สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

# ผลของอาหารที่เสริมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทต่อสีปลาทอง (*Carassius auratus*)

# Effect of betalains extraction from beet root on goldfish (*Carassius auratus*)

T104628

โดย

นางสาว สุรภี ประชุมพล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104628
วัน,เดือน,ปี - 5 พ.ย. 2552

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ใบรับรองปัญหาพิเศษ**
**ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง**

**เรื่อง** ผลของอาหารที่เสริมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทต่อสีปลาทอง (*Carassius auratus*)
Effect of betalains extraction from beet root on goldfish (*Carassius auratus*)

**ชื่อนักศึกษา** นางสาวสุรภี ประชุมพล

**ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษา**.....
(รองศาสตราจารย์ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาตราจารย์ดร.ปวีณา ทวีกิจการ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 25 เดือน พ.ค. พ.ศ 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทคัดย่อปัญหาพิเศษ**

**เรื่อง**

**ผลของอาหารที่เสริมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทต่อสีปลาทอง (*Carassius auratus*)**

Effect of betalains extraction from beet root on goldfish (*Carassius auratus*)

การศึกษาระดับความเข้มข้มสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทต่อสีปลาทอง ทำการศึกษาโดยให้อาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาทองที่ให้อาหารผสมสารเบตาเลนกับปลาทองที่ให้อาหารไม่ผสมสารเบตาเลนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอด แต่ค่ามุมสีเฉลี่ยบริเวณลำตัวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยค่ามุมสีของชุดการทดลองของสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่ามุมสีที่น้อยที่สุด คือ 56.69±6.97 (มีค่าสีแดงดีที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์เป็นอย่างยิ่งสำหรับการให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ จนทำให้ปัญหาพิเศษนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณพ่อ แม่และญาติพี่น้องที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณปุบผา จงพัฒน์ คุณนภพล เผ่ามนัสและคุณแสง ฟักหอม สำหรับเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองของปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนทุกๆคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำการทดลองของปัญหาพิเศษนี้

นางสาว สุรภี ประชุมพล

พฤษภาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | I |
| สารบัญตาราง | II |
| สารบัญภาพ | III |
| คำนำ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 2 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 8 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 11 |
| สรุป | 16 |
| เอกสารอ้างอิง | 17 |
| ภาคผนวก | 19 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การเจริญเติบโตของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน | 11 |
| 2 | อัตราการรอดและอัตราการแลกเนื้อของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับที่ต่างกัน | 12 |
| 3 | ค่ามุมสี (H°) บนลำตัวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน | 14 |

| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ค่ามุมสี (H°) ของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน | 19 |
| 2 | น้ำหนักของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน | 20 |
| 3 | ความยาวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน | 21 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ลักษณะทั่วไปของปลาทอง | 2 |
| 2 | ลักษณะของบีทรูท | 6 |
| 3 | โครงสร้างของ Betalamic acid | 7 |
| 4 | เปรียบเทียบสีผิวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดย A, B, C และ D แทนปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสารเบตาเลนที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ | 14 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามและการค้าปลาสวยงามเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย มีผู้นิยมการเลี้ยงปลาสวยงามมากขึ้น เนื่องจากปลาสวยงามมีสีสันสวยงาม มีทั้งที่ราคาถูกถึงปลาราคาแพงมีหลากหลายชนิดที่สามารถเลือกเลี้ยงได้ ปลาทองก็เป็นปลาชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยม ในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลาย ปลาทองมีลักษณะลำตัวกลมป้อม มีสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ มีครีบอก ครีบหลัง ครีบหู ครีบก้นและครีบหาง ส่วนครีบหลังบางพันธุ์มีบางพันธุ์ไม่มีแตกต่างกันออกไป ปลาทองจัดว่าเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารเก่ง กินได้ทั้งพืชและสัตว์ สีสันของปลาเป็นสิ่งที่ผู้ซื้อให้ความสำคัญอย่างหนึ่งที่จะซื้อปลาสวยงามมาเลี้ยงและยังสามารถเพิ่มราคาของปลาสวยงามได้อีกระดับหนึ่ง จึงทำให้มีการเพิ่มสีให้ปลา เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์สีเองได้ จึงทำให้เกิดการคิดค้นอาหารที่เสริมสารเพิ่มสีในปลา ในตลาดก็มีอาหารปลาที่เสริมสารเพิ่มสีให้เลือกซื้อกันหลากหลายยี่ห้อ แต่อาหารนั้นมีราคาแพง เนื่องจากสารเพิ่มสีที่ผสมในอาหารเป็นสารที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศที่มีราคาแพง และสารเร่งสีที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์อาจส่งผลที่เป็นอันตรายต่อปลาสวยงามหรืออาจส่งผลค้างเคียงกับมนุษย์ในระยะยาว ส่วนสารที่ให้สีในปลาส่วนใหญ่ก็มาจากพวกแคโรทีนอยด์ที่ให้สีส้มจนถึงสีเหลือง สารสีนี้เองที่ทำให้ปลาสวยงามที่เลี้ยงมีสีสันที่สดใสสวยงาม ในพวกพืชผักผลไม้ก็มีสารแคโรทีนอยด์นี้เช่นกัน เช่น ฟักทอง แครอท มะเขือเทศ เป็นต้น

