90 วัน

ตารางที่ 2 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาของที่มีระดับสไปรูลินาต่างกัน 4 ระดับ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

อาหารทดลอง	%ความชื้น	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
สไปรูลินา 20%	8.30 $\pm$ 0.04	18.35 $\pm$ 0.37	56.61 $\pm$ 0.79	9.32 $\pm$ 0.01	2.09 $\pm$ 0.45	13.62 $\pm$ 0.80
สไปรูลินา 40%	8.66 $\pm$ 0.23	15.00 $\pm$ 0.03	54.32 $\pm$ 1.36	5.67 $\pm$ 0.78	2.57 $\pm$ 0.15	22.44 $\pm$ 2.18
สไปรูลินา 50%	8.89 $\pm$ 0.01	14.09 $\pm$ 0.04	54.54 $\pm$ 0.32	5.20 $\pm$ 0.46	1.10 $\pm$ 0.09	25.08 $\pm$ 0.54
สไปรูลินา 60%	9.08 $\pm$ 0.40	12.70 $\pm$ 0.05	53.47 $\pm$ 0.22	5.48 $\pm$ 0.04	0.86 $\pm$ 0.01	27.49 $\pm$ 0.27

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งสี

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลองสูตรที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 2 เป็นอาหารควบคุม แล้วเสริมด้วยวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน คือ 300, 600 และ 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการเสริมวิตามินอีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งสี

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารทดลองสูตรที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 3 เป็นอาหารควบคุม แล้วเสริมด้วยวิตามินอีในระดับที่ต่างกัน คือ 100 IU, 200 IU และ 300 IU ต่อกิโลกรัมอาหาร

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl ไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction method เยื่อใย โดยวิธี Fritted Glass Crucible Method เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550°C 2 ชั่วโมง และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105°C 2 ชั่วโมง ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิและ Dissolved oxygen (DO) ด้วยเครื่อง Oxygen meter (YSI Model 59), Total ammonia และ Nitrite วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ Spectrophotometer (Hach DR/2000) ส่วนค่า pH ใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความเข้มของสีปลาทอง

1. วัดความยาว น้ำหนักและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละบ่อ ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= \frac{100 \times (\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. อัตราการรอดตาย (Survival) (%)

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}) \times 100$$

ค. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) (กรัม)

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

ง. ความยาวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม.)

$$= \text{ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความยาวปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

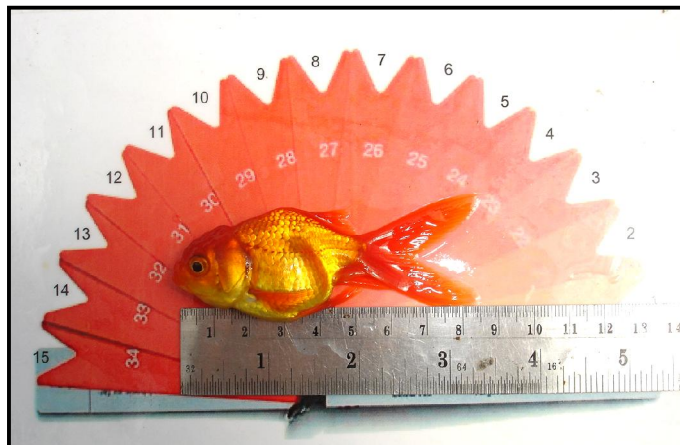
2. เปรียบเทียบความเข้มของสีปลาทองบริเวณหัว โดยนำตัวอย่างปลาจากแต่ละหน่วยทดลองที่ผ่านการวางยาสลบมาเปรียบเทียบกันโดยใช้แผ่นเทียบความเข้มของสีที่มีระดับคะแนนความเข้มของสีตั้งแต่ 0-15 ดังภาพ และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความเข้มของสีปลาที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

$$= \text{ความเข้มของสีปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความเข้มของสีปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

