รายงานการวิจัย

เรื่อง

การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร เพื่อเร่งสีในปลาหมอม้าลายเผือก

Betalain extracts from dragon fruit as enhance color in white convict cichlid (*Cryptoheros nigrofasciatus*)

โดย

รศ.ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

นางสาวลำพึง พุ่มจันทร์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
QK
495
.C11
ว1397ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....108254
วัน,เดือน,ปี.....18 ธ.ค. 2553

ได้รับทุนวิจัยจากรายได้ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.18155719
i.

การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อเร่งสีในปลาหมอม้าลายเผือก

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ ลำพึง พุ่มจันทร์

บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลาสวยงามในกลุ่มปลาหมอสีพบว่า การเพิ่มมูลค่าส่วนหนึ่งมาจากการปรากฏของสีที่ชัดเจน ปลาหมอคอนวิคเผือกเป็นปลาที่มีสีขาวในตัวผู้ แต่ตัวเมียจะพบสีเหลืองหรือส้มที่บริเวณท้องและครีบหลัง ซึ่งการเสริมอาหารที่มีสารสีน่าจะกระตุ้นให้ปลามีสีสันที่ชัดเจนมากขึ้น การทดลองนี้ได้เลือกสารเบตาเลนที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์จากเปลือกผลของแก้วมังกรที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกต่อสารสกัด นำมาฉีดเคลือบอาหารเลี้ยงปลาหมอเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาหมอคอนวิคเผือกที่ให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลทำให้สีของปลาหมอคอนวิคเผือกมีสีเข้มขึ้น แม้ว่าจะทดลองในระยะเวลาที่นานขึ้นเป็น 16 สัปดาห์ หรือใช้ร่วมกับอาหารเสริมแอสตาแซนทิน จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนสีของปลาหมอคอนวิคเผือกไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยอาหาร

คำสำคัญ : ปลาหมอม้าลายเผือก, สารเบตาเลน, ผลแก้วมังกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Betalain extracts of Dragon fruit as enhance color in white convict cichlid (*Cryptoheros nigrofasciatus*)

Nongnuch Laohavisuti and Lamphung Phumjan

Abstract

Ornamental cichlid with bright color exhibited more attractive and high valuable than the pale one. The convict cichlid albino (*Cryptoheros nigrofasciatus*) male showed leucistic coloration while female have pink to orange coloration in the ventral region and on the dorsal fin. There is potential for enhancing the fish color by using dietary pigments. This study we used betalain extracted from dragon fruit peel in the fractionate 0, 10, 20, 30, 40 and 50 % ethanol extract (W/V), then sprayed on fish feed. We studied the effect of dietary pigment on skin pigmentation for 8 weeks. The result of betalain coated diet showed no affect on skin color although we prolonged the feeding period to 16 weeks or additional of synthetic astaxanthin. This investigation showed that the color of convict cichlid albino was difficult to differentiate via feed.

Keywords : convict cichlid albino, *Cryptoheros nigrofasciatus*, betalain, dragon fruit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญภาพ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	6
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	8
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	14
เอกสารอ้างอิง	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ	8
2	ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน	10
3	ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน	11
4	ค่าความสว่างบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน	12
5	ค่าความเข้มสีบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลา 16 สัปดาห์	12

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของผลแก้วมังกร	3
2	โครงสร้างทางเคมี : (a) เบตาแซนธิน (b) กรดเบตาลามิค และ (c) เบตาไซยานิน	5
3	สีผิวปลาหมอม้าลายเผือกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 คำนำ

