

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อใช้ในการเร่งสีปลากุหลาบแดง
(*Xiphophorus maculatus*)
Betalain extraction from dragon fruit skin for enhancing colour in
red platy(*Xiphophorus maculatus*)

ชื่อนักศึกษา นางสาวดวงใจ พวงแก้ว รหัสประจำตัว 44040576
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงนุช เลหาะวิสุทธิ
ชื่อที่ปรึกษาร่วม นางสาวลำพิ่ง พุ่มจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงนุช เลหาะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อใช้ในการเร่งสีปลาทุกลาบแดง
(*Xiphophorus maculatus*)

Betalain extraction from dragon fruit skin for enhancing colour in red platy
(*Xiphophorus maculatus*)



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2547

ป.พ.
๑164ก
2547

เลขที่.....

เลขทะเบียน..... 99347

วันเดือนปี.....

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อใช้ในการเร่งสีปลากุหลาบแดง

(*Xiphophorus maculatus*)

Betalain extraction from dragon fruit skin for enhancing colour in red platy

(*Xiphophorus maculatus*)

การศึกษาสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรเพื่อใช้ในการเร่งสีปลากุหลาบแดง ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร โดยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และในการศึกษาการใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลากุหลาบแดง โดยทำการเปรียบเทียบสารสกัด 2 ชนิดที่ใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวทำละลาย ได้แก่ สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด และสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรอบแห้งแบบผง ที่ความเข้มข้น 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปลาที่ได้รับสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาที่ได้รับสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรอบแห้งแบบผง ในขณะที่ปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 40, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อได้ทำการศึกษาอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด – ด่างที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน พบว่า เบตาเลนจะมีความเสถียรสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิห้อง รองลงมาคือ อุณหภูมิ 72, 100 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีความเสถียรสูงสุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 5 และ 6 รองลงมาคือ 3, 4 และ 7 ตามลำดับ

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดและปริมาณของสารสกัดเบตาเลนที่เหมาะสมที่สุดในการเร่งสีให้แก่ปลากุหลาบแดง คือ สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสดที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

คำนิยม

ความสำเร็จของปัญหาพิเศษในครั้งนี้ เกิดมาจากแรงผลักดันสำคัญของบุคคล 2 ท่านคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.นงนุช เลหาะวิสุทธิ และคุณลำพิ่ง พุ่มจันทร์ ที่ช่วยเหลือจนปัญหาพิเศษฉบับนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์นงนุช และพี่แจ้ว ที่ให้ความกรุณา ให้เวลา ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ให้เงินทุน (อันนี้สำคัญ) พร้อมทั้งให้อะไรอีกหลายๆ อย่าง ที่ส่งผลให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณค่ะ และปัญหาพิเศษฉบับนี้จะไม่สมบูรณ์เลย หากขาดบุคคลเหล่านี้ ได้แก่

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ของภาควิชาทุกท่าน อาจารย์ศักดิ์ชัย, อาจารย์ปวีณา, อาจารย์สมชาย, อาจารย์อัฉริ, อาจารย์อนัญญา, อาจารย์สุนีรัตน์ และอาจารย์รุ่งตะวัน ที่ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดีในการทดลอง นอกจากนี้ยังช่วยส่งให้หนูผ่านพ้นขึ้นปี 4 จนได้ทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาคทุกท่าน พี่แสง, พี่มอญ, พี่ดาว, พี่นิพนธ์ และพี่ออด ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ และคำแนะนำดีๆ ที่มาพร้อมรอยยิ้ม

ขอขอบคุณรุ่นพี่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือปละมาโดยตลอด พี่บอล รุ่น 5, พี่ยะ รุ่น 7, พี่น้อย รุ่น 7 และรุ่นพี่อีกหลายๆ ท่านที่ยังไม่ได้เอ่ยนาม ขอขอบคุณจริงๆ ค่ะ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่น 8 ทุกคน ที่เป็นเพื่อนที่ดี คอยช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และแบ่งปันความเครียดไปจากเราในภาวะที่ Project ยังไม่เสร็จ ขอขอบคุณ และขอบใจในน้ำใจของน้องๆ ชุมชุมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำฯ ทุกคนที่ช่วยในด้านแรงงาน และกำลังใจที่ดี

สุดท้ายขอขอบคุณพ่อแม่ พี่ชาย และแอมที่เป็นครอบครัวที่เข้าใจปละมากที่สุด ให้กำลังใจ ให้กำลังใจ และให้หลายสิ่งหลายอย่างจนทำให้มีวันนี้

หากปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใด ปละขอความดีส่วนนี้ให้แก่บุคคลที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนความผิดพลาดประการใด ขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

นางสาวดวงใจ พวงแก้ว

วันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2548

สารบัญ

| | หน้า |
|----------------------|------|
| สารบัญ | I |
| สารบัญตาราง | II |
| สารบัญภาพ | III |
| คำนำ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 18 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 25 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 36 |
| เอกสารอ้างอิง | 38 |
| ภาคผนวก | 40 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|--------------|--|------|
| 1 | เปรียบเทียบปริมาณเบตาเลนที่สกัดได้โดยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ | 25 |
| 2 | แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตรารอด อัตราแลกเนื้อ (FCR) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่เพิ่มขึ้น (H^0) ของแต่ละหน่วยทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง | 34 |
| 3 | เปรียบเทียบค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H^0) ของปลาไนแต่ละทรีดเมนต์ที่เพิ่มขึ้นในการวัดแต่ละครั้ง | 35 |
| ตารางผนวกที่ | | |
| 1 | ปริมาณเบตาไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อยู่ในสภาวะ และค่าความเป็นกรด - ด่างที่แตกต่างกัน | 41 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 1 | ลักษณะทั่วไปของปลากุลหาลาแดง | 3 |
| 2 | ลักษณะทั่วไปของของผลแก้วมังกร | 4 |
| 3 | ลักษณะทั่วไปของต้นแก้วมังกร | 5 |
| 4 | ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) | 7 |
| 5 | ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) | 8 |
| 6 | ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) | 9 |
| 7 | สีของรงควัตถุที่ได้จากแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) | 9 |
| 8 | ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแอนโทแซนทิน (Anthoxanthins) | 10 |
| 9 | ปืทุทซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของเบตาเลน | 11 |
| 10 | ความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและความเสถียรของเบตาไซยานิน | 14 |
| 11 | อุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและความเสถียรของเบตาไซยานิน | 15 |
| 12 | เปรียบเทียบสีของตัวทำละลาย 2 ชนิด ในขั้นตอนการแช่ เพื่อทำการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร โดยตัวทำละลายตัวแรก คือน้ำกลั่น และตัวที่สอง คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ | 26 |
| 13 | เปรียบเทียบสีของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายต่างชนิดกัน โดยชนิดแรก คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่สอง คือน้ำกลั่น | 26 |
| 14 | เปรียบเทียบกากเหลือที่ได้จากการสกัด โดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน โดยชนิดแรก คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่สอง คือน้ำกลั่น | 27 |
| 15 | แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลน เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือน้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ | 28 |
| 16 | แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลน เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือน้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ | 28 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 17 | แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลน เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ | 29 |
| 18 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง | 29 |
| 19 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง | 30 |
| 20 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส | 30 |
| 21 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส | 31 |
| 22 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส | 31 |
| 23 | เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด – ต่างต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส | 32 |
| 24 | เปรียบเทียบสีผิวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง | 33 |