ข. % ความเข้มของสีปลาที่เพิ่มขึ้น (%)

$$= \frac{(\text{ความเข้มของสีปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{ความเข้มของสีปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}) \times 100}{\text{ความเข้มของสีปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}$$



ภาพแสดงแผ่นเทียบความเข้มของสีปลาที่มีระดับคะแนนความเข้มของสีตั้งแต่ 0-15

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันที่เหมาะสมต่อการเติบโตและสีปลาทอง

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากผลการทดลอง พบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่น (Control) ปลาป่นผสมเปลือกกุ้ง และปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินามีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวสุดท้ายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมข้าวแดงมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวสุดท้ายน้อยกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร มีความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน

พารามิเตอร์	Control	เปลือกกุ้ง	สไปรูลินา	ข้าวแดง	P value
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	4.27±0.15	4.17±0.17	4.17±0.17	4.10±0.10	0.881
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	11.50±0.29 ^a	11.33±0.17 ^a	11.50±0.29 ^a	9.83±0.17 ^b	0.003
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	7.27±0.27 ^a	7.17±0.17 ^a	7.33±0.44 ^a	5.77±0.15 ^b	0.012
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	5.33±0.03	5.27±0.09	5.27±0.09	5.30±0.06	0.891
ความยาวสุดท้าย (ซม.)	8.03±0.12 ^a	7.90±0.10 ^a	7.93±0.15 ^a	7.33±0.09 ^b	0.010
ความยาวที่เพิ่ม (ซม.)	2.70±0.15	2.70±0.11	2.70±0.21	2.07±0.07	0.035
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)	1.10±0.03	1.11±0.04	1.13±0.07	0.98±0.02	0.141
อัตราการรอดตาย (%)	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	-
ความเข้มของสีเริ่มต้น	6.67±0.09	6.70±0.12	6.77±0.09	6.70±0.06	0.881
ความเข้มของสีสุดท้าย	6.87±0.09 ^a	6.93±0.09 ^a	8.57±0.09 ^b	6.83±0.03 ^a	0.000
ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น	0.17±0.03 ^a	0.27±0.07 ^a	1.83±0.07 ^b	0.13±0.03 ^a	0.000
%ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น (%)	2.47±0.22 ^a	3.77±0.82 ^a	26.67±1.07 ^b	2.27±0.43 ^a	0.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความเข้มของสีปลาทอง

ความเข้มของสีปลาทอง พบว่าความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีความเข้มของสีสุดท้าย ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น และ เปอเซ็นต์ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น สูงกว่าความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 3

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน พบว่า pH อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย และไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน

พารามิเตอร์	Control	เปลือกกุ้ง	สไปรูลินา	ข้าวแดง	P value
pH	7.58±0.06	7.70±0.07	7.32±0.18	7.44±0.03	0.124
อุณหภูมิ (°C)	26.37±0.18	26.43±0.23	26.73±0.30	26.80±0.31	0.581
DO (มก./ล.)	6.50±0.18	6.35±0.57	6.34±0.09	6.42±0.04	0.978
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.285±0.019	0.270±0.019	0.333±0.042	0.280±0.016	0.381
ไนไตรท์ (มก./ล.)	1.066±0.058	1.137±0.011	1.032±0.060	1.049±0.028	0.411

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดความเข้มข้นที่เหมาะสมในการให้สารเร่งสี

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากผลการทดลอง พบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 20 % มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวสุดท้ายสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 60 % แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินา 40 % และ 50 % และปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาทั้ง 4 ระดับ พบว่าความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 5

ความเข้มของสีปลาทอง

ความเข้มของสีปลาทอง พบว่าความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูไลนา 60% มีความเข้มของสีสุดท้าย ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูไลนา 20% และ 40% แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูไลนา 50 % ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับสไปรูไลนาต่างกัน 4 ระดับ