ปลาหมอม้าลายเผือก หรือปลาหมอม้าลายเผือก (*Cryptoheros nigrofasciatus*) ชื่อสามัญว่า Convict cichlid albino อยู่ในครอบครัว Cichlidae มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก ปลาหมอม้าลายเผือกตัวผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าตัวเมีย โดยเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร และจะมีโหนกบริเวณส่วนหัว สีลำตัวเป็นสีขาว ส่วนตัวเมียจะมีขนาดเล็กกว่า และไม่มีโหนก สีลำตัวเป็นสีขาวแต่บริเวณส่วนท้องจะมีสีเหลืองและจะเป็นสีส้มเมื่ออยู่ในช่วงผสมพันธุ์ ซึ่งลักษณะความชัดเจนของสีบนตัวปลาเป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับปลาหมอม้าลาย ด้วยเหตุนี้ผู้เลี้ยงปลาจึงนิยมเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มีสารเพิ่มสี เช่น สาหร่ายสไปรูลิน่า หรือ แอสตาแซนทิน (Paripatananont, 1999) แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในกลุ่มเบตาเลนยังไม่มีการศึกษามากนัก สารกลุ่มเบตาเลนประกอบด้วยรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เบตาไซยานิน และเบตาแซนธิน (Gibson and Nobel, 1986) โดยสารเบตาเลนสามารถพบได้มากในเปลือกแก้วมังกร (Stintzing, 2002) ดังนั้นการศึกษาถึงการใช้สารเบตาเลนผสมในอาหารปลาน่าจะมีประโยชน์ในการนำมาใช้ปรับปรุงพัฒนาการเลี้ยงและเพิ่มคุณภาพของปลาหมอม้าลายโดยใช้วัสดุเหลือใช้ตามธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้

วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดเบตาเลนที่เหมาะสมในการเร่งสีของปลาหมอม้าลายเผือก

1.2 เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของสารสกัดเบตาเลนที่เหมาะสมในการเร่งสีของปลาหมอม้าลายเผือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 ปลาหมอม้าลายเผือก

ปลาหมอม้าลายเผือก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cryptoheros nigrofasciatus* ชื่อสามัญ Convict cichlid albino อยู่ในครอบครัว Cichlidae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลาง บริเวณพื้นที่ลาดไปยังมหาสมุทรแปซิฟิกจากประเทศกัวเตมาลาถึงประเทศคอสตาริกา และบริเวณพื้นที่ลาดไปยังมหาสมุทรแอตแลนติกจากประเทศฮอนดูรัสถึงประเทศปานามา ปลาหมอม้าลายเผือกตัวผู้มีขนาดใหญ่กว่าตัวเมีย และเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร และมีโหนกบริเวณส่วนหัว สีลำตัวเป็นสีขาว ส่วนตัวเมียมีขนาดเล็กกว่า และไม่มีโหนก สีลำตัวเป็นสีขาวแต่บริเวณส่วนท้องจะมีสีเหลืองและจะเป็นสีส้มเมื่ออยู่ในช่วงผสมพันธุ์ ปลาหมอม้าลายเผือกมีอุปนิสัยดุร้าย ก้าวร้าว และหวงถิ่นที่อยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงผสมพันธุ์ โดยปลาหมอม้าลายเผือกสามารถต่อสู้กับปลาที่มีขนาดใหญ่กว่าประมาณ 8-10 เท่า อาหารของปลาหมอม้าลาย ได้แก่ หนอน ไส้เดือน หรือ ซากพืช สำหรับการแพร่พันธุ์ของปลาหมอม้าลายเผือกนั้น ปลาตัวผู้จะจับคู่กับปลาตัวเมียเอง หลังจากนั้นปลาตัวเมียวางไข่ ครั้งละ 100-200 ฟองและพ่อแม่พันธุ์ดูแลไข่จนกว่าจะฟักเป็นตัว
(http://www.thetropicaltank.co.uk/Fishindx/convict.htm)