สารเบตาเลนเป็นสารชนิดหนึ่งที่อยู่ในเปลือกแก้วมังกร หัวบีทรูทโดยในพืชทั้งสองมีส่วนประกอบของ betacyanins และ betaxanthin ที่ให้สีแดง-ม่วงจนถึงสีเหลือง-ส้ม

ดังนั้นการใช้สารสกัดเบตาเลนเพื่อเร่งสีปลาทองในระดับที่เหมาะสมและเป็นการลดสารสีที่นำเข้าจากต่างประเทศ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่เหมาะสมต่อการเร่งสีในปลาทอง
2. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทต่อการเจริญเติบโตของปลาทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

**ปลาทอง** (Gold Fish)

ปลาทองเป็นปลาที่อยู่ในวงค์ ไซไพร์นิดี้ ( Family Cyprinidae) ปลาทองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า คาราสเซียส ออราตัส (*Carassius auratus*) มีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่า โกลด์ฟิช (Gold Fish) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีนตอนใต้ ในธรรมชาติอาศัยอยู่ตามแม่น้ำ ลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง อยู่ได้ทั้งสภาพน้ำไหลเร็ว เอื่อย และน้ำนิ่ง อุณหภูมิตั้งแต่ 10-32 องศาเซลเซียส (พัฒน์, 2546) ปลาทองมีลักษณะลำตัวกลมป้อม มีสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ มีครีบอก ครีบหลัง ครีบหู ครีบก้น และครีบหาง ส่วนครีบหลังบางพันธุ์มีบางพันธุ์ไม่มีแตกต่างกันออกไป ปลาทองจัดว่าเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารเก่ง กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (อิทธิพร, 2531)

**ภาพที่** 1 ลักษณะทั่วไปของปลาทอง
**ที่มา**: http//www.kengbnde.com

**สารแคโรทีนอยด์**

แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นรงควัตถุที่พบในคลอโรพลาสต์ (chloroplast)และโครโมพลาสต์(chromoplast) ของผลไม้ ดอกไม้และใบของพืชและยังพบได้ในสัตว์ จุลชีพที่สังเคราะห์แสงได้และสาหร่าย มีแคโรทีนอยด์กว่า 700 โมเลกุลที่ตรวจสอบโครงสร้างได้และพบทั่วไปในธรรมชาติ แคโรทีนอยด์ในพืชจะดูดกลืนพลังงานแสง เพื่อส่งต่อให้คลอโรฟิลล์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และเป็นตัวจับรังสีอัลตราไวโอเลตและแสงสีขาวจึงทำให้แคโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสี ยังปกป้องพืชจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอันเนื่องจากแสง (photooxidation) และป้องกันการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ (free radical) แคโรทีนอยด์ปกป้องพืชในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เกิดบาดแผล หรือกระทบกับแสงแดดอย่างรุนแรงเพื่อป้องกันการติดเชื้อและการทำลายจากแสงแดด(วีรศักดิ์, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของแคโรทีนอยด์อาจเป็นเส้นตรง ดังที่พบใน ไลโคพีน (lycopene) หรือเป็นวงแหวน (ring) ที่ปลายโซ่ของโมเลกุล ดังที่พบในเบตาแคโรทีน (beta-carotene)สามารถจำแนกแคโรทีนอยด์เป็น 2 กลุ่ม คือ hydrogenated และ oxygenated carotenoid derivatives โดยกลุ่ม hydrogenated carotenoid derivatives หรือกลุ่มแคโรทีน (carotene) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยสายไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ทำให้เป็นสารที่ไม่มีขั้วและละลายได้ในไขมัน ตัวอย่างแคโรทีนอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ เบตาแคโรทีนและไลโคพีน เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่ม oxygenated carotenoid derivatives หรือกลุ่มแซนโทฟิล(xanthophylls) นั้น มีอะตอมของออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล จึงมีขั้วมากกว่าและละลายในไขมันได้น้อยกว่าแคโรทีนอยด์กลุ่มแรก ตัวอย่างแคโรทีนอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ลูทีน (lutein) ซีแซนทิน(zeaxanthin) และแอสตาแซนทิน (astaxanthin) เป็นต้น (วีรศักดิ์, 2005)

**สารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ในการเร่งสีปลา**

Kodric-Brown (1986) ทำการศึกษาทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอาหารแคโรทีนอยด์ในเพศเมียและเพศผู้ guppy *Poecilia reticulata* การเกิดลายของเพศผู้ที่เกิดครอกเดียวกันต่ออาหารที่มี astaxanthin, canthaxin และอาหารไม่มีแคโรทีนอยด์ โดยวัดความหนาแน่นสามความยาวคลื่นคือ 577 nm, 450 nm และ 530 nm พบว่า ปลาguppy ที่ให้อาหารผสมแคโรทีนอยด์มีผลต่อความสว่างของผิวแต่อาหารไม่มีผลต่อขนาด จำนวน และตำแหน่งของจุดสีแดงและสีส้มของเพศผู้ เพศผู้ที่ให้อาหารแคโรทีนอยด์มีจุดสีแดงและสีส้มมีความสว่าง 1.6 ถึง 2.8 เท่า เปรียบเทียบกับอาหารเพศผู้ที่ไม่มีแคโรทีนอยด์