พารามิเตอร์	ระดับสไปรูไลนาในอาหาร				P value
	20%	40%	50%	60%	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	4.83±0.17	4.83±0.17	4.83±0.17	4.83±0.17	1.000
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	15.00±0.87 ^a	14.83±0.44 ^a	13.50±0.58 ^{ab}	11.17±0.17 ^b	0.005
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	10.17±1.01 ^a	10.00±0.58 ^a	8.67±0.73 ^{ab}	6.33±0.33 ^b	0.017
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	6.00±0.00	5.90±0.00	5.97±0.03	5.90±0.06	0.160
ความยาวสุดท้าย (ซม.)	8.57±0.20 ^a	8.40±0.10 ^{ab}	8.10±0.25 ^{ab}	7.77±0.09 ^b	0.050
ความยาวที่เพิ่ม (ซม.)	2.57±0.20	2.43±0.12	2.13±0.23	1.87±0.09	0.077
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/สัปดาห์)	1.25±0.10	1.24±0.07	1.14±0.08	0.93±0.05	0.064
อัตราการรอดตาย (%)	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	-
ความเข้มของสีเริ่มต้น	7.10±0.06	7.13±0.03	7.13±0.03	7.17±0.03	0.728
ความเข้มของสีสุดท้าย	7.63±0.03 ^a	8.17±0.03 ^b	8.93±0.07 ^c	9.10±0.06 ^c	0.000
ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น	0.60±0.00 ^a	1.10±0.06 ^b	1.87±0.07 ^c	1.93±0.03 ^c	0.000
%ความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น (%)	8.13±0.24 ^a	14.80±0.84 ^b	25.90±0.91 ^c	27.17±0.44 ^c	0.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับสไปรูไลนาต่างกัน 4 ระดับ พบว่า pH อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย และไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในบ่อปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน 4 ระดับ

พารามิเตอร์	ระดับโปรตีนในอาหาร				P value
	20%	40%	50%	60%	
pH	7.7±0.1	7.7±0.1	7.5±0.0	7.4±0.1	0.078
อุณหภูมิ (°C)	26.74±0.17	26.90±0.09	26.78±0.01	26.77±0.07	0.735
DO (มก./ล.)	7.45±0.60	8.18±0.22	6.30±0.29	6.89±0.55	0.082
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.195±0.005	0.204±0.035	0.259±0.025	0.268±0.061	0.448
ไนไตรท์ (มก./ล.)	1.225±0.014	1.209±0.013	1.196±0.038	1.127±0.105	0.642

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดสารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันที่เหมาะสมต่อการเติบโตและสีปลาทอง

จากผลการทดลองพบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่น (Control) ปลาป่นผสมเปลือกกุ้ง และปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินามีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวสุดท้ายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 สูตรนี้ในอาหารมีปริมาณโปรตีนสูง (57.20, 50.59 และ 54.54% ตามลำดับ) แต่ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมข้าวแดงมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวสุดท้ายน้อยกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เพราะในอาหารมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าสูตรอื่น ซึ่งมีโปรตีนเท่ากับ 31.97% McGoogan and Gatlin III (2000) กล่าวว่าอาหารโปรตีนสูงทำให้สัตว์น้ำหลายชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตดี และยังอธิบายว่าสัตว์น้ำหลายชนิดที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ เมื่อพลังงานในอาหารสูงขึ้นจะกินอาหารลดลง เพราะได้รับพลังงานในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ซึ่งอาจทำให้สัตว์น้ำได้รับโปรตีนไม่เพียงพอกับความต้องการ หรือไม่สามารกกินอาหารได้มากเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เพราะขีดจำกัดด้านกายภาพ เช่น ความจุของกระเพาะอาหาร

ปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งของสารเร่งสีต่างกัน (เปลือกกุ้ง สไปรูลินา และข้าวแดง) พบว่าอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องการทดลองของฐฎาธารและคณะ (2550) ที่ได้ทำการศึกษาผลของใบยอ ฟ้าทะลายโจร และแอสตาแซนทินสังเคราะห์ในปลาทอง พบว่าแหล่งของสารเร่งสีที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทอง ($P>0.05$)

ปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินามีความเข้มของสีมากกว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยปลาป่น (Control) ปลาป่นผสมเปลือกกุ้ง และปลาป่นผสมข้าวแดง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Chien and Shiau (2005) พบว่า *Haematococcus pluvialis*, *Spirulina pacifica* และแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่เสริมในอาหารของ Kuruma prawn (*Marsupenaeus japonicus*) ในอัตรา 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 9 สัปดาห์ มีผลทำให้ปริมาณแอสตาแซนทินในเนื้อและเปลือกสูงกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($P<0.05$) Ohkubo et al. (1999) รายงานว่า ปลาทองจะเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์จากอาหารและสะสมในรูปแอสตาแซนทินและบีต้า-แคโรทีนเป็นหลัก จึงทำให้เกิดสีส้มเหลืองในตัวปลาทอง สไปรูลินาซึ่งมีบีต้า-แคโร

พืชน้ำเป็นแคโรทีนอยด์หลักจึงสามารถเร่งสีเหลืองในตัวปลาทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Gouveia *et al.* (2003) ทดลองเลี้ยงปลาคาร์พด้วยอาหารที่มีการใช้ *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis* และ *Spilulina* sp.เปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้แอสตาแซนทินสังเคราะห์ โดยอาหารทั้ง 4 สูตร มีค่าโรทีนอยด์รวม 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าปลาคาร์พที่ได้รับอาหารที่ใช้ *Chlorella vulgaris* จะมีการสะสมแคโรทีนอยด์ที่ผิวหนังและมีสีแดงสูงสุด เมื่อเลี้ยงในระยะเวลา 10 สัปดาห์

สุกญาและคณะ (2548) กล่าวว่า แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นมาก การประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากวัสดุธรรมชาติตลอดจนวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมจึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต เช่น การใช้เซลล์สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina* sp.) หรือบีตา-แคโรทีนที่สกัดจากสาหร่ายดูนาเลียเอลล่า (*Dunaliella* sp.) และแอสตาแซนทินจากสาหร่ายฮีมาโตคอกคัส (*Haematococcus pluvialis*) เป็นต้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดความเข้มข้นที่เหมาะสมในการให้สารเร่งสี

จากผลการทดลองพบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสไปรูลินา 20-50% ทำให้การเจริญเติบโตของปลาทองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ถ้าในอาหารมีสาหร่ายสไปรูลินามากถึง 60% จะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของปลาทองลดลง ซึ่งสุกญาและคณะ (2548) ได้ทำการศึกษา ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสไปรูลินาในปลาทอง โดยเลี้ยงด้วยอาหาร 4 สูตร ได้แก่ อาหารที่ไม่เสริมสไปรูลินา และอาหารที่เสริมสไปรูลินาแห่งที่ระดับ 1, 3, 5% เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมสไปรูลินาที่ระดับ 3% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Yanar *et al.* (2008) ทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารเสริม Alfalfa (*Medicago sativa*) ซึ่งเป็นแหล่งแคโรทีนอยด์จากธรรมชาติ ในอัตรา 0, 5, 10, 15, 25 และ 40% เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าการเสริม Alfalfa ที่อัตรา 5-25% ทำให้การเจริญเติบโตของปลาทองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เสริมในอัตรา 40% จะทำให้การเจริญเติบโตของปลาทองลดลง ($P<0.05$) แต่วันเพ็ญและกาญจนา (2547) ทดลองเลี้ยงลูกปลาทองสายพันธุ์รันชูด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาในปริมาณ 0, 8, 10, 12 และ 14% พบว่าอาหารที่มีปริมาณของสาหร่ายสไปรูลินาเป็นส่วนผสมในปริมาณที่แตกต่างกันนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลารันชู ($P>0.05$)

การทดลองที่เกี่ยวข้องกับระดับความเข้มข้นของสารเร่งสีต่อการเจริญเติบโตในปลาชนิดอื่น ๆ เช่น พิชญาและคณะ (2544) ทดลองเลี้ยงปลากะพงแดงด้วยอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานและที่