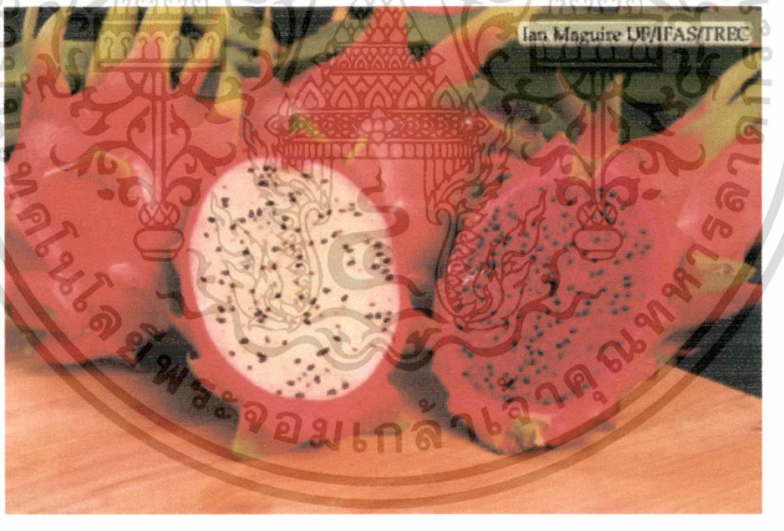
2.2 แก้วมังกร

ต้นแก้วมังกรเป็นพืชในวงศ์ Cactaceae สกุล *Hylocereus* เป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย มีความยาวลำต้น 5 เมตร หรือยาวกว่า รากมี 2 กลุ่ม คือรากในดินและรากในอากาศ ลำต้นมักจะเป็น 3 แฉก หรือเหลี่ยม เป็นข้อสีเขียว หรือเทาอมน้ำเงิน ขอบลำต้นมักจะแข็ง ตามขอบเป็นหยัก ซึ่งมีโหนกและที่โคนโหนกจะมีแอ่ง และมีหนามสั้น กรณีที่ไม่มีหนามเป็นปรากฏการณ์ซึ่งเกิดน้อยมาก สกุลนี้มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง เช่น เวสท์อินดีส โคลัมเบีย กัวเตมาลา และเวเนซูเอล่า (สุรพงษ์, 2545) ในเวียดนามมีชาวฝรั่งเศสนำแก้วมังกรเข้ามาได้ประมาณ 100 ปี จนชาวเวียดนามจำนวนมากถือว่าเป็นต้นไม้ท้องถิ่นและมีการปลูกกันมากแถบชายฝั่งตะวันออก โดยปลูกเป็นผลไม้หลังบ้าน และปลูกเป็นเชิงพาณิชย์ ท้องถิ่นที่ปลูกกันมากคือเรียบชายฝั่งจากนาตรัง ทางตอนเหนือลงไปทางใต้คือกรุงโฮจิมินห์ (Mizrahi *et. al.*, 1997) สำหรับในประเทศไทยพบว่า มีผู้นำเข้ามาปลูกเป็นเวลามากกว่ากึ่งศตวรรษ มีผู้พบต้นพืชประเภทนี้ในธรรมชาติซึ่งเป็นต้นไม้ท้องถิ่นในท้องถิ่นต่างๆ กัน เช่น ที่หุบบอน ชลบุรี พนมทวน กาญจนบุรี มวกเหล็ก สระบุรี และสมุทรสงคราม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้วมังกรในสกุลนี้มีทั้งหมด 18 ชนิด ซึ่งชนิดที่นำมาใช้ในการทดลองปัญหาพิเศษครั้งนี้ คือ แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ คือ *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. and Rose มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาเขตร้อน ลำต้นเป็นท่อนๆ หรือข้อยาวสีเขียว มี 3 แฉกเป็นส่วนใหญ่ ลำต้นมีขนาดใหญ่ 4.0-7.5 เซนติเมตร สันของแฉกแข็งและเป็นหยัก ระหว่างหยักห่างกัน 3-6 เซนติเมตร ตรงหยักมีโหนก ส่วนโคนโหนกของหยักเป็นแอ่งและมีกลุ่มปุยขนสีขาวล้อมรอบหนามแข็งและแหลม ซึ่งเป็นรูปกรวยสีน้ำตาลเทาขนาดเล็ก โดยแต่ละหนามยาว 3-6 มิลลิเมตร ที่จุดเกิดหนามทำหน้าที่คล้ายตาข้าง มีคุณสมบัติของเนื้อเยื่อเจริญ นอกจากให้กำเนิดหนามแล้วยังให้กำเนิดดอกและกิ่งใหม่ได้