Gouveia et al. (2003) ทำการทดลองการเพิ่มสีในปลาคาร์ฟ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Kawari (แดง), Showa (ดำและแดง) Bekko (ดำและขาว) และปลาทองโดยให้อาหารที่เสริมแคโรทีนอยด์ของสาหร่ายน้ำจืดขนาดเล็ก [*Chlorella vulgaris* (อาหาร Cv), *Haematococcus pluvialis* (อาหาร Hp),และ *Arthrospira maxima* (Spirulina) (อาหาร Sp)] astaxanthin (อาหาร As) และอาหารควบคุม (อาหาร C) ที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าปลาคาร์ฟสายพันธุ์ Showa อาหารมีผลไม่เด่นชัดต่อความเข้มแสงที่ผิว (L*) และค่าเฉดสีเหลือง (b*) Showa ที่ให้อาหารควบคุมค่าสีแดงอ่อนลง (a*) อาหารที่ให้ผลที่ดีที่สุด คือ กลุ่มปลาคาร์ฟที่ให้อาหาร As ปลาคาร์ฟสายพันธุ์ Kawari พบว่าค่าความเข้มแสงที่ผิวปลา (L*) ที่ให้อาหารควบคุมมีความหนาแน่นอย่างมีนัยสำคัญกว่ากลุ่มที่ให้อาหารอื่น ($P<0.05$) กลุ่มที่ให้อาหารไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปลาที่ให้อาหาร C แสดงค่าเฉดสีแดง (a*) ต่ำที่สุด ($P<0.05$) ปลาคาร์ฟสายพันธุ์ Bekko พบว่า แหล่งแคโรทีนอยด์ไม่มีผลต่อค่าความเข้มแสงที่ผิว (L*) โดยปลาคาร์ฟที่ให้อาหาร Cv ($P<0.05$) มีค่าสีแดงสูง (a*) และในปลาคาร์ฟที่ให้อาหาร Sp ($P<0.05$) มีค่าสีแดงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอาหาร C, As และ Hp ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในปลาคาร์ฟที่ให้อาหารควบคุมมีค่าเฉดสีเหลือง (b*)น้อย (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปลาคาร์ฟที่ให้อาหารอื่นและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผิวปลาที่ให้อาหารแตกต่างกัน ดังนั้นในการทดลองปลาคาร์ฟที่ให้อาหารเสริม *C. vulgaris* ให้สีที่ดีที่สุด สำหรับการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของสีปลาคาร์ฟ โดยเฉพาะค่าสีแดงต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในปลาคาร์ฟสายพันธุ์ Kawari และการทดลองในปลาทอง พบว่าปลาทองที่ให้อาหารผสมแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างของค่าความเข้มแสง (L*) ที่ผิวปลาทอง ค่าสีแดง (a*) ที่ผิวปลาทองที่ให้อาหาร Hp และ Cv มีความหนาแน่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ส่วนอาหาร As และ Sp ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าสีเหลือง (b*) ที่ผิวปลาทองในกลุ่มที่ให้อาหารควบคุมมีระดับต่ำกว่ากลุ่มอื่น (P<0.05) สีปลาทองในกลุ่มที่ให้อาหารควบคุมมีสีอ่อนลง 7.8 เท่า ต่อมา Gouveia and Rema (2005) ได้ทำการศึกษาผลของแหล่งแคโรทีนอยด์ (จากธรรมชาติ-microalgal *Chlorell vulgaris* และสังเคราะห์ - Carophyll pink) และความเข้มข้นแคโรทีนอยด์ ต่อสีปลาทอง โดยให้อาหารที่ผสม *C. vulgaris* และ astaxanthin สังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 45, 80 และ 120 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ( Cv45, Cv80, Cv120, Ax45, Ax80 และ Ax120) ตามลำดับ พบว่า การสะสมแคโรทีนอยด์ดีที่สุดคือ ปลาทองที่ให้อาหารผสม astaxanthin สังเคราะห์ (Ax80 และ Ax120) ค่าความสว่าง (L*) และ เหลือง (b*) เปลี่ยนแปลงจาก 40 ถึง 53.2 และ 22.2 ถึง 34.6 ตามลำดับ ค่าที่ดีที่สุดคือ ปลาทองที่ให้อาหารผสม *C.vulgaris* สูง (อาหาร Cv 120;P<0.05)

Chatzifotis et al. (2005) ทำการศึกษาผลของแคโรทีนอยด์ต่อสีผิวปลา red porgy โดยเปรียบเทียบปลาที่ให้อาหารผสม astaxanthin, ß-carotene หรือ Lycopene Carotenoid และอาหารที่ไม่เสริมแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นอาหารควบคุม พบว่า ปลา red porgy ที่ให้อาหารเสริมแคโรทีนอยด์ ไม่มีผลต่ออัตราการเติบโตของปลา red porgy ในการสะสมของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในปลา red porgy astaxanthin เท่านั้นที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ß-carotene หรือ Lycopene ไม่มีผลต่อการเพิ่มของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของปลา red porgy Astaxanthin, ß-carotene หรือ Lycopene ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณเมลานินบนผิว โดย astaxanthin เท่านั้นที่เป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ที่มีผลต่อสีผิวด้านหลัง และมีการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มสีของปลา red porgy Lycopene หรือ ß- carotene ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อสีปลาที่ด้านหลังและท้อง