เสริมด้วยแอสตาแซนทินที่ระดับ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าแอสตาแซนทินไม่มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ย, น้ำหนักเพิ่ม, อัตรารอดและอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงแดงเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ดาราวรรณและคณะ (2546) ทดลองเลี้ยงปลากะแห ด้วยอาหาร 5 สูตร ได้แก่ อาหารเม็ดสูตรพื้นฐาน และอาหารเม็ดสูตรพื้นฐานเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 25, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าการเสริมแอสตาแซนทินผสมในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอดของปลากะแห Wang *et al.* (2006) พบว่าปลา Characins (*Hyphessobrycon callistus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ 0, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา ($P>0.05$)

ปลาทองที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินาทั้ง 4 ระดับในการทดลองครั้งนี้ พบว่าอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของวันเพ็ญและกาญจนา (2547) และการทดลองของสุกัญญาและคณะ (2548) ที่พบว่าการเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาในปริมาณที่แตกต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลา ($P>0.05$) และ Yanar *et al.* (2008) พบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม Alfalfa (*Medicago sativa*) ในอัตรา 0-40% อัตราการรอดตายของปลาไม่แตกต่างกัน แต่ทิพย์วรรณและคณะ (2541) ทำการทดลองเพื่อหาอัตราที่เหมาะสมของแอสตาแซนทินต่อการเร่งสีในปลาทอง อัตราที่ใช้คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มก. ต่ออาหาร 1 กก. พบว่าอัตราการตายของปลาตลอดการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อในอาหารมีแอสตาแซนทินตั้งแต่ 25 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ขึ้นไป

ความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินาทั้ง 4 ระดับ คือ 20, 40, 50 และ 60% ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าความเข้มของสีปลาทองที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินา 60% มีความเข้มของสีสูงที่สุด ซึ่งแตกต่าง ($P<0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินา 20% และ 40% แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินา 50% สอดคล้องกับการทดลองของวันเพ็ญและกาญจนา (2547) เลี้ยงลูกปลาทองสายพันธุ์รันชูด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาในปริมาณ 0, 8, 10, 12 และ 14% พบว่าปลารันชูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสไปรูลินาเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมในปริมาณ 12 และ 14% จะมีความเข้มของสีมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งรงควัตถุในการปรับปรุงสีของปลารันชู และการทดลองของสุกัญญาและคณะ (2548) พบว่าการเสริมสไปรูลินาในอาหารมีผลทำให้สีตัวของปลาทองมีสีเหลืองและแดงเพิ่มมากขึ้นตามระดับของสาหร่ายสไปรูลินาที่เสริมในอาหาร

การทดลองที่ใช้สารเร่งสีชนิดอื่นๆ ในปลาทองก็ให้ผลเช่นเดียวกับสาหร่ายสไปรูลินา เช่น Gouveia and Rema (2005) ทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารเสริม *Chlorella vulgaris* และ แอสตาแซนทินสังเคราะห์ ที่ระดับความเข้มข้น 45, 80 และ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารเสริม *Chlorella vulgaris* ที่ระดับความเข้มข้นสูงมีผลทำให้ ความเข้มของสีปลาทองดีขึ้น Yanar et al. (2008) ทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารเสริม Alfalfa (*Medicago sativa*) ในอัตรา 0, 5, 10, 15, 25 และ 40% เป็นเวลา 60 วัน พบว่าแคโรทีนอยด์ใน ผิวน้ำปลาทองจะเพิ่มตามระดับ Alfalfa ที่เสริมในอาหาร ($P<0.05$) แต่การเสริมที่ระดับ 25 และ 40 % ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

พ้วนและทิพย์วรรณ (2546) พบว่าการเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารจะมีผลทำให้ปลาทองมีเม็ดสีสูงสุด จำนวนเม็ดสีที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มสีที่ผิวน้ำปลา โดยพบว่าเมื่อให้สารสีแอสตาแซนทินกับปลาทองจะมีการสร้างเม็ดสีเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปลาทองที่ได้รับอาหารไม่เสริมสารเร่งสี (Paripatananont et al., 1999)