คำนำ

ปัจจุบันตลาดการค้าปลาสวยงามมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีผู้นิยมเลี้ยงปลาสวยงามแพร่หลายมากขึ้น สาเหตุหนึ่งอันเนื่องมาจากปลาสวยงามส่วนใหญ่มีสีที่สะดุดตาเลี้ยงง่าย และบางชนิดมีราคาไม่สูงนักจึงสามารถซื้อหามาเลี้ยงได้ง่าย ได้แก่ ปลาออกลูกเป็นตัว เช่น ปลาหางนกยูง ปลาเซลฟิน ปลาภูหลวงแดง (Red platy) สีของปลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกระตุ้นให้ผู้ซื้อตัดสินใจเลือกซื้อปลาสวยงาม นอกจากนี้สีของปลายังเป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้อีกด้วย ทำให้มีการคิดค้นสารเร่งสีในตัวปลากันอย่างแพร่หลาย โดยส่วนใหญ่เป็นสารเร่งสีที่ได้จากการสังเคราะห์ ซึ่งอาจจะส่งผลข้างเคียงหรือทำอันตรายให้แก่ตัวปลาเมื่อมีการใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีผู้เริ่มหันมาให้ความสนใจสารเร่งสีที่สกัดจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยสารเร่งสีจากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากรงควัตถุที่อยู่ในพืช ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกลุ่ม และพืชหลายชนิดก็มีรงควัตถุเหล่านี้เป็นจำนวนมาก และได้ทำการศึกษาถึงรงควัตถุที่อยู่ในพืชเหล่านี้ เพื่อนำมาสกัดเป็นสารเร่งสีธรรมชาติทดแทนสารเร่งสีสังเคราะห์ให้แก่ปลาสวยงามได้

แก้วมังกร (Dragon fruit) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากแก้วมังกรมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจากการที่มีผู้นิยมบริโภคนี้เอง ทำให้มีส่วนเหลือจากการบริโภคและใช้ประโยชน์ไม่ได้ เช่น เปลือกของแก้วมังกรอยู่เป็นจำนวนมาก โดยพบว่า เปลือกของแก้วมังกรที่มีสีแดงบานเย็นเป็นแหล่งของรงควัตถุสีแดงในปริมาณสูง สามารถนำมาสกัดเป็นสารเร่งสีธรรมชาติเพื่อใช้กับปลาสวยงามทดแทนสารเร่งสีสังเคราะห์ได้ โดยรงควัตถุสีแดงของเปลือกแก้วมังกรที่สำคัญคือ เบตาไซยานิน (Betacyanin) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มของเบตาเลน (Betalein) (Castellar *et. al.*, 2003)

เบตาเลน (Betalein) เป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีในรงควัตถุของพืชที่ทำให้พืชมีสีแตกต่างกัน มีสูตรโครงสร้างหลักคือ 1, 7 - Diazheptamethin โดยหมู่ R และ R' ที่เปลี่ยนไปจะเป็นตัวกำหนดชนิดของสีที่ต่างกัน ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติของการเรโซแนนซ์ (Resonance) ของโครงสร้างโมเลกุลของเบตาเลน

ดังนั้นการศึกษาถึงวิธีการสกัดรงควัตถุธรรมชาติที่ได้จากเปลือกแก้วมังกร และการนำสารสกัดที่ได้มาใช้เป็นสารเร่งสีธรรมชาติให้แก่ปลาภูหลวงแดง ซึ่งเป็นตัวแทนของปลาออกลูกเป็นตัวทดแทนการใช้สารเร่งสีสังเคราะห์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบจากธรรมชาติที่เหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

วัตถุประสงค์

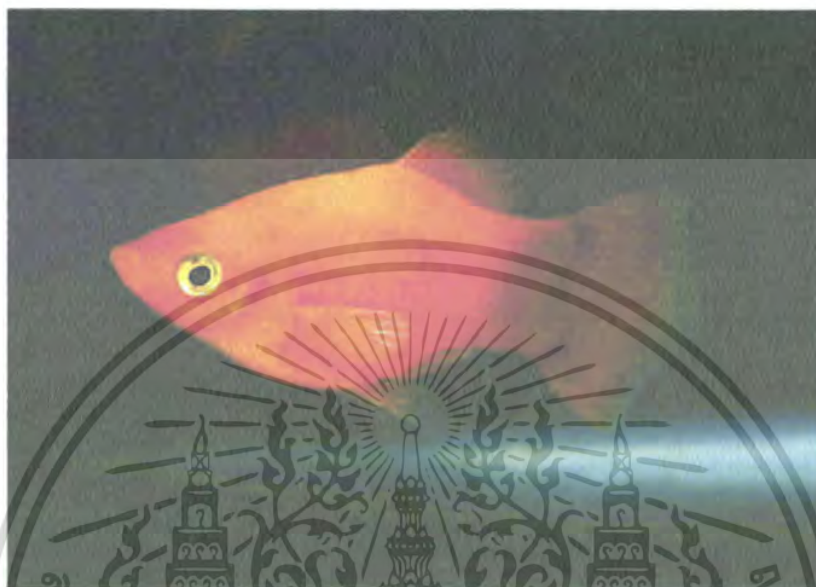
1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกรที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร
3. เพื่อศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่อความเสถียรของรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร
4. เพื่อศึกษาปริมาณของสารสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกรที่เหมาะสม ในการเร่งสีปลาอุบลแดง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

อนุกรมวิธานของปลากุหลาบแดง



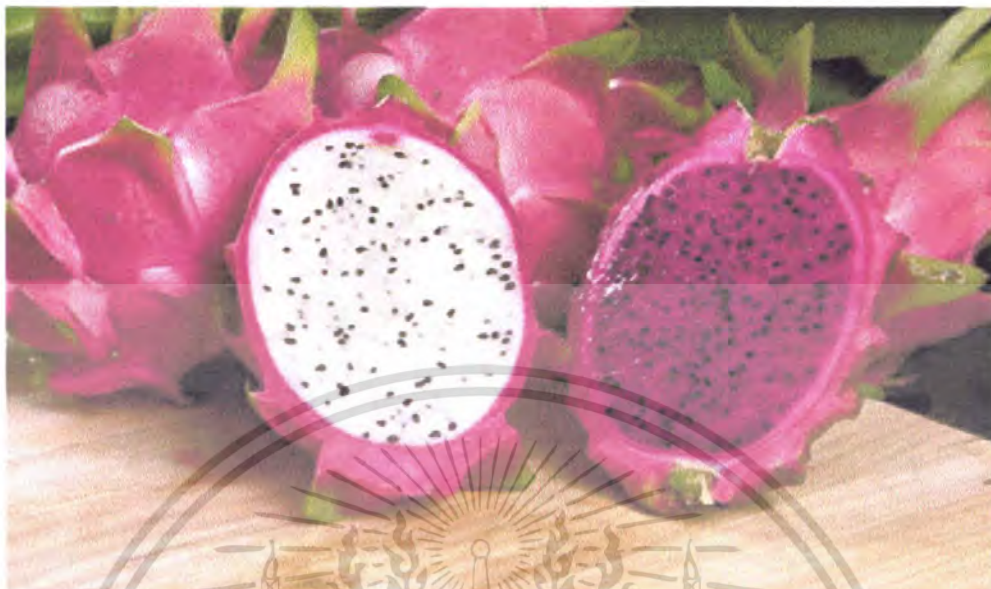
ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปลากุหลาบแดง

ที่มา : www.google.com

ปลากุหลาบแดง หรือปลาแพลทตี้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xiphophorus maculatus* ชื่อสามัญคือ platy มีถิ่นกำเนิดในประเทศกัวเตมาลา เม็กซิโกและฮอนดูรัส ในทวีปอเมริกาใต้ ปลากุหลาบแดงเป็นปลาที่มีรูปร่างลักษณะลำตัวเพรียวแบนข้างเล็กน้อย สีลำตัวเป็นพื้นแดง เหลือง ส้ม เขียวมะกอกตามแต่นิตของปลา ด้านข้างมีสีเหลืองคล้ายสีรุ้ง ขนาดโตเต็มที่ประมาณ 5 เซนติเมตร ปลาตัวผู้จะมีขนาดเล็กและเพรียวบางกว่าปลาตัวเมีย ปลายหางด้านล่างจะมี ก้านครีบยื่นขึ้นแหลมออกมาเล็กน้อย ที่ได้ครีบท้องมีอวัยวะเพศยื่นออกมาชัดเจน ปลากุหลาบแดงมี อุปนิสัยรักสงบไม่ก้าวร้าว อาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงใหญ่บริเวณที่มีน้ำสะอาดตามธรรมชาติ เป็นปลา ที่เลี้ยงง่ายสามารถเลี้ยงรวมกับปลาอื่นได้แต่ควรมีพันธุ์ไม้น้ำสำหรับการหลบซ่อน กินอาหารได้ ทุกชนิดทั้งอาหารสดและอาหารสำเร็จรูป สำหรับการแพร่พันธุ์ของปลากุหลาบแดงนั้น ปลาตัวผู้จะ ไล่ต้อนปลาตัวเมียเพื่อสอดอวัยวะเพศเข้าไปในอวัยวะเพศของปลาตัวเมีย และฉีดน้ำเชื้อเข้าไป ผสมกับไข่ ปลาจะออกลูกเป็นตัวครั้งละประมาณ 10 - 80 ตัว และจะมีลูกอีก 4 - 6 ครั้งโดยต้อง ได้รับการผสมจากตัวผู้ และควรจะแยกลูกปลาไปเลี้ยงต่างหากเพราะพ่อและแม่ปลาจะกินลูกเป็น อาหาร (สุทธิลักษณ์, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมวิธานของแก้วมังกร



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของผลแก้วมังกร

ที่มา : www.google.com

แก้วมังกร (Dragon fruit) เป็นพืชในตระกูลกระบองเพชร มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกากลาง ได้แก่ เวสต์อินดีส โคลัมเบีย กัวเตมาลา เวเนซุเอลา และอื่นๆ มีปลูกอย่างแพร่หลาย และยาวนานในเวียดนาม สำหรับในประเทศไทยพบว่า มีผู้นำเข้ามาปลูกนานมากกว่ากึ่งศตวรรษ และพบพืชประเภทนี้ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลไม้ท้องถิ่นในท้องถิ่นต่างๆ เช่น หุบเขาบอน ชลบุรี พนมทวน กาญจนบุรี สระบุรี และสมุทรสงคราม รวมทั้งลำพูนด้วย เนื่องจากผลไม้ชนิดนี้มีรูปร่างคล้ายลูกแก้ว จึงได้ชื่อว่า “แก้วมังกร” (สุรพงษ์, 2545) ต้นแก้วมังกรเป็นพืชในวงศ์ Cactaceae สกุล *Hylocereus* เป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย มีทั้งหมด 18 ชนิด ซึ่งชนิดที่นำมาใช้ในการทดลองปัญหาพิเศษครั้งนี้ คือ แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Hylocereus undatus* (Haw) Britt. and Rose มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาเขตร้อน ลำต้นเป็นท่อนๆ หรือข้อยาวสีเขียว มี 3 แฉกเป็นส่วนใหญ่ ลำต้นมีขนาดใหญ่ 4 – 7.5 เซนติเมตร ส่วนของแฉกแข็งและเป็นหยัก ระหว่างหยักห่างกัน 3 – 5 เซนติเมตร ตรงหยักมีโหนก ส่วนโคนโหนกเป็นแอ่ง และมีกลุ่มปุยขนสีขาวล้อมรอบหนามแข็งและแหลม ซึ่งเป็นรูปกรวยสีน้ำตาลเทาขนาดเล็ก จำนวน 1 – 3 หนาม โดยแต่ละหนามยาว 3 – 6 มิลลิเมตร ที่จุดเกิดหนามทำหน้าที่คล้ายตาข้าง มีคุณสมบัติเป็นเนื้อเยื่อเจริญ นอกจากกำเนิดหนามแล้วยังสามารถกำเนิดดอกและกิ่งใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของต้นแก้วมังกร

ที่มา : www.google.com

ผลแก้วมังกรมีทรงกลมรี หรือรูปไข่ ผิวสีแดงบานเย็น โดยบางส่วนถูกปกคลุมด้วยกลีบผลสีเขียวเรียวยาว 2.5 เซนติเมตร เนื้อมีสีขาวคล้ายไอศกรีมกะทิ ในเนื้อผลมีเมล็ดซึ่งแลดูคล้ายงา หรือแมงลักฝักระจายอยู่ทั่วไป ผลอาจจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 12 เซนติเมตร พบในอเมริกาเขตร้อนและปลูกกันในประเทศเขตร้อนเพื่อกินผล (สุรพงษ์, 2545)

1. ลักษณะของผลแก้วมังกรที่มีคุณภาพดี

ลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรที่มีคุณภาพดีควรมีรูปร่างทรงตามพันธุ์ ผลแก่ได้ที่แลดูสดและผลแน่น ทรงผลอาจเป็นทรงรูปไข่ สีของผลควรเป็นสีแดงบานเย็นเกือบทั้งผล ยกเว้นกลีบบนมีสีเขียว แต่โคนกลีบมีสีแดงบานเย็น กลีบผลสมสัดส่วนไม่กรุงรัง ผิวด้านล่างจะมีสีเข้มกว่าผิวด้านบน ผลที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ หรือหลังเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ กลีบผลจะยังคงมีสีเขียว กลีบผลที่เหลืองเร็ว และเขียวเร็วจะเป็นลักษณะที่ไม่ดี ขนาดของผลควรอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.6 กิโลกรัม ผิวนอกและกลีบผลควรจะเรียบมัน นอกจากนี้ ผลต้องไม่มีรอยบวม หรือมีลักษณะนิ่มเหลว

ลักษณะภายในของผลแก้วมังกร เมื่อผ่าผลออกตามยาวเนื้อจะมีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำกะทิ มีเมล็ดสีดำฝังตัวกระจายทั่วไป เนื้อแน่น รสชาติหวานอมเปรี้ยว เนื้อแก้วมังกรมีความหวานสูงสุดบริเวณส่วนกลางผล โดยความหวานของเนื้อแก้วมังกรในประเทศไทยอยู่ระหว่าง 13 – 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรด 0.2 – 0.3 เปอร์เซ็นต์ หากมีกลิ่นหมักหรือกลิ่นแอลกอฮอล์ หวานซึด แสดงว่าเป็นลักษณะที่ไม่ดี (สุรพงษ์, 2545)

2. การใช้ประโยชน์จากผลแก้วมังกร

ผลแก้วมังกรมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ มากมาย จึงนิยมบริโภค โดยการรับประทานในรูปของเนื้อแก้วมังกรสด แต่เมื่อมีผลผลิตมากเกินไปเกินความต้องการของตลาด จึงมีการนำผลแก้วมังกรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ มากมาย ส่งผลให้มีส่วนเหลือของผลแก้วมังกรที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ เช่น เปลือก เหลืออยู่มากมาย

Stintizing *et. al.* (2002) พบว่า สีของเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงมีลักษณะที่เหมือนสีของหัวบีท โดยเปลือกของแก้วมังกรที่มีสีแดงบานเย็นนี้เป็นแหล่งของรงควัตถุสีแดงธรรมชาติที่มีปริมาณสูง ซึ่งสามารถสกัดออกมาใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในการเร่งสีปลาแทนการใช้สีสังเคราะห์ได้ โดยรงควัตถุสีแดงในเปลือกแก้วมังกรที่สำคัญ คือ เบตาไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบของเบตาเลน (Betalain) (Castellar *et. al.*, 2003)

รงควัตถุที่พบในพืช

รงควัตถุในพืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ รงควัตถุที่ละลายในไขมัน และแคโรทีนอยด์ ส่วนอีกกลุ่มคือรงควัตถุที่ละลายในน้ำ เช่น ฟลาโวนอยด์ต่างๆ แอนโทไซยานิน เบตาไซยานิน โดยรงควัตถุกลุ่มแรกที่ละลายในไขมันและแคโรทีนอยด์ ได้แก่

1. คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) เป็นรงควัตถุซึ่งละลายในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ เช่น อะซีโตน และเบนซีน คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวซึ่งพบทั่วไปในพืช และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง มีอยู่ประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสดของพืช ในพืชชั้นสูงจะพบคลอโรฟิลล์ 2 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ซึ่งมักจะพบเกิดอยู่ร่วมกันในอัตราส่วน 2.5 ต่อ 1 นอกจากคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดแล้วยังพบแคโรทีนอยด์อีก 2 ชนิด คือ แคโรทีน และแซนโทฟิลล์

2. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง โมเลกุลจะมีโครงสร้างแกนหลักเป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon) แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- 2.1 กลุ่มแคโรทีน (Carotenes) เช่น แอลฟาแคโรทีน เบตาแคโรทีน หรือแกมมาแคโรทีน รวมทั้งไลโคพีน (Lycopene) แคโรทีนจะมีมากในผักทอง มันเทศ และแครอท ซึ่งให้สารสีเหลือง หรือสีส้มแดงในพืชเหล่านี้ ไลโคพีนจะมีมากในมะเขือเทศ คือ มีถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด นอกจากนั้นยังพบไลโคพีนมากในแตงโมและแอปริคอต ไลโคพีนจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีค่อนข้างแดง ทำให้ผลไม้เหล่านี้เมื่อสุกจะมีสีค่อนข้างไปทางสีแดง สารในกลุ่มนี้จะละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน



ภาพที่ 4 ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls)

ที่มา : www.google.com

2.2 กลุ่มของแซนโทฟิล (Xanthophyll) เป็นอนุพันธ์ที่มีออกซิเจนเพิ่มขึ้นในโมเลกุล ทำให้สามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วมากกว่าตัวทำละลายสำหรับแคโรทีน โดยแซนโทฟิลที่พบมาก คือ ซีแซนทีน (Zeaxanthin) หรือเบตาแซนโทฟิล (β - xanthophyll) หรือ ลิวทีน (leutein) ซึ่งพบมากในข้าวโพดหวาน พักทอง และผักผลไม้ชนิดอื่น แคปแซนทีน (Capsanthin) พบมากในพริกหวาน สารนี้มีสีแดงในพืชตระกูลส้มจะพบคริปโตแซนทีน (Cryptoxanthin)

สารแคโรทีนชนิดนี้บางชนิดจะมีความสำคัญทางโภชนาการ คือ เป็นแหล่งวิตามินเอโดยพืชจะมีแคโรทีนประมาณ 0.005 เปอร์เซ็นต์ และมีแซนโทฟิล 0.008 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ซึ่งนับเป็นปริมาณน้อยมาก รงควัตถุทั้งสองชนิดนี้มักเกิดร่วมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ จึงไม่เห็นสีของแคโรทีนและแซนโทฟิล แต่เมื่อคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย เช่น ในเนื้อเยื่อที่มีอายุมาก หรือที่ผิวผลไม้สุก จึงจะสังเกตเห็นสีเหลืองของแคโรทีนและแซนโทฟิล ส่วนกลุ่มที่สองเป็นรงควัตถุที่ละลายในน้ำ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่สำคัญในผักผลไม้อีกกลุ่มหนึ่ง โดยฟลาโวนอยด์อาจแบ่งออกเป็นกลุ่ม คือ



ภาพที่ 5 ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

ที่มา : www.google.com

1.1 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นรงควัตถุซึ่งให้สีแดง น้ำเงิน หรือม่วง ในผักผลไม้หลายชนิด ซึ่งสีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับปัจจัย คือ ความเป็นกรด - ด่าง โดยในสภาวะต่างแอนโทไซยานินจะมีสีน้ำเงิน แต่ในสภาวะกรดจะเป็นสีแดง ที่ความเป็นกรดต่างสูง กลีโอกซิกเอนีมจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปซูโดเบส (Pseudobase) ซึ่งไม่มีสี ดังนั้นเมื่อความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้น ความลึกของสีจะลดลงด้วย นอกจากนี้สีของแอนโทไซยานินยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้น เช่น เดลฟินิดิน (Delphinidin) เมื่อเจือจางจะมีสีน้ำเงิน แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีสีแดง และถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอีกจะมีสีม่วง นอกจากนี้แล้วสีของแอนโทไซยานินยังขึ้นอยู่กับสารอื่นในระบบ เช่น ถ้ามีแทนนินร่วมอยู่ด้วยจะทำให้มีสีเข้มขึ้น โดยแอนโทไซยานินที่พบมากในผลไม้จากไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม จะเป็นพวกที่มีอะไกลโคนเป็นไซยานิดิน ส่วนในพืชล้มลุกจะพบ อะไกลโคนชนิดอื่น โดยสีของแอนโทไซยานินจะไม่เสถียร เพราะถูกไฮโดรไลซ์โดยเอนไซม์ในผักผลไม้ได้แอนโทไซยานินอิสระ ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ต่อโดยเอนไซม์ในเนื้อเยื่อ คือ ฟีนอลออกซิเดส (Phenol - Oxidases) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล ปฏิกริยานี้จะถูกยับยั้งด้วยกรดแอสคอร์บิก ดังนั้นเมื่อผักผลไม้เกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลจะแสดงให้รู้ว่ากรดแอสคอร์บิกในผักผลไม้ถูกทำลายหมดแล้ว นอกจากนี้ปริมาณแอนโทไซยานินในผักผลไม้จะขึ้นกับสภาวะการปลูกด้วย โดยการปลูกพืชในดินที่มีไนโตรเจนต่ำจะทำให้พืชนั้นมีแอนโทไซยานินสูง ซึ่งนอกจากแอนโทไซยานินที่มีสีแล้ว สารฟลาโวนอยด์อื่นซึ่งอาจมีสีอ่อนหรือไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี แต่สามารถถูกออกซิไดส์ได้สารสีน้ำตาล หรือสามารถเกิดปฏิกิริยากับโลหะได้สารที่มีสี เช่นเดียวกับแอนโทไซยานินได้

1.2 แอนโทแซนทิน (Anthoxanthins) ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างแอนโทแซนทินกับแอนโทไซยานิน คือ แอนโทแซนทินจะมีกลุ่มคีโตน คือมีอะตอมออกซิเจนเกิดพันธะคู่กับคาร์บอนในตำแหน่งที่ 4 และไม่มีประจุที่ตำแหน่งที่ 1 แอนโทแซนทินจะมีสีเหลืองไปจนไม่มีสี โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ฟลาโวนอล และฟลาโวน โดยแอนโทแซนทินที่พบมากคือ Quercetin พบในข้าวโพด ผักโขม หอมหัวใหญ่ หน่อไม้ฝรั่ง แอปเปิล ส้ม และองุ่น



ภาพที่ 6 ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

ที่มา : www.google.com



ภาพที่ 7 สีของรงควัตถุที่ได้จากแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

ที่มา : www.google.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งของแอนโทแซนทิน (Anthoxanthins)

ที่มา : www.google.com

1.3 ลิวโคแอนโทแซนทิน (Leuco-anthocyanin) และเคทีชิน (Catechins) จะพบสารทั้งสองนี้มากในพืชยืนต้น ในพืชล้มลุกใบเลี้ยงคู่จะพบน้อย โดยสารประกอบเหล่านี้ไม่มีสี และมักพบลิวโคแอนโทแซนทินมากกว่าเคทีชิน โดยจะพบในแอปเปิล แพร่ พลัม พืช อุ่น ถั่วบางชนิด และคาดว่าจะยังอาจพบในผักผลไม้ชนิดอื่นๆ อีก โดยจะเกิดอยู่ในรูปของสารที่ละลายน้ำได้ หรือเป็นโพลีเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ

1.4 สารประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องกับฟลาโวนอยด์ สารเหล่านี้ส่วนมากมีสภาพเป็นกรดซึ่งมักจะมียวงแหวนเบนซีน และหมู่ไฮดรอกซิลคล้ายกับส่วนหนึ่งของสารฟลาโวนอยด์ สารเหล่านี้อาจเกิดการรวมตัวกันในสภาวะที่เหมาะสมเกิดเป็นสารที่มีสีเข้ม

เบตาเลน (Betalains)

พืชในธรรมชาติมีสีที่แตกต่างกันมากมาย เนื่องจากรงควัตถุเป็นองค์ประกอบของพืชซึ่งรงควัตถุบางชนิดเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นต่อปฏิกิริยาที่สำคัญของพืช เช่น การสังเคราะห์แสง โดยมีรงควัตถุที่เกี่ยวข้องคือ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ สีที่มาจากรงควัตถุยังเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดการขยายพันธุ์ โดยสีที่เกิดขึ้นในพืชเหล่านี้จะทำหน้าที่ดึงดูดแมลงและนกให้เข้ามาช่วยในการผสมพันธุ์พืช ซึ่งรงควัตถุที่สำคัญ คือ แอนโทไซยานิน และเบตาเลน ทั้งสองชนิดนี้จะมีลักษณะบางชนิดที่คล้ายคลึงกัน มีช่วงของการให้สีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ แอนโทไซยานิน จะมีช่วงสีจากสีเหลือง ส้ม ไปจนถึงแดงและน้ำเงิน ในขณะที่เบตาเลนมีช่วงสีเหลือง ส้ม แดง ม่วง แต่ไม่มีสีน้ำเงิน ซึ่งสีต่างๆ จะขึ้นอยู่กับสารประกอบที่มาเกาะกับโครงสร้างหลัก ทั้งแอนโทไซยานิน และเบตาเลน ไม่เคยมีรายงานว่า พบอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชที่มีสายพันธุ์เดียวกัน และไม่พบในสัตว์



ภาพที่ 9 บีทรูทซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของเบตาเลน

ที่มา : www.google.com

เบตาเลน คือ กลุ่มของสารประกอบที่อยู่ในรงควัตถุของพืช ซึ่งเป็นสารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำให้พืชมีสีที่แตกต่างกัน มีสูตรโครงสร้างหลักคือ 1,7-Diazoheptamethin ซึ่งหมู่ R และ R' ที่เปลี่ยนไปจะเป็นตัวกำหนดชนิดสีที่ต่างกันเกิดจากคุณสมบัติการเรโซแนนซ์ (resonance) ของโครงสร้างของโมเลกุลเบตาเลน โดยรงควัตถุชนิดนี้สามารถนำไปใช้เป็นสีผสมอาหารแทนการใช้สีสังเคราะห์ได้ เนื่องจากไม่เป็นอันตราย แต่เบตาเลนจะสลายตัวได้ง่ายหากถูกความร้อน ดังนั้น จึงทำให้มีข้อจำกัดหลายอย่างในการนำไปใช้ (Cai *et. al.*, 1998)

ชีวสังเคราะห์ของเบตาเลน (Biosynthesis of betalains)

กลไกปฏิกิริยาในการสังเคราะห์เบตาเลน เริ่มจากกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) เป็นตัวตั้งต้นของปฏิกิริยา ซึ่งจะไฮโดรไลสโดยเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ให้ 3,4-dihydroxyphenylalanine เอนไซม์ชนิดนี้ยังรวมตัวกับ cyclo-DOPA โดยผ่านโดปาคิวโนน (dopaquinone) โครงสร้างที่เป็นวงแหวนของ DOPA พันระที่ 4,5 จะแตกออกได้สารตัวกลางคือ seco-DOPA แต่ seco-DOPA นั้นไม่เสถียร จึงมีการจัดเรียงตัวใหม่จะได้กรดเบตาลามิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(betalamic acid) ซึ่งเป็นสารที่ให้สีในเบตาเลน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์ DOPA-4,5-dioxygenase เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยานี้

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

1. เบตาแซนธิน เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง เกิดจากกรดเบตาลามิครวมตัวกับกรดอะมิโนที่เป็นโปรตีน และกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแต่กรดเบตาลามิคจะไม่ไปรวมตัวกับกรดอะมิโนทั้งหมด เนื่องจากถูกเอนไซม์ในพืชยับยั้งการรวมตัวกันของสารประกอบนี้ สารประกอบชนิดนี้จึงมีอยู่ในพืชแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบ และการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันในพืชชนิดต่างๆ รงควัตถุเบตาแซนธินจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 480 นาโนเมตร นอกจากนี้โครงสร้างที่กระตุ้นของเบตาแซนธิน ไม่สามารถเกิดการเรโซแนนซ์ (resonance) ได้ (Piattelli, 1981)

2. เบตาไซยานิน เกิดจากการรวมตัวระหว่างกรดเบตาลามิค และ cyclo-DOPA ให้สารประกอบที่มีสีม่วงแดง ซึ่งจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 540 นาโนเมตร โดยชนิดของเบตาไซยานินที่พบมากที่สุด คือ 5-O- β -glycoside ที่ติดกับโครงสร้างของเบรานิดิน (betanidin) (เบตานิดินเป็นอะไกลคอสของเบตาไซยานิน) จะสามารถเกิดการเรโซแนนซ์ได้ (Piattelli, 1981)

สำหรับพืชที่อยู่ในวงศ์ Cactaceae ซึ่งเป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย (Cacti) มีรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เบตาไซยานิน และเบตาแซนธิน (Gibson and Nobel, 1985) โดยชนิดของรงควัตถุในเปลือกแก้วมังกร รวมทั้งรงควัตถุในเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง คือ เบตาไซยานิน (Stintzing, 2002)

Stintzing *et. al.* (2002) พบว่า องค์ประกอบของเบตาเลนในสารสกัดจากเนื้อ และเปลือกของแก้วมังกรพันธุ์ *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. and Rose (เนื้อและเปลือกมีสีแดง) ที่สกัดด้วยเอทานอล มีองค์ประกอบที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีเบตาไซยานินชนิดต่างๆ ถึง 12 ชนิด ซึ่งเบตาไซยานินทุกชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นเดียวกันคือ 536 นาโนเมตร ดังนั้น เบตาไซยานินที่ชนิดต่างกันจะไม่มีผลต่อค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาไซยานิน

รงควัตถุเบตาไซยานินจะเสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม โดยเบตาไซยานินจะมีความไวต่อปัจจัยต่างๆ ซึ่งมีผลต่อความเสถียร หรือความคงตัวของเบตาไซยานิน (Cai *et. al.*, 1998) ดังนี้

1. แสง เบตาไซยานินจะเสื่อมสภาพได้ง่าย เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีแสง
2. ออกซิเจน เบตาไซยานินจะมีความเสถียรต่ำ เมื่ออยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน
3. ความชื้น
4. อุณหภูมิ เบตาไซยานินจะเสถียรได้ดี เมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 14

องศาเซลเซียส

5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือค่าพีเอช เบตาไซยานินจะมีความเสถียรสูงสุดเมื่อมีค่าความเป็นกรด - ด่างที่ 5 - 6

โดย Cai *et. al.* (1998) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของรงควัตถุเบตาไซยานินในพืชสายพันธุ์ *Amaranthus* พบว่า รงควัตถุเบตาไซยานินจะมีความเสถียรที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 5.6

ในขณะที่ Jose *et. al.* (2001) ทำการศึกษารงควัตถุเบตาเลนในผล prickly pear fruits พบว่า รงควัตถุเบตาไซยานินจะมีความเสถียรที่สุด เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 90 องศาเซลเซียส และเริ่มเสื่อมสภาพเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

นอกจากนี้ Stintzing *et. al.* (2004) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างของรงควัตถุเบตาไซยานิน ด้วยวิธี LC MNR and 2D NMR spectroscopy พบว่า รงควัตถุเบตาเลนจะมีความเสถียรมากที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 5 - 7 และจะมีความเสถียรมากขึ้นเมื่อมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ใกล้ความเป็นกลาง