ผลของแก้วมังกรมีลักษณะกลมรี หรือรูปไข่ ผิวสีแดงบานเย็น บางส่วนปกคลุมด้วยกลีบผลสีเขียวเรียวยาว 2.5 เซนติเมตร เนื้อมีสีขาวคล้ายไอติมกะทิ ในเนื้อผลมีเมล็ดซึ่งดูคล้ายงา หรือแมงลักฝังกระจายอยู่ทั่วไป ผลอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ถึง 12 เซนติเมตร พบในอเมริกาเขตร้อน และปลูกกันในเขตร้อนเพื่อกินผล (สุรพงษ์, 2545)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผลแก้วมังกร

ที่มา : http://tfphotos.ifas.ufl.edu/images-1-14-04/Dragon-fruit-3.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลแก้วมังกรมีคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่างๆมากมาย นอกจากนี้ มีรายงานกล่าวว่า ได้มีการใช้ ลำต้น ดอก และผล ของพืชพวกกระบองเพชร ซึ่งมีคุณสมบัติทางยาแต่ไม่ใช่ยา เช่น การบริโภคโนปาลลิโต้ (ใบกระบองเพชรพวกต้นเสมา) ช่วยปรับปรุงการควบคุมน้ำตาลกลูโคสในคนที่เป็นเบาหวาน โดยไม่พึ่งอินซูลิน ทั้งนี้สามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคส และเพิ่มฤทธิ์ของอินซูลินภายใต้ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง สามารถลดระดับตรัยกลีเซอไรด์และโคเลสเทอรอลทั้งหมด โดยเน้นการลดไลโปโปรทีน-โคเลสเทอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำในเลือดได้ (Mizrahi et. al, 1997)

2.3 สารเบตาเลน (Betalain)

เบตาเลนเป็นกลุ่มของสารประกอบที่อยู่ในรงควัตถุของพืช ซึ่งเป็นสารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำให้พืชมีสีที่แตกต่างกัน มีสูตรโครงสร้างหลักคือ 1,7-Diazoheptamethin ซึ่งหมู่ R และ R' ที่เปลี่ยนไปจะเป็นตัวกำหนดชนิดสีที่แตกต่างกัน เกิดจากคุณสมบัติการเรโซแนนซ์ (resonance) ของโครงสร้างของโมเลกุลเบตาเลน (ภาพที่ 2)

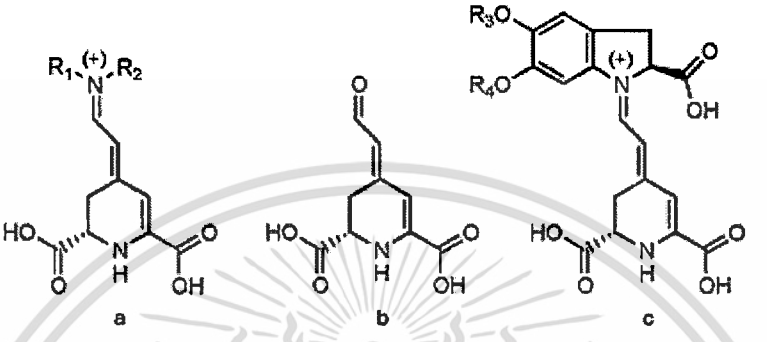
กลไกปฏิกิริยาในการสังเคราะห์เบตาเลน เริ่มจากกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) เป็นตัวตั้งต้นของปฏิกิริยา ซึ่งจะไฮโดไลส์โดยเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ให้ 3,4-dihydroxyphenyalanine เอนไซม์ชนิดนี้ยังรวมตัวกับ cyclo-DOPA โดยโดป้าควิโนน (dopaquinone) โครงสร้างที่เป็นวงแหวนของ DOPA พันธะที่ 4,5 จะแตกออกได้สารตัวกลาง คือ seco-DOPA แต่ seco-DOPA นั้นไม่เสถียร จึงมีการจัดเรียงตัวใหม่จะได้กรดเบตาลามิค (betalamic acid) ซึ่งเป็นสารที่ให้สีในเบตาเลน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์ DOPA-4,5-dioxygenase เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยานี้

จากนั้นกรดเบตาลามิคสามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนทั้งที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีน ให้สารประกอบสีเหลือง เรียกว่า เบตาแซนธิน (Betaxanthins) หรือรวมตัวกับ cyclo-DOPA ให้สารสีม่วงแดง เรียกว่า เบตาไซยานิน และจะมีปฏิกิริยาไกลโคไซต์เกิดขึ้นหลังกระบวนการนี้ จากกลไกของปฏิกิริยาการสังเคราะห์เบตาเลนนี้ จึงสามารถจำแนกเบตาเลนออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.3.1 เบตาแซนธิน เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง เกิดจากกรดเบตาลามิครวมตัวกับกรดอะมิโนที่เป็นโปรตีน และกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่กรดเบตาลามิคจะไม่ไปรวมตัวกับกรดอะมิโนทั้งหมด เนื่องจากถูกเอนไซม์ในพืชยับยั้งการรวมตัวกันของสารประกอบนี้ สารประกอบชนิดนี้จึงมีอยู่ในพืชแต่ล่ะชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบและการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันในพืชชนิดต่างๆ รงควัตถุเบตาแซนธินจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 480 นาโนเมตร นอกจากนี้โครงสร้างที่เกิดขึ้นของเบตาแซนธิน ไม่สามารถเกิดการเรโซแนนซ์ (resonance) ได้ (Piattelli, 1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เบตาไซยานิน เกิดจากการรวมตัวระหว่างกรดเบตาลามิค และ cyclo-DOPA (Sigrid and Linnea, 2005) ให้สารประกอบที่มีสีม่วงแดง ซึ่งจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 536 นาโนเมตร (Piattelli, 1981)



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมี : (a) เบตาแซนธิน (b) กรดเบตาลามิค และ (c) เบตาไซยานิน
ที่มา : Gandia et al. (2005)

สำหรับพืชที่อยู่ในวงศ์ Cactaceae ซึ่งเป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย (Cacti) มีรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เบตาไซยานิน และเบตาแซนธิน (Gibson and Nobel, 1986) องค์ประกอบของเบตาเลนในสารสกัดจากเนื้อและเปลือกผลแก้วมังกรพันธุ์ *Hylocereus costaricensis* (Weber) Britt. and Rose (เนื้อและเปลือกมีสีแดง) ที่สกัดด้วยเอทานอล มีองค์ประกอบที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีเบตาไซยานินหลายชนิด ซึ่งทุกชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นเดียวกัน คือ 536 นาโนเมตร ดังนั้นเบตาไซยานินชนิดต่างกันจึงไม่มีผลต่อค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุด (Stintzing et al., 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ที่ระดับเบตาเลน 6 ระดับ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดพื้นฐาน (ไม่ได้เสริมเบตาเลน)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดพื้นฐานที่เสริมสารสีธรรมชาติจากเปลือกผลแก้วมังกรสด 10 %

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดพื้นฐานที่เสริมสารสีธรรมชาติจากเปลือกผลแก้วมังกรสด 20 %

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดพื้นฐานที่เสริมสารสีธรรมชาติจากเปลือกผลแก้วมังกรสด 30 %

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดพื้นฐานที่เสริมสารสีธรรมชาติจากเปลือกผลแก้วมังกรสด 40 %

ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดพื้นฐานที่เสริมสารสีธรรมชาติจากเปลือกผลแก้วมังกรสด 50 %

3.2 การเตรียมการทดลอง

3.2.1 การเตรียมปลาทดลอง

นำปลาหมอม้าลายเผือก (*Archocentrus nigrofasciatus*) ขนาดประมาณ 1-2 กรัม มาพักไว้ในถังพลาสติกเพื่อให้ปลามีสุขภาพแข็งแรง และปรับสภาพเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ โดยให้อาหารเม็ดวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) นานประมาณ 2 สัปดาห์ ชั่งน้ำหนักก่อนนำปลาหมอม้าลายเผือกดังกล่าวมาทำการทดลอง