การทดลองที่เกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของสารเร่งสีต่อความเข้มของสีปลาในปลาชนิดอื่นๆ เช่น พิชญาและคณะ (2544) ที่ทดลองผสมแอสตาแซนทินในอาหารปลากะพงแดงที่ระดับ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าบริเวณครีบและลำตัวมีสีแดงเพิ่มขึ้นตามระดับของแอสตาแซนทินที่เพิ่มขึ้น ดาราวรรณและคณะ (2546) พบว่าการเสริมแอสตาแซนทินในอาหารมีผลทำให้สีครีบหางของปลากะแหมีสีแดงเข้มขึ้นตามระดับของแอสตาแซนทินที่เสริม (25, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) โดยการเสริมแอสตาแซนทินที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้ครีบหางปลากะแหมีสีแดงเข้มขึ้นมากที่สุดและมากกว่าที่ระดับ 25 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อรพินท์และคณะ (2548) การศึกษาระดับเหมาะสมของคาโรทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ ทำการศึกษาโดยใช้อาหารปลาคาร์ฟที่จำหน่ายในท้องตลาด 6 ชนิด (BRANDS) ที่มีปริมาณคาโรทีนอยด์รวมแตกต่างกัน คือ 5.37, 15.9, 43.2, 76.2, 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัมต่อกกรัม เมื่อทำการจัดสัดส่วนของคาโรทีนอยด์รวมพบว่ามีส่วน 1:5:10:20:25:25 เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่มีคาโรทีนอยด์ รวม 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัมต่อกกรัม มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของสีแดงมากกว่าปลาคาร์ฟกลุ่มอื่น ๆ ($P<0.05$)

สรุปผลการวิจัย

อาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาทองเพื่อเร่งสีคือ ปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาในระดับความเข้มข้น 50% เพราะให้ผลดีทั้งความเข้มของสีปลาและการเจริญเติบโตของปลา



เอกสารอ้างอิง

- ชฎาธาร โทนเดี่ยว, อรพินท์ จินตสถาพร, ประทีกซ์ ตาบทพิทยวรรณ และ ศรีน้อย ชุ่มคำ. 2550. **ผลของไบยอลและฟ้าทะลายโจรต่อการเปลี่ยนแปลงสีและอัตราการจับกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในปลาทอง**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 538-546.
- ดราวรรณ ยุทธยงค์, มจฺออะดี พงศ์มณีรัตน์ และ สนิธิพันธ์ ผาสุขดี. 2546. **ผลของแอสตาแซนทินในอาหารต่อสีปลากระแห**. รายงานการสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2546 เล่ม 1 กรมประมง. หน้า 251-260.
- ทิพย์วรรณ บริพัฒนานนท์, จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, อัจฉริยา ไสละสูต และ นันทริกา ชันชื้อ. 2541. **Effect of astaxanthin on pigmentation of goldfish**. รายงานผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ประจำปี 2541. 16 หน้า.
- พิชญา ชัยนาค, ไวยพจน์ เครือเสนห์ และ ทวี จินดามัยกุล. 2544. **ผลของแอสตาแซนทินต่อสีของปลากะพงแดง (*Lutjanus argentimaculatus* Forskal)**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2544. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 หน้า.
- พ้วน เฟ่งเซ่ง และ ทิพย์วรรณ บริพัฒนานนท์. 2546. **ระดับความต้องการของโปรตีนและปริมาณสารแอสตาแซนทิน (astaxanthin) ในอาหารปลาสวยงาม : ปลาทองและปลาสอด**. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 10 : 230-243.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์ และ กาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547. **การปรับปรุงคุณภาพปลารัณชูโดยใช้รังควัตถุคาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลีนา**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2547. ราชการบริหารส่วนกลาง กรมประมง. 26 หน้า.
- สุกิจ แป้นประสิทธิ์. 2545. **การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของธุรกิจจำหน่ายปลาสวยงาม ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโท. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 66 หน้า.
- สุภาภา ศิริวิฐนิกม, รัตติยา สะอู และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. 2548. **ระดับของสไปรูลิโนในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*)**. รายงานการวิจัยวารสารสงขลานครินทร์ วท. ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1). หน้า 133-139.
- อรพินท์ จินตสถาพร, บัณฑิต ยวงสร้อย, ประเสริฐ สมทิธิวงศ์, G.R. Stoner และ J. Gabaudan. 2548. **ระดับเหมาะสมของคาโรทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (*Cyprinus***