Doolan et al. (2008) ทำการทดลองชนิดของอาหารที่ผสมแคโรทีนอยด์ 6 ระดับ คือ astaxanthin 60 mg/kg, canthoxanthin 60 mg/kg, apocorotenoic acid ethylester 60 mg/kg, astaxanthin 30 mg/kg และ apocorotenoic ester 30 mg/kg, canthaxanthin 30 mg/kg และ apocorotenoic acid ethylester 30 mg/kg และอาหารควบคุม (ไม่มีแคโรทีนอยด์) ต่อสีผิวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

snapper หลังจาก 50 วัน พบว่า การเพิ่มของแคโรทีนอยด์ในอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างของสีผิวปลา (P>0.05) ปลา snapper ที่ให้อาหาร astaxanthin เท่านั้นที่ค่า b* สูงขึ้น หลังจากนั้น (Ban et al., 2009) ได้ทำการศึกษาผลของ astaxanthin ที่เสริมในอาหารต่อการเร่งสีผิวของปลา Australian snapper *pagrus auretus* ที่ความเข้มข้นต่างกันคือ 0,13 , 26, 39, 52, 65 และ 78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 63 วัน พบว่า ปลา snapper ที่ให้อาหารเสริม astaxanthin ที่ความเข้มข้นสูงมีผลต่อค่าสีแดง (a*) และ สีเหลือง(b*) ของผิวปลา ค่าความสว่างผิว (L*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้น astaxanthin ในอาหารที่มีผลต่อค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง(b*) ในผิวปลา

Harpaz et al. (1998) ทำการศึกษาผลของการเพิ่มแคโรทีนอยด์จากแหล่งที่ต่างกันต่อ pigment crayfish การเจริญเติบโตและอัตราการรอด crayfish โดยใช้แหล่งแคโรทีนอยด์จากเซลล์สาหร่ายแห้งที่ผลิตจาก *Dunaliella salina*, astaxanthin สังเคราะห์ (carophyllpink 8%,manufactured โดย Hoffman-La Roche) และผงหยาบ alfalfa พบว่า crayfishที่ให้อาหารควบคุม, β- carotene และ Carophyll Pink มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง และปริมาณแคโรทีนอยด์ในตัว crayfish มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

อัจฉรีและคณะ (2549) ทำการทดลองระดับแอสตาแซนทินที่เหมาะสมต่อการเร่งสีปลาหมอสี โดยให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 10, 30, 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าปลาหมอสีที่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 10, 30, 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ค่ามุมของสีเฉลี่ยบริเวณลำตัวของปลาหมอสีที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0, 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) แต่ 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นระดับของแอสตาแซนทิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จึงเพียงพอต่อการใช้เร่งสีปลาหมอสี

**สารเบตาเลน**

Betalains พบในดอกไม้ ผลไม้ และในบางกรณีในส่วนอื่นๆ ของพืช ให้สีเหลือง ส้ม แดง และม่วง ตัวอย่างเช่น สีม่วงแดงจาก beet root (*Beta vulgaris* L.) ซึ่งเป็น betalain ตัวแรกที่สกัดได้ในรูปของผลึก และจึงเป็นที่มาของชื่ออนุพันธ์ของ betalain รงควัตถุในกลุ่มนี้เป็น water-soluble nitrogenous pigment พบในส่วนของ cytosol และ vacuoles ในทางเคมี betalins แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม betacyanins ซึ่งเป็นสีม่วงแดง มีทั้ง betanidin และ betanin และกลุ่ม betaxanthins ซึ่งมีสีเหลือง คือ vulgaxanthin I และ II ที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วนใหญ่ betaxanthins จะมีส่วนหาง ซึ่งอาจปิดเป็น ring บางส่วนหรือทั้งหมด เช่น dopaxanthin จากดอก *Glottiphyllum longum* (Haw.)ในขณะที่หน้าที่ของ betalains นั้นยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบแน่ชัด แต่มีความเป็นไปได้ว่าจะทำ หน้าที่เช่นเดียวกับ anthocyanin ในดอกไม้ และผลไม้ คือ ช่วยดึงดูดแมลง และนกให้เข้ามาช่วยผสมเกสร และกระจายเมล็ดพันธุ์ แต่รงควัตถุในส่วนของราก ใบ และลำ ต้นนั้น ยังไม่มีคำ อธิบายหน้าที่ของมัน

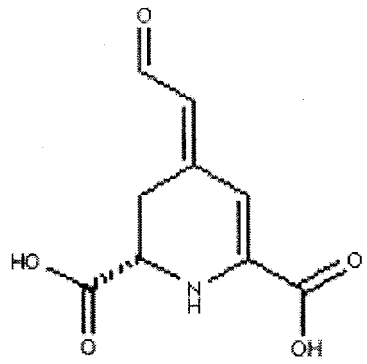
เบตาเลนประกอบด้วย ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ที่ซึ่งประกอบด้วย betacyanins และ betaxanthins เป็นแอมโมเนียที่รวมตัวกันของ betalamic acid กับ *cyclo*-DOPA และ amino acid หรือ amins ตามลำดับ แหล่ง betanin ที่สำคัญคือ red beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) root (Moreno et al., 2008)