ในขณะที่ Merrin *et. al.* (1987) ทำการศึกษาถึงการลดลงของรงควัตถุเบตาไซยานิน เนื่องจากความร้อนในการสกัด prickly pear fruit ซึ่งสกัดโดยเอทานอล พบว่า ความเสถียรของเบตาไซยานินจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ผลกระทบจากการขาดออกซิเจน หรือมีการลดออกซิเจนในสารสกัดตัวอย่างจะไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกได้ออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณเบตาไซยานินในสารสกัดตัวอย่าง

Castellar *et. al.* (2003) ทำการศึกษสมบัติด้านสี และความคงตัวของเบตาไซยานินในผลไม้ที่ได้จากตระกูลกระบองเพชร (*Opuntia* fruit) พบว่า สารสกัดจากผลไม้ตัวอย่างที่สกัดด้วยน้ำ เอทานอล และซีเตรทฟอสเฟสบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 5.5 มีปริมาณเบตาไซยานินที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการสกัดด้วยน้ำจะได้ปริมาณเบตาไซยานินสูงสุด เมื่อทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสถียรของเบตาไซยานินในสารสกัดตัวอย่างในสภาวะที่อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด - ต่างที่ต่างกัน พบว่า เบตาไซยานินมีความเสถียรสูงสุดในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ และค่าความเป็นกรด - ต่างอยู่ในช่วง 4 - 6

การสกัดสารสีออกจากวัสดุธรรมชาติ

1. วิธีการสกัดสารสีออกจากวัสดุธรรมชาติ

โดยทั่วไปในการสกัดสารออกจากวัสดุธรรมชาติ มีปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีการ ได้แก่ ลักษณะเนื้อเยื่อของวัสดุ ปริมาณน้ำ คุณสมบัติของสารในการทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ และชนิดของสารที่ต้องการสกัดออกมา โดยวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดสารออกจากวัสดุธรรมชาติ (นพพร, 2539) มีดังนี้



ภาพที่ 10 ความเป็นกรด - ต่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี และความเสถียรของเบตาไซยานิน
ที่มา : www.google.com

1.1 Maceration เป็นวิธีการสกัดโดยการหมักวัสดุธรรมชาติกับตัวทำละลายในภาชนะที่ปิด เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปกรวย โดยปกติจะทิ้งไว้ 7 วัน โดยหมั่นเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดเวลาจะค่อยๆ รินสารออกและพยายามบีบเอาสารละลายออกจากกากให้มากที่สุด รวบรวมสารที่ได้นำไปกรอง ถ้าต้องการสกัดให้หมดอาจจำเป็นต้องทำสกัดหลาย ๆ ครั้ง ข้อดีของวิธีนี้ คือ สารไม่ถูกความร้อน แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก และเนื่องจากวิธีนี้ซ้ำจึงมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาดัดแปลงใช้ Mixer หรือ Homogenizer มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออก การสกัดจึงเร็วขึ้น เรียกว่าวิธีนี้ "Vortical (turbo) extraction"

1.2 Percolation เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Percolator" โดยนำวัสดุธรรมชาติมาหมักกับตัวทำละลายพอขึ้น ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่ แล้วค่อยๆ บรรจุลงใน Percolator ที่ละน้อยเป็นชั้นๆ แล้วเติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายสูงเหนือชั้นของวัสดุธรรมชาติ ประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงเริ่มไซเอสารที่สกัดออก โดยคอยเติมตัวทำละลายให้เหนือชั้นของวัสดุธรรมชาติ อย่านำแห้ง เก็บสารที่สกัดได้จนการสกัดเกิดสมบูรณ์ บีบกากเอสารสกัดให้ได้มากที่สุด แล้วเก็บรวบรวมไปกรอง



ภาพที่ 11 อุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี และความเสถียรของเบตาไซยานิน
ที่มา : www.google.com

1.3 การสกัดด้วย Soxhlet Extractor วิธีนี้ไม่เหมาะกับสารที่สามารถละลายตัวได้ เนื่องจากความร้อน

1.4 Liquid-liquid Extraction

1.5 Resorption เป็นวิธีที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีดูดซับ มักใช้สกัดสารจาก กลิบบดอกไม้

1.6 Steam Distillation มักใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 Water Distillation เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยต้มกับน้ำ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Clevenger's apparatus"

1.8 Extraction by Thermomicrodistillation เป็นการสกัดสารโดยใช้เครื่อง "Thermomicro Analysis and Separation Ovens ; TAS Oven" ใช้ในการสกัดสารขนาดน้อยมาก โดยนำวัสดุธรรมชาติใส่ลงใน Cartridge ซึ่งข้างหนึ่ง Seal ไว้ ส่วนอีกข้างหนึ่งเป็น Capillaries เมื่อใส่เข้าไปในตู้อบความร้อน (Oven) ความร้อนจะทำให้สารระเหย หรือระเหิดออกทาง Capillaries และรองรับสารที่ระเหยหรือระเหิดออกมาด้วยแผ่น TLC แล้วนำไปตรวจสอบ

สำหรับการทดลองนี้ เนื่องด้วยสารที่ต้องการสกัดเป็นสารสีเบต้าเลนที่มีความไวต่อความร้อน และแสง ดังนั้นจึงทำให้มีข้อจำกัดในการเลือกใช้วิธีในการสกัด โดยได้เลือกใช้วิธี Maceration แบบประยุกต์ โดยนำเปลือกแก้วมังกรที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้ว มาแชลงในตัวทำละลาย จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียดพร้อมตัวทำละลายด้วยเครื่องปั่นอาหาร (Blender) เพื่อให้เซลล์แตกตัวออกทำให้ง่ายต่อการสกัดสาร ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ ประหยัดเวลาและตัวทำละลาย

2. ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดเบตาไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร

รงควัตถุเบตาไซยานินเป็นรงควัตถุที่อยู่ในกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดควรเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว ซึ่งโดยปกติแล้วในการสกัดวัสดุธรรมชาติ สารพวกแอลกอฮอล์จัดได้ว่าเป็นตัวทำละลายเอนกประสงค์ที่ดีสำหรับ Preliminary Extraction วัสดุธรรมชาติที่ต้องการสกัดจะถูกทำลายเนื้อเยื่อโดยตัด สับ หั่น หรือบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันโดยเอนไซม์ หรือเกิดไฮโดรไลซิสขึ้น แล้วทำการแช่ในตัวทำละลายซึ่งบรรจุอยู่ในเครื่องปั่นอาหาร (Blender) จากนั้นทำการกรองโดยผ่าน Celite บน Water pump และทำให้เข้มข้นโดยมักจะใช้ Rotary evaporator (นพพร, 2539) ซึ่งทศพร และคณะ (2547) ทำการศึกษาตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น, เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และซีเตรทฟอสเฟสบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 5.5 พบว่า สารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด จะมีปริมาณเบตาไซยานินที่ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 8.97 - 9.24 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

นพพร (2539) ได้มีการรายงานถึงการเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด โดยพบว่าการใช้เมทานอลจะให้ปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดมากที่สุด รองลงมาคือเอทานอล และน้ำตามลำดับ โดยเมทานอลจะให้ประสิทธิภาพในการสกัดได้ดีกว่าเอทานอลและน้ำ 20 และ 73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีการใช้กรดแอสติคในน้ำ, กรดแผล, กรดซิตริก, กรดทาร์ทาริก และกรดไฮโดรคลอริกในการสกัดด้วยแต่สำหรับการทดลองนี้ จะเลือกทดสอบตัวทำละลายที่เหมาะสมเพียงน้ำกลั่น และเอทานอลเท่านั้น เนื่องจากเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน และสารสกัดเบตาเลนที่ได้จากการทดลองนี้