- carpio*). การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง
สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 368-378.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists.
15 th edn., AOAC, Arlington, VA. 1360 p.
- Braulich, K. 1974. Carotenoid in poultry production: The Chemistry and action of
pigmentation in avian diets. *Animal Nutrition Events*. 5:7-17.
- Chien, Y.H.; and W.C. Shiau. 2005. The effects of dietary supplementation of algae and
synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved
oxygen stress resistance of kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate.
Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 318: 201-211.
- Choubert, G.; and T. Storebakken. 1989. Dose response to astaxanthin and
canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoid
concentrations. *Aquaculture* 81: 69-77.
- Davies, S.J. 2005. Physiological assessment of natural pigmenting carotenoid sources
for salmonids fish: current research and future perspectives. *In* Lyons, T.P. and
K.A. Jacques, eds. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*.
Alltech's Nineteenth Annual Symposium. Nottingham University Press, pp. 295-
306.
- 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.
- Gouveia, L.; P. Rema; O. Pereira; and J. Empis. 2003. Coloring ornamental fish
(*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with micro algal biomass. *Aquaculture
Nutrition*. 9: 123-129.
- Gouveia, L.; and P. Rema. 2005. Effect of microalgal biomass concentration and
temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation.
Aquaculture Nutrition. 11: 19-23.
- Izquierdo, M.S.; C.T. Kalinowski; S. Thongrod; and L. Robaina. 2005. Nutritional needs
for correct pigmentation in European red porgy (*Pagrus pagrus*). *In* Lyons, T.P.

- and K.A. Jacques, eds. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Alltech's Nineteenth Annual Symposium. Nottingham University Press, pp. 307-313.
- Kalinowski, T.; L.E. Robiana; H. Fernandez-Palacios; D. Schuschardt; and M.S. Izquierdo. 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin color. *Aquaculture* 244: 223-231.
- Krinski, N. I. 1991. Effects of carotenoids in cellular and animal systems. *American Journal of Clinical Nutrition* 53: 238-246.
- Matthews-Roth, M.N. 1991. Recent progress in the medical applications of carotenoids. *Pure Appl. Chem.* 63: 147-156.
- McGoogan, B.; and D.M. Gatlin III. 2000. Dietary manipulation affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenop ocellatus* : II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture* 182: 271-285.
- Nakazoe, J.; S. Ishi; H. Kamimoto; and M. Takeuchi. 1984. Effect of supplemental carotenoid pigments on the carotenoid accumulation in young red sea bream. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 113: 29-41.
- Ohkubo, M.; M.Tsushima; T. Maoka; and T. Matsuno. 1999. Carotenoids and their metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 124: 333-340.
- Paripatananont, T.; J. Tangtrongpaioj; A. Sailasuta; and N. Chansue. 1999. Effect of a astaxanthin on pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of the World Aquaculture Soc.* 30: 454-460.
- Torrissen, O.J. 1986. Pigmentation of salmonids: A comparison of astaxanthin and canthaxanthin As pigment sources for rainbow trout. *Aquaculture* 53: 271-278.
- Torrissen, O.J.; R.W. Hardy; K.D. Shearer; T.M. Scott; and F.E. Stone. 1990. Effects of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 227: 35-61.

- Wang, Y.J.; Y.H. Chien; and C.H. Pan. 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture* 261: 641-648.
- Yanar, M.; Z. Erçen; A.Ö. Hunt; and H.M. Büyükçapar. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 284:196-200.