**ภาพที่** 2 ลักษณะของบีทรูท
**ที่มา:** http//www.variete.teenee.com

**ชีวะสังเคราะห์เบตาเลน**

เบตาเลนเป็นการสังเคราะห์จาก tyrosine โดยการกลั่น betalamic acid (ภาพที่ 1) รวมตัวกับ cyclo-DOPA ผลของปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดการสร้าง betacyanins ที่ให้สีแดงถึงสีม่วง, ดังที่พบใน red beets หรือในดอก *Portulaca* การกลั่นของ betalamic acid กับ amino acid หรืออนุพันธ์ของ amino acid (ตัวอย่าง 3-methoxytyramine) ผลในการสร้างทำให้เกิด betaxanthins ที่ให้สีเหลืองส้ม (Moreno et al., 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่** 3 โครงสร้างของ Betalamic acid

**ที่มา:** Moreno et al. (2008)

**การใช้สารสกัดเบตาเลนในปลา**

Phumjun and Laohavisuti (2007) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวทำละลายระหว่างน้ำกลั่นและเอทานอล 80% ที่ใช้ในการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร และทดสอบระดับความเข้มข้นของสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ 15, 22.5, 30, 37.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมกับอาหารควบคุมที่ไม่มีสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรโดยมีการวัดผลในอัตราการรอด การเจริญเติบโตและการเพิ่มสีของปลา red platy พบว่า จากการสกัดสารเบตาเลนกับเอทานอล 80% มีปริมาณสูงกว่าสารเบตาเลนที่สกัดกับน้ำกลั่น ($P<0.05$) การสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร (*Hylocereus sp.*) ความเข้มข้นสารเบตาเลนที่ 15,22.5,30,37.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมกับอาหารควบคุม จนจบการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ได้และปรับเปลี่ยนอัตราการให้อาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ยกเว้นอัตราการรอด โดยหลังจาก 12 สัปดาห์ ค่ามุมสีของสีต่อ red platy ที่ให้อาหาร 0,15, 22.5, 30 และ 37.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 48.59, 52.31, 58.81, 61.07 และ 63.09 ตามลำดับ พบว่าค่ามุมสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้นของสารเบตาเลนที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ระดับความเข้มข้นสารเบตาเลนที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มสีใน red platy คือ 37.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การสกัดเบตาเลนจากบีทรูท ได้แก่ หัวบีทรูท, มีด, เขียง, เตาอบ, เครื่องปั่นน้ำผลไม้และตะแกรงล่อน

2. อุปกรณ์ในการทำอาหาร ได้แก่ สารสกัดเบตาเลนจากบีทรูท, อาหารผงสำเร็จรูป, เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง, ถุงพลาสติก, น้ำกลั่น, เครื่องบดอาหาร, กรรไกร, กระบอกตวง, กะละมังและเตาอบ

3. อุปกรณ์ในการเลี้ยงปลาทอง ได้แก่ ปลาทอง (*Carassius auratus*), อาหารที่มีสารสกัดเบตาเลน 0, 20, 40, และ 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม, ถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร, ชุดกรองน้ำปั๊มน้ำ, ปั๊มลม, สายลมและหัวทราย, สายยางถ่ายน้ำและสวิง

4. อุปกรณ์ที่ใช้บันทึกผล ได้แก่ เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง, ไม้บรรทัด, ยาสลบ, เครื่องวัดสี Chromameter Minota รุ่น CR-10

### วิธีการ

**แผนการทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely randomized design) โดยมีปริมาณสารเบตาเลนที่ผสมในอาหารปลาที่ต่างกันได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารควบคุม (อาหารปลาไม่ผสมสารเบตาเลน)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมสารเบตาเลน 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมสารเบตาเลน 40 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารผสมสารเบตาเลน 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

### วิธีการทดลอง

1.การเตรียมสารเบตาเลนจากบีทรูท

นำบีทรูทมาตัดจุกปอกเปลือกให้หมดจากนั้นนำบีทรูทที่ปอกเปลือกเรียบร้อยแล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำบีทรูทมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำบีทรูทที่อบแห้งแล้วมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นละเอียด นำผงบีทรูทที่ปั่นละเอียดแล้วมาร่อนด้วยตะแกรง เก็บผงบีทรูทไว้ในถุงให้มิดชิดแล้วนำฟอยด์มาห่อถุงไม่ให้ถูกแสง เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การผสมสารเบตาเลนในอาหารปลาทอง

ชั่งอาหารผงสำเร็จรูปตามปริมาณที่ต้องการและชั่งผงบีทรูทที่มีสารเบตาเลนที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อชั่งเรียบร้อยแล้วนำอาหารกับผงบีทรูทผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปในอาหารที่ผสมเบตาเลนตามอัตราส่วนอาหาร 100 กรัม ใช้น้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร นำอาหารที่ได้มาบดในเครื่องบดอาหารจะได้อาหารออกมาเป็นเส้นๆแล้วนำอาหารที่บดเป็นเส้นๆ มาตัดด้วยกรรไกรให้เป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นนำอาหารที่ตัดแล้วมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เมื่อครบ 12 ชั่วโมงนำเก็บอาหารใส่ถุงพลาสติกและเก็บอาหารในตู้แช่แข็ง

3. การเลี้ยงปลาทอง

3.1 นำปลาทอง (*Carassius auratus*) มาเลี้ยงในถังขนาด 100 ลิตร นำปลาทองใส่ถังๆ ละ 12 ตัว จำนวน 16 ถัง