ต้องนำไปผสมลงในอาหารปลาเพื่อใช้ในการเร่งสีปลากุหลาบแดง หากใช้เมทานอลจะส่งผลให้เกิดความเป็นพิษได้

3. การใช้สารสีในการเร่งสีปลา

ในปัจจุบันมีความนิยมในการเร่งสีปลาเพื่อตอบสนองของความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยแหล่งของสารสีที่ใช้ในการเร่งสีปลาส่วนใหญ่เป็นสารสีที่สังเคราะห์ขึ้น และเป็นสารสีที่ได้จากแหล่งกักตุน หรือสาหร่าย โดยสารสีที่สังเคราะห์ขึ้นนี้มีผู้นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากหาง่าย และสะดวก แต่มีข้อเสียคือ อาจส่งผลข้างเคียง และเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ จึงมีผู้ริเริ่มทำการศึกษาเพื่อหาแหล่งของสารสีจากธรรมชาติเพื่อมาใช้ทดแทนสารสีสังเคราะห์นี้

Boonyaratpalin and Unprasert (1989) ได้ทำการศึกษาแหล่งของสารสีที่แตกต่างกันในการเร่งสีปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยให้อาหารซึ่งเป็นแหล่งของสารสี 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายสไปรูลิน่า, อาหารที่มีส่วนผสมของกลีบดอกดาวเรือง, อาหารจากหัวกุ้ง และไขมัน โดยให้ 10, 5, 15 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า, อาหารที่มีส่วนผสมของกลีบดอกดาวเรือง, อาหารจากหัวกุ้ง และไขมัน จะทำให้มีสีลำตัวเป็นสีแดง, สีแดงทอง, สีแดงเพลิง และสีส้มตามลำดับ ในขณะที่อาหารจากหัวกุ้งจะไปช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโต แต่ไขมันจะยับยั้งอัตราการเจริญเติบโต ส่วนอัตราแลกเนื้อของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในขณะที่ Yew *et. al.* (1992) ทำการศึกษากการเร่งสีในกึ่งครุมา (*Penaeus japonicus*) โดยให้แหล่งของสารสี และระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยให้แอสตาแซนทินที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม ให้เบตาแคโรทีนที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม และให้อาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย (*Dunaliella salina*) ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม โดยให้สารสีแต่ละชนิดเป็นเวลา 1, 2 หรือ 3 สัปดาห์ โดยพบว่า กุ้งที่ได้รับเบตาแคโรทีน และอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนกุ้งที่ได้รับแอสตาแซนทินที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม จะมีสีน้อยกว่ากุ้งที่ได้รับแอสตาแซนทินที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่ากุ้งที่ได้รับแอสตาแซนทิน จะมีอัตราสูงที่สุด และควรได้รับแอสตาแซนทินที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม ดีที่สุด

สำหรับสารสีกลุ่มเบตาเลนนี้ ยังไม่พบว่ามีผู้นำมาใช้ในการเร่งสีสัตว์น้ำแต่อย่างใด ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษาการใช้สารสีเบตาเลนที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรมาใช้ในการเร่งสีปลากุหลาบแดง เพื่อในอนาคตจะสามารถนำมาใช้ทดแทนสารสีสังเคราะห์ในการเร่งสีสัตว์น้ำเพื่อลดผลข้างเคียงที่อาจเกิดจากการใช้สารเร่งสีสังเคราะห์นี้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. ปรากฏหลาบแดง (Red platy)
2. เปลือกแก้วมังกรชนิดเนื้อขาวเปลือกแดง
3. อาหารเม็ดลอยน้ำ

อุปกรณ์

1. ตู้กระจก และถังพลาสติก
2. อุปกรณ์ให้อากาศ
3. อาหารเม็ดลอยน้ำ
4. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องวัดสี (Chromameter)
6. อุปกรณ์ต้มน้ำ (หม้อสแตนเลส, Hot Plate)
7. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)
8. เครื่องปั่นอาหารแบบแก้ว (Blender)
9. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuged) CENTRIKON T-42K Milano, Italy
10. เครื่อง pH Meter
11. ปิเปตอัตโนมัติ (Micropipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
12. เครื่องกวนสาร (sterrier)
13. เครื่องบดละเอียด (pin mill)
14. เครื่องมือวัดความยาวคลื่นแสง (Spectrophotometer)
15. มีด, เขียง
16. กระดาษอะลูมิเนียมฟลอยด์
17. ผ้าขาวบาง
18. คิวเวต
19. เครื่องผสมสาร (Vortex mixer)
20. เทอร์โมมิเตอร์

เครื่องแก้ว

1. กระจกตวงขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ขนาด 250, 400 และ 1000 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขวดสีชา ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. กระจกน้ำกลั่น
6. หลอดทดลอง
7. ลูกแก้ว
8. ขวดปริมาตร (Volumetric flask)
9. ช้อนตักสาร
10. ที่ใส่หลอดทดลอง

สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. เอทานอล 80%
3. กรดซिटริก
4. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

วิธีการ

แผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาตัวทำละลายในการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร
วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีปัจจัย คือ ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น
และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลนจากเปลือกแก้ว
มังกร

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD โดยปัจจัยแรก คือตัวทำละลายที่
แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปัจจัยที่สอง คือ อุณหภูมิ ได้แก่
อุณหภูมิของพลาสเจอร์ไรซ์ (อ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิของน้ำเดือด
(อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิของสเตอริไลส์ (หม้อนึ่งความดันไอ อุณหภูมิ 121
องศาเซลเซียส)

การทดลองที่ 3 การศึกษาความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน
จากเปลือกแก้วมังกร

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 x 5 factorial in CRD มีปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัยโดยปัจจัย
แรก คือตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปัจจัยที่สอง
คือ อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิของพลาสเจอร์ไรซ์ (อ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิของน้ำเดือด (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิห้อง และปัจจัยที่สาม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ 3, 4, 5, 6 และ 7

การทดลองที่ 4 การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลาทุลาบแดง
วางแผนการทดลองแบบ 2×5 factorial in CRD โดยปัจจัยแรก คือ ชนิดของสารสกัด ได้แก่ สารสกัดที่ได้จากการสกัดเปลือกแก้วมังกรสด, สารสกัดที่ได้จากการสกัดเปลือกแก้วมังกรอบแห้ง (ผง) ส่วนปัจจัยที่สอง คือ ความเข้มข้นของสารสกัด 5 ระดับ ได้แก่ 0, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

1.1 คัดเลือกผลแก้วมังกรสดที่อยู่ในสภาพดี ผิวเรียบเป็นสีแดงและกลีบเลี้ยงยังไม่เหี่ยว นำมาล้างให้สะอาด ตัดส่วนกลีบเลี้ยง ขั้วด้านหัวท้ายและส่วนที่เป็นตำหนิออก

1.2 ผ่าผลแก้วมังกรตามยาวออกเป็น 4 ส่วน ลอกเปลือกออกและขูดส่วนที่มีเนื้อติดอยู่กับเปลือกด้านในออกไป

1.3 นำเปลือกที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ นำไปสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวทำละลายในอัตราส่วนน้ำหนักเปลือกสด 100 กรัมต่อปริมาตรตัวทำละลาย 500 มิลลิลิตร

1.4 ใส่เปลือกและตัวทำละลายในเครื่องปั่นอาหารปั่นให้ละเอียด จากนั้นกรองส่วนเหลือของเปลือกออกด้วยผ้าขาวบาง นำกากไปปั่นซ้ำจนกากเหลือที่ได้ไม่มีสี

1.5 นำสารสกัดที่ได้ในข้อ 4 ไปทำการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