3.2.2 การเตรียมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

คัดเลือกผลแก้วมังกรสดที่มีลักษณะภายนอกที่ดี ผิวเรียบมีสีแดงสดไม่มีรอยแตกและกลีบเลี้ยงมีสีเขียวสดยังไม่เหี่ยว นำมาล้างทำความสะอาด ตัดส่วนของกลีบเลี้ยง ขั้วบริเวณส่วนหัวส่วนท้าย และส่วนที่เป็นตำหนิออก ผ่าผลแก้วมังกรตามยาวออกเป็น 4 ส่วน ลอกเปลือกออกและขูดเนื้อที่ติดอยู่บริเวณเปลือกด้านในออก นำเปลือกแก้วมังกรที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ นำไปสกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ใส่เปลือกแก้วมังกรและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ในเครื่องปั่นอาหาร ปริมาณต่างๆ ตามชุดการทดลองที่กำหนด คือ น้ำหนักเปลือกแก้วมังกรสด 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที กรองเอาส่วนที่เหลือออกด้วยผ้าขาวบาง นำกากไปปั่นซ้ำจนกากที่เหลือไม่มีสี นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่องวัดความยาวคลื่นแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร (Forni *et. al.*, 1992) เพื่อคำนวณหาปริมาณเบตาเลนที่ได้จากการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.3 การเตรียมอาหาร

นำอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลา มาทำการฉีดพ่นด้วยสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสดผึ่งอาหารให้แห้งในตู้มืดเพื่อให้เอทานอลระเหยออกให้หมดเมื่ออาหารแห้ง ฉีดพ่นด้วยน้ำแป้งอีกครั้ง ในอัตราส่วน แป้งมัน 1.5 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันไม่ให้สารเบตาเลนละลายน้ำ ผึ่งให้แห้งอีกครั้งเมื่ออาหารแห้งดีแล้ว ห่อด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยด์ และนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปใช้ต่อไป (Casteller *et. al.*, 2003)

3.3 การดำเนินการทดลอง

เลี้ยงปลาหมอม้าลายในถังพลาสติกขนาด 42x55x27 เซนติเมตร 18 ถัง ถังละ 20 ตัว เติมน้ำสูง 20 เซนติเมตร และให้ออกซิเจนเท่า ๆ กัน ให้อาหารปลาในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน โดยให้วันละ 2 ครั้ง เวลาประมาณ 9.00 น. และ 16.00 น. ของทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 2 วัน

3.4 การเก็บข้อมูล

3.4.1 วัดการเจริญเติบโตของปลา โดยการชั่งน้ำหนักก่อนทำการทดลองและวัดทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์

3.4.2การวัดสีผิวบริเวณลำตัวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300 โดยอ่านค่าในระบบ CIE L*a*b โดยทำการวัดสีก่อนทำการทดลองและวัดทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโตและค่าการวัดสี ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple's rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

108254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของเบตาเลนต่ออัตรารอดและการเจริญเติบโตของปลาหมอม้าลายเผือก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอด ของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 1)

หลังจาก 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 1.75±0.64, 1.72±0.51, 1.78±0.73, 1.68±0.55, 1.78±0.82 และ 1.73±0.59 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.23±0.70, 0.19±0.91, 0.25±0.84, 0.22±0.62, 0.27±0.92 และ 0.24±0.55 กรัม ตามลำดับ อัตราแลกเนื้อของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3.56±0.78, 3.15±0.97, 3.84±0.64, 3.22±1.23, 3.51±0.52 และ 3.45±0.59 ตามลำดับ อัตรารอดของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 93.33±0.33, 90.00±0.33, 86.67±0.33, 93.33±0.33, 86.67±0.67 และ 93.33±0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ

อาหารผสมเบตาเลน (%)	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม)	อัตราแลกเนื้อ	อัตรารอด (%)
0	1.52±0.58[a]	1.75±0.64[a]	0.23±0.70[a]	3.56±0.78[a]	93.33±0.33[a]
10	1.55±0.97[a]	1.72±0.51[a]	0.19±0.91[a]	3.15±0.97[a]	90.00±0.33[a]
20	1.60±0.64[a]	1.78±0.73[a]	0.25±0.84[a]	3.84±0.64[a]	86.67±0.33[a]
30	1.49±0.71[a]	1.68±0.55[a]	0.22±0.62[a]	3.22±1.23[a]	93.33±0.33[a]
40	1.61±0.52[a]	1.78±0.82[a]	0.27±0.92[a]	3.51±0.52[a]	86.67±0.67[a]
50	1.58±0.78[a]	1.73±0.59[a]	0.24±0.55[a]	3.45±0.59[a]	93.33±0.33[a]

*ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของของเบตาเลนต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก

จากการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณลำตัวด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300 ซึ่งอ่านค่าในระบบ CIE L*a*b ทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์ โดยค่า L คือ ค่าความสว่าง ค่า a คือ ค่าความเข้มของสีแดง และค่า b คือ ค่าความเข้มของสีเหลือง

4.2.1 ค่าความเข้มของสีแดง (a) บริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก

ผลของค่าความเข้มของสีแดงบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 2)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 30 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีแดงสูงสุด คือ 4.40±0.41 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 10, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีแดงสูงสุด คือ 3.53±0.27 และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีแดงในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีแดงสูงสุด คือ 2.00±0.22 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.2 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b) บริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก

ผลของค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3)

ในสัปดาห์ที่ 4 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีเหลืองสูงสุด คือ 9.41±0.54 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน

อาหารผสม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
เบตาเลน (%)	0	2	4	6	8
0	0.77±0.32^{a}	1.12±0.67^{a}	3.05±0.77^{bc}	1.59±0.41^{a}	1.03±0.30^{a}
10	0.09±0.13^{a}	2.06±0.55^{a}	1.29±0.34^{a}	0.79±0.21^{a}	0.71±0.09^{a}
20	0.28±0.24^{a}	1.01±0.24^{a}	2.91±0.79^{abc}	0.95±0.26^{a}	1.21±0.38^{ab}
30	0.51±0.27^{a}	1.08±0.75^{a}	4.40±0.41^{c}	1.68±0.73^{a}	1.46±0.34^{ab}
40	0.52±0.24^{a}	0.82±0.16^{a}	1.51±0.21^{ab}	1.73±0.48^{a}	1.54±0.24^{ab}
50	0.31±0.28^{a}	2.17±0.29^{a}	1.88±0.28^{ab}	3.53±0.27^{b}	2.00±0.22^{b}

*ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีเหลืองสูงสุด คือ 7.81±0.34 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความเข้มของสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีเหลืองสูงสุด คือ 7.05±0.65 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มของสีเหลืองบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน

อาหารผสมเบตาเลน (%)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	5.09±0.69[a]	7.62±0.80[a]	8.01±0.51[ab]	6.43±0.97[b]	5.77±0.96[ab]
10	4.29±0.46[a]	7.85±1.37[a]	6.47±0.75[a]	4.37±0.48[a]	4.59±0.69[a]
20	4.81±0.73[a]	7.29±0.92[a]	8.36±0.77[ab]	6.72±0.71[b]	5.66±0.75[ab]
30	3.85±1.00[a]	9.87±0.56[a]	7.02±1.00[a]	7.35±0.47[b]	6.54±0.82[ab]
40	5.32±1.13[a]	7.49±0.99[a]	7.36±0.25[ab]	7.71±0.72[b]	7.05±0.65[b]
50	5.98±0.44[a]	9.44±1.22[a]	9.41±0.54[b]	7.81±0.34[b]	6.72±0.50[ab]

*ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.2.3 ค่าความสว่าง (L) บริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก

ผลของค่าความสว่างบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4)

ในสัปดาห์ที่ 6 ทำการวัดค่าความสว่างในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 20 เปอร์เซ็นต์ มีความสว่างสูงสุด คือ 64.82±1.31 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 10, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดค่าความสว่างในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 10 เปอร์เซ็นต์ มีความสว่างสูงสุด คือ 64.13±0.94 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 0, 20, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ให้อาหารผสมเบตาเลน 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าความสว่างบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน

อาหารผสม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
เบตาเลน (%)	0	2	4	6	8
0	66.18±0.84[a]	70.60±2.29[a]	61.50±1.81[a]	63.36±1.47[b]	62.76±1.23[b]
10	65.60±0.77[a]	74.07±2.41[a]	62.38±1.83[a]	61.98±1.62[ab]	64.13±0.94[b]
20	67.13±1.02[a]	73.18±2.15[a]	61.22±0.93[a]	64.82±1.31[b]	63.50±1.33[b]
30	65.24±0.61[a]	69.69±1.46[a]	59.72±1.41[a]	61.66±1.26[ab]	58.64±1.16[a]
40	68.06±0.69[a]	72.47±1.86[a]	60.07±0.98[a]	60.99±1.25[ab]	60.62±1.52[ab]
50	65.40±1.14[a]	75.50±1.89[a]	63.84±1.07[a]	57.97±0.40[a]	61.13±1.42[ab]

*ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ภาพที่ 3 สีผิวปลาหมอม้าลายเผือกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การให้อาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลทำให้สีของปลาหมอม้าลายเผือกมีสีแดงเข้มขึ้นอย่างปรากฏชัด แม้ว่าจะมีแนวโน้มแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปลาหมอม้าลายเผือกเป็นปลาเผือก มีลักษณะสีบริเวณลำตัวเป็นสีขาวทำให้ไม่สามารถสะสมสารเบตาเลน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีม่วงแดงจากเปลือกแก้วมังกรไว้บริเวณกล้ามเนื้อและผิวได้ แม้ว่าผลการทดลองการใช้สารเบตาเลนกับปลากุหลาบแดงจะช่วยให้สีแดงของปลากุหลาบแดงปรากฏความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน (Lamphung and Laohavisuti, 2007) แต่ปลาหมอม้าลายเผือกกพบความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการปรากฏของสีเผือกบนตัวปลามาจากเม็ดสีชื่อเออริโดฟอร์ (iridophore) ที่เป็นตัวแสดงออกของความสว่างของ พิวรีน แต่เม็ดสีที่ทำให้ปรากฏเป็นสีแดงคืออีริโทรฟอร์ (erythrophore) (Neri and Castrucci, 1997) ซึ่งปลาเผือกจะขาดเม็ดสีชนิดนี้ ดังนั้นการเสริมสารสีลงไปจึงไม่สามารถทำให้ปลามีสีเกิดขึ้นได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผล

น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอด ของปลาหมอม้าลายเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลของค่าความเข้มของสีแดง สีเหลืองและค่าความสว่างบริเวณลำตัวของปลาหมอม้าลายเผือกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยที่แตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2545. แก้วมังกร พืชเศรษฐกิจ ผลไม้เพื่อสุขภาพ. สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

Castellar, R., J.M. Obon, M. Alacid, J.A. Fernandez-Lopez. 2003. Color properties and stability of betacyanins from Opuntia fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51 : 2772-2776.

Forni, E., A. Polesello and A. Maestrelli. 1992. HPLC analysis the pigment of blood-red prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). Journal of Chromatography. 593 : 177-183.

Gandia-Herrero, F., F. Garcia-Carmona, and J. Escribano. 2005. Fluorescent pigments : New perspectives in betalain research and applications. Food Research International. 38 : 879-884.

Gibson, A.C. and P.S. Nobel. 1986. The cactus primer Harvard University Press, Cambridge.

Neri, L.E.M. and A.M.L. Castrucci. 1997. Pigment cell signaling for physiological color change. Comp. Biochem. Physiol. 118A: 1135-1144.

Paripatananont, T. 1999. Effect of astaxanthin on the pigmentation of goldfish Carassius auratus. Journal of the World Aquaculture Society 30(4): 454-459.

Piatteli, M. 1981. The betalains: Structure, biosynthesis and chemical taxonomy. The Biochemistry of Plants. 7 : 557-573.

Phumjan, L. and N. Laohavisuti. 2007. Betalain extraction from peeled dragon fruit for enhancing color in red platy (*Xiphophorus maculatus*). International conference on integration of science and technology for sustainable development, Bangkok Thailand. 26-27 April: 490-493.

Stintzing, F.C., A. Schieber, R. Carle. 2002. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. and Rose. Food Chemistry. 77 : 101-106.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้