3.2 ให้อาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ

3.3 ให้อาหารปลาทอง 3% ของน้ำหนักตัว ให้วันละ 2 ครั้ง และถ่ายน้ำ 80% สัปดาห์ละครั้ง

**การบันทึกข้อมูล**

1. บันทึกน้ำหนัก, วัดความยาวทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feeding conversion ratio; FCR) ด้วยสมการดังต่อไปนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย – น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น

$$\text{อัตราการรอด} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่ม}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Chromameter) ด้วยระบบ L*, a*,b* นำค่าที่ทำการวัดทั้งหมดมาคำนวณค่ามุมสี (Hue angle;H°) ดังสมการต่อไปนี้

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

เมื่อ H° = ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Hue angle)

L* = ค่าความสว่าง

a* = ค่าสีเขียว (-60) ถึงแดง (+60)

b* = ค่าสีน้ำเงิน (-60) ถึงสีเหลือง (+60)

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple's range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

**สถานที่ทำการทดลอง**

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง**

เดือนมกราคม 2552 ถึง เดือนมีนาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองและวิจารณ์**

จากการทดลองเลี้ยงปลาทอง (*Carassius auratus*) ด้วยอาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับ 0, 20, 40, 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จนสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับ 0, 20, 40, และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 1และ 2)

หลังจาก 8 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเท่ากับ 12.45±0.76, 13.46±0.67, 14.28±0.47 และ 13.19±0.68 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 6.18±0.45, 7.04±0.78, 8.06±0.42, 7.04±0.72 ตามลำดับ

**ตารางที่ 1** การเจริญเติบโตของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน

| ความเข้มข้นเบตาเลน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) | น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว) | น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว) | น้ำหนักเพิ่ม (กรัม) |
|---|---|---|---|
| 0 | 6.27±0.35[a] | 12.45±0.76[a] | 6.18±0.45[a] |
| 20 | 6.42±0.17[a] | 13.46±0.67[a] | 7.04±0.78[a] |
| 40 | 6.23±0.12[a] | 14.28±0.46[a] | 8.06±0.42[a] |
| 60 | 6.15±0.17[a] | 13.19±0.68[a] | 7.04±0.72[a] |

*อักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อัตราการรอดของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูท 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เท่ากับ 95.00±5.00, 93.75±2.08, 95.83±4.16 และ 91.66±3.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูท เท่ากับ 3.41±0.25, 3.09±0.31, 2.63±0.14 และ 3.08±0.33 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่** 2 อัตราการรอดและอัตราการแลกเนื้อของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับที่ต่างกัน

| ความเข้มข้นเบตาเลน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) | อัตราการรอด (%) | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) |
|---|---|---|
| 0 | 95.00±5.00[a] | 3.41±0.25[a] |
| 20 | 93.75±2.08[a] | 3.09±0.31[a] |
| 40 | 95.83±4.16[a] | 2.63±0.14[a] |
| 60 | 91.66±3.40[a] | 3.08±0.33[a] |

*อักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับต่างกันคือ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับ (Phumjun and Laohavisuti, 2007) ทดลองเลี้ยงปลา red platy ที่ให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้นของที่ 0, 15, 22.5, 30, 37.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ได้และปรับเปลี่ยนอัตราการให้อาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) และยังสอดคล้องกับ ธนากร (2550) ทดลองการใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อเร่งสีปลาหมอมาลาวีทอง โดยใช้อาหารที่มีส่วนผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์พบว่า ปลาหมอมาลาวีที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

**ผลของความเข้มข้นสารสกัดเบตาเลนต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวบนลำตัวปลาทอง**

จากการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณลำตัวปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) พบว่า ค่ามุมสีของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่ามุมสีน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 56.69±6.97 (มีค่าสีแดงดีที่สุด) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม (มีสารสกัดบตาเลน 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลน 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนเริ่มการทดลองทำการวัดสีผิวบริเวณลำตัวของปลาทองด้วยเครื่องวัดสี มีค่ามุมสี (Hue angle; H°) เฉลี่ยของปลาทองบริเวณลำตัวเท่ากับ 69.67±0.00 ($P>0.05$) เมื่อเริ่มการทดลองโดยให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ความเข้มข้นเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารในแต่ละการทดลอง

ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 หลังจากทดลองการให้อาหารผสมสารเบตาเลนที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ทำการวัดสีปลาทองโดยค่ามุมสีในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ค่ามุมสีเท่ากับ 69.16±2.42, 66.46±2.40, 64.34±0.89, 63.84±0.94 ตามลำดับ และ 69.29±1.92, 67.01±0.92, 67.22±1.55, 67.32±1.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ในสัปดาห์ที่ 6 ปลาทองโดยให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารในแต่ละการทดลอง พบว่า ค่ามุมสีของปลาทองคือ 69.61±1.12, 64.88±0.63, 64.41±0.35 และ 61.13±2.26 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า ค่ามุมสีปลาทองที่ให้อาหารผสมสารเบตาเลนระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารกับค่ามุมสีปลาทองที่ให้อาหารผสมสารเบตาเลนระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ปลาทองโดยให้อาหารผสมสารเบตาเลนจากบีทรูทระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารในแต่ละการทดลองพบว่า ค่ามุมสีบริเวณลำตัวของปลาทองเท่ากับ 70.52±0.89, 63.00±3.02, 62.08±0.93, 56.69±6.97 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า ค่ามุมสีปลาทองที่ให้อาหารผสมสารเบตาเลนระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารกับค่ามุมสีปลาทองที่ให้อาหารผสมสารเบตาเลนระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่** 3 ค่ามุมสี (H°) บนลำตัวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

| ความเข้มข้นเบตาเลน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) | ค่ามุมสี (Hue angle; H°) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สัปดาห์ที่ 0 | สัปดาห์ที่ 2 | สัปดาห์ที่ 4 | สัปดาห์ที่ 6 | สัปดาห์ที่ 8 |
| 0 | 69.67±0.00$^{a}$ | 69.16±2.42$^{a}$ | 69.29±1.92$^{a}$ | 69.61±1.12$^{b}$ | 70.52±0.89$^{b}$ |
| 20 | 69.67±0.00$^{a}$ | 66.46±2.40$^{a}$ | 67.01±0.92$^{a}$ | 64.88±0.63$^{a}$ | 63.00±3.02$^{ab}$ |
| 40 | 69.67±0.00$^{a}$ | 64.34±0.89$^{a}$ | 67.22±1.55$^{a}$ | 64.41±0.35$^{a}$ | 62.08±0.93$^{ab}$ |
| 60 | 69.67±0.00$^{a}$ | 63.84±0.94$^{a}$ | 67.32±1.43$^{a}$ | 61.13±2.26$^{a}$ | 56.69±6.97$^{a}$ |

*อักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ภาพที่** 4 เปรียบเทียบสีผิวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดย A, B, C และ D แทนปลาที่ได้รับอาหารผสมสารเบตาเลน 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ

จากผลการทดลองการศึกษาเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารที่เสริมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่ามุมสีน้อยที่สุด คือ 56.69±6.97 (มีสีแดงดีที่สุด) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ (Phumjun and Laohavisuti, 2007) ทดลองเลี้ยงปลา red platy ที่ให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของที่ 0, 15, 22.5, 30, 37.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าค่ามุมสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้นของสารเบตาเลนที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ระดับความเข้มข้นสารเบตาเลนที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มสีใน red platy คือ 37.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมและยังสอดคล้องกับ (ธนากร, 2550) ทำการทดลองการใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อเร่งสีปลาหมอมาลาวีทอง โดยใช้อาหารทีมีส่วนผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์พบว่า ปลาหมอมาลาวีที่ให้อาหารที่เสริมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มสีแดงบริเวณลำตัว (a*) มากที่สุด คือ 6.95±0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปผลการทดลอง**

จากการทดลองเลี้ยงปลาทองโดยให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าระดับความเข้มข้นของสารเบตาเลนที่ผสมในอาหารที่ต่างกันไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอด ($P>0.05$) ของปลาทอง แต่ค่ามุมสีเฉลี่ยบริเวณลำตัวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากบีทรูทที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยค่ามุมสีบริเวณลำตัวปลาทองของอาหารที่ผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่ามุมสีที่น้อยที่สุด คือ 56.69±6.97 (มีค่าสีแดงดีที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


## เอกสารอ้างอิง

ธนาการ แก้วละเอียด. 2550. ปัญหาพิเศษเรื่อง การใช้สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลาหมอมาลาวีทอง (*Aulonacara* sp.). ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ.

พัฒน์ พิชาน. 2546. เทคนิคการเลี้ยงและดูลักษณะปลาทอง. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท จุฬิตัส จำกัด. กรุงเทพฯ. 128น.

วีรศักดิ์ สามี. 2005. แคโรทีนอยด์: โครงสร้างทางเคมีและกลไกที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของร่างกาย. Pharmaceutical Sciences Vol.10 No.1 หน้า 58-65.

อัจฉรี เรืองเดช, ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซนทิน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 หน้า 290-295.

อิทธิพร จันทร์เพ็ญ. 2531. การเพาะเลี้ยงปลาสวยงามน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ซ่อนนนทรีย์. กรุงเทพฯ. 92น.

Chatzifotis S., M. Pavlidis., C. D. Jimeno., G. Vardanis., A. Sterioti and P. Divanach. 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of culture red porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture Research 36:1517-1525.

Doolan B.J., G. L. Allan., M. A. Booth and P. L. Jones. 2008. Effect of carotenoids and background colour on the skin pigmentation of Australian snapper *Pagrus auratus* ( Bloch& Schneider, 1801). Aquaculture Research. 39:1423-1433.

Doolan B.J., M. A. Booth., G. L. Allan and P. L. Jones. 2009. Effect of dietary astaxanthin concentration and feeding period on the skin pigmentation of Australian snapper *Pagrus auratus* ( Bloch& Schneider, 1801). Aquaculture Research. 40:60-68.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104628

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

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.

Harpaz S., M. Rise., S. (Malis) Arad and N. Gur. 1998. The carotenoid sources on growth and pigmentation of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture Nutrition. 4:201-208.

Kodric-Brown A. 1989. Dietary carotenoids and male mating success in the guppy: an Environmental component to female choice. Behav Ecol Sociobiol. 25:393-401.

Moreno D. A., C. Garcia-Viguera., J. I.Gil and A. Gil-Izquierdo. 2008. Betalains in the ear of global agri-food science, technology and nutritional health. Phytochem Rev. 7:261-280.

Phumjan L. and N. Loahavisuti. 2007. Batalain extraction from Peeled Dragon Fruit for enchacing color in red platy (*Xiphpphorus maculatus*). International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development 26-27 April. 490-493.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

**ตารางผนวกที่ 1** ค่ามุมสี (H°) ของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน

| ชุดการทดลอง | ค่ามุมสี (Hue angle;H°) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| T1R1 | 69.67 | 71.95 | 67.63 | 69.39 | 69.03 |
| T1R2 | 69.67 | 71.21 | 67.12 | 67.79 | 72.13 |
| T1R3 | 69.67 | 64.32 | 66.5 | 71.67 | 70.41 |
| T1R4 | 69.67 | 67.45 | 68.40 | 69.58 | 71.76 |
| T2R1 | 69.67 | 67.79 | 68.51 | 63.34 | 63.66 |
| T2R2 | 69.67 | 60.8 | 65.94 | 65.16 | 49.72 |
| T2R3 | 69.67 | 72.01 | 68.66 | 64.64 | 65.34 |
| T2R4 | 69.67 | 64.21 | 64.95 | 66.41 | 62.36 |
| T3R1 | 69.67 | 65.75 | 70.01 | 65.36 | 55.03 |
| T3R2 | 69.67 | 65.84 | 64.64 | 64.32 | 61.73 |
| T3R3 | 69.67 | 62.11 | 67.03 | 64.32 | 68.66 |
| T3R4 | 69.67 | 63.66 | 68.35 | 63.66 | 66.59 |
| T4R1 | 69.67 | 65.65 | 69.74 | 64.64 | 61.47 |
| T4R2 | 69.67 | 64.43 | 67.79 | 63.77 | 64.85 |
| T4R3 | 69.67 | 61.21 | 63.2 | 61.47 | 60.8 |
| T4R4 | 69.67 | 64.1 | 68.58 | 54.65 | 61.21 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่** 2 น้ำหนักของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน

| ชุดการทดลอง | น้ำหนักในแต่ละสัปดาห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| T1R1 | 6.40 | 6.44 | 8.68 | 12.00 | 12.21 |
| T1R2 | 7.13 | 7.51 | 9.45 | 12.81 | 14.19 |
| T1R3 | 5.44 | 7.66 | 9.68 | 10.92 | 10.53 |
| T1R4 | 6.11 | 7.16 | 9.87 | 12.60 | 12.86 |
| T2R1 | 6.33 | 7.50 | 9.40 | 12.43 | 13.56 |
| T2R2 | 6.96 | 7.83 | 9.56 | 12.29 | 12.89 |
| T2R3 | 6.10 | 7.24 | 10.12 | 14.83 | 15.27 |
| T2R4 | 6.30 | 7.39 | 10.28 | 12.70 | 12.12 |
| T3R1 | 6.54 | 7.46 | 10.00 | 12.84 | 15.37 |
| T3R2 | 5.99 | 7.79 | 10.64 | 13.21 | 14.49 |
| T3R3 | 6.22 | 8.14 | 9.34 | 13.08 | 13.13 |
| T3R4 | 6.15 | 7.98 | 10.60 | 12.09 | 14.12 |
| T4R1 | 6.53 | 7.66 | 10.00 | 11.76 | 12.98 |
| T4R2 | 6.18 | 7.60 | 11.16 | 11.57 | 11.52 |
| T4R3 | 6.18 | 8.25 | 10.88 | 13.75 | 14.81 |
| T4R4 | 5.71 | 8.12 | 9.73 | 11.31 | 13.45 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่** 3 ความยาวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนที่ความเข้มข้นในระดับต่างกัน

| ชุดการทดลอง | ความยาวในแต่ละสัปดาห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| T1R1 | 3.43 | 3.63 | 4.15 | 4.28 | 4.98 |
| T1R2 | 3.53 | 3.48 | 3.63 | 4.38 | 4.93 |
| T1R3 | 3.08 | 3.45 | 3.63 | 4.10 | 4.48 |
| T1R4 | 3.10 | 3.23 | 4.13 | 4.23 | 4.68 |
| T2R1 | 3.40 | 3.43 | 3.68 | 4.10 | 4.85 |
| T2R2 | 3.45 | 3.63 | 3.80 | 4.13 | 4.80 |
| T2R3 | 2.95 | 3.40 | 3.78 | 4.40 | 5.00 |
| T2R4 | 3.15 | 3.65 | 3.85 | 4.43 | 4.73 |
| T3R1 | 3.17 | 3.65 | 3.93 | 4.33 | 4.93 |
| T3R2 | 3.13 | 3.65 | 3.95 | 4.45 | 4.78 |
| T3R3 | 3.20 | 3.50 | 3.93 | 4.33 | 4.83 |
| T3R4 | 3.00 | 3.55 | 4.07 | 3.90 | 4.98 |
| T4R1 | 3.00 | 3.28 | 3.85 | 3.78 | 4.58 |
| T4R2 | 3.00 | 3.43 | 4.00 | 3.98 | 4.45 |
| T4R3 | 3.00 | 3.65 | 3.90 | 4.38 | 4.68 |
| T4R4 | 2.78 | 3.40 | 3.68 | 4.03 | 4.68 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้