1.6 เก็บส่วนบนที่เป็นน้ำไว้เพื่อนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร (Formi *et. al.*, 1992) ด้วยเครื่องวัดความยาวคลื่นแสง (Spectrophotometer) ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่า Extraction Coefficient ของเบตาไซยานิน E538 (1%) = 1120 จากนั้นเก็บสารสกัดที่เหลือไว้ในภาชนะที่บดแสงหรือภาชนะที่ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์เพื่อป้องกันไม่ให้ถูกแสงและเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่ช่องแช่เย็นปกติ (Casteller *et. al.*, 2003) เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน

ทำการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ได้แก่ อุณหภูมิของพลาสติกเจอร์โรซ์ (อ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิของน้ำเดือด

(อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิของสเตอริไลส์ (หม้อหนึ่งความดันไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส)

2.1 นำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำ และเอทานอล 80% มาทดสอบโดยนำมาเจือจางด้วยตัวทำละลายเดิมอีกครั้งในอัตราส่วน สารสกัดต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 ต่อ 9

2.2 นำสารสกัดที่เจือจางแล้วไปทำการต้มที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 นาที

2.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้ว ให้ทำการหยุดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยการแช่ในน้ำเย็น จากนั้นทำการเปรียบเทียบปริมาณของสารที่เหลืออยู่ โดยนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนคลีนแสงด้วยเครื่องวัดความยาวคลื่น ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร (Formi et. al., 1992) เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเบตาเลนที่เหลืออยู่ต่อไป

การทดลองที่ 3 ศึกษาความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

3.1 สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำ และเอทานอล 80% มาทำการทดสอบความเสถียรด้วยซิเตรทฟอสเฟสบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่ความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 3, 4, 5, 6 และ 7 ในอัตราส่วน สารสกัดต่อบัฟเฟอร์เท่ากับ 1 ต่อ 9

3.2 จากนั้นนำมาทดสอบโดยการต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 72 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 นาที

3.3 จากนั้นทำหยุดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยการแช่ในน้ำเย็น และเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

3.4 ทำการเปรียบเทียบหาปริมาณของเบตาเลนที่เหลืออยู่ โดยนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนคลีนแสงด้วยเครื่องวัดความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร (Formi et. al., 1992) เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเบตาเลนที่เหลืออยู่ต่อไป

การทดลองที่ 4 การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลาทุกลาแดง

การทดลองที่ 4.1 การเตรียมเปลือกแก้วมังกรอบแห้งแบบผง

4.1.1 คัดเลือกผลแก้วมังกรสดที่อยู่ในสภาพดี ผิวเรียบเป็นสีแดงและกลีบเลี้ยงยังไม่เหี่ยว นำมาล้างให้สะอาด ตัดส่วนกลีบเลี้ยง ขั้วด้านหัวท้ายและส่วนที่เป็นตำหนิออก

4.1.2 จากนั้นผ่าผลแก้วมังกรตามยาวออกเป็น 4 ส่วน ลอกเปลือกออกและขูดส่วนที่มีเนื้อติดอยู่กับเปลือกด้านในออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

www.library.jku.ac.th

4.1.3 นำเปลือกที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาด 1X2 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

4.1.4 เมื่ออบจนแห้งแล้วจึงนำมาบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบดละเอียด (pin mill) และเก็บรักษาไว้ในภาชนะที่แห้งและมีดปิดสนิท เพื่อรอนำมาใช้ต่อไป

การทดลองที่ 4.2 การเตรียมอาหาร

4.2.1 ชั่งอาหารปลาในกระดาดอะลูมิเนียมฟลอยด์ให้แต่ละห่อมีน้ำหนักเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา

4.2.2 นำอาหารปลาที่ได้มาทำการฉีดพ่นด้วยสารสกัด 2 ชนิด ที่ใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลาย ได้แก่ สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด, สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรอบแห้งแบบผง

4.2.3 จากนั้นผึ่งให้แห้งในตู้อบเพื่อให้เอทานอลระเหยออกให้หมด

4.2.4 เมื่ออาหารแห้งดีแล้วจึงฉีดพ่นอีกครั้งด้วยแป้งมันละลายน้ำในอัตราส่วนแป้งมัน 1.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และผึ่งให้แห้งอีกครั้ง

4.2.5 เมื่อแห้งดีแล้วจึงห่อกระดาดอะลูมิเนียมฟลอยด์ให้มิดชิด และนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นช่องแช่เย็นปกติ เพื่อรอนำไปให้เป็นอาหารปลาต่อไป

การทดลองที่ 4.3 การให้อาหารปลา

การให้อาหารปลาจะให้ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน โดยให้วันละ 3 เวลา ได้แก่ เวลาประมาณ 9.00 น., 12.00 น. และ 16.00 น. ของทุกวัน โดยแบ่งปลาออกเป็น 9 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

- | | | |
|-------------|---|---|
| ชุดทดลองที่ | 1 | กลุ่มควบคุม (ไม่ได้เสริมสารเบตาเลน) |
| ชุดทดลองที่ | 2 | ให้อาหารปลาที่เสริมเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด 20% (น้ำหนักเปลือกสด 100 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร) |
| ชุดทดลองที่ | 3 | ให้อาหารปลาที่เสริมเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด 30% (น้ำหนักเปลือกสด 150 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร) |
| ชุดทดลองที่ | 4 | ให้อาหารปลาที่เสริมเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด 40% (น้ำหนักเปลือกสด 200 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร) |
| ชุดทดลองที่ | 5 | ให้อาหารปลาที่เสริมเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรสด 50% (น้ำหนักเปลือกสด 250 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร) |
| ชุดทดลองที่ | 6 | ให้อาหารปลาเสริมเบตาเลนจากผงเปลือกแก้วมังกรอบแห้ง 20% (น้ำหนักเปลือกสด 100 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดทดลองที่ 7 ให้อาหารปลาเสริมเบตาเลนจากผงเปลือกแก้วมังกروبแห้ง 30% (น้ำหนักเปลือกสด 150 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร)
- ชุดทดลองที่ 8 ให้อาหารปลาเสริมเบตาเลนจากผงเปลือกแก้วมังกروبแห้ง 40% (น้ำหนักเปลือกสด 200 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร)
- ชุดทดลองที่ 9 ให้อาหารปลาเสริมเบตาเลนจากผงเปลือกแก้วมังกروبแห้ง 50% (น้ำหนักเปลือกสด 250 กรัม ต่อปริมาตรเอทานอล 500 มิลลิลิตร)

ในแต่ละซ้ำจะมีปลากุหลาบแดงทั้งหมด 15 ตัว เพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 10 ตัว (ในอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย 2 ต่อ 5) ทำการเลี้ยงทั้งหมด 84 วัน หรือ 12 อาทิตย์

การบันทึกข้อมูล

ทำการชั่งน้ำหนัก, วัดความยาวปลา และวัดสีผิวปลาที่เปลี่ยนแปลงไป ทุกๆ 3 อาทิตย์ เป็นจำนวน 4 ครั้ง ซึ่งการวัดสีจะทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ด้วยระบบ L*a*b* เพื่อนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตรารอด อัตราแลกเนื้อ (FCR) (วีรพงศ์, 2536) และค่าของสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H° : Hue angle) (ธีรศักดิ์, 2544) ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

เมื่อ ΔE^*ab = ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (H° : Hue angle)
 L^* = ค่า lightness variable
 a^* and b^* = ค่า chromaticity coordinates

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น = $\frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}} \times 100$

อัตราแลกเนื้อ (FCR) = $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$

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

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยน อัตรารอด เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าการเปลี่ยนแปลงสี (H°) ที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 11.0 for Window เพื่อหาความสัมพันธ์ และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละทรีตเมนต์ โดยทำการวิเคราะห์แบบ General linear model : Univariate

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลอง

วันที่ 13 มกราคม 2548 – 7 เมษายน 2548 รวมระยะเวลาทดลองทั้งสิ้น 84 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาตัวทำละลายในการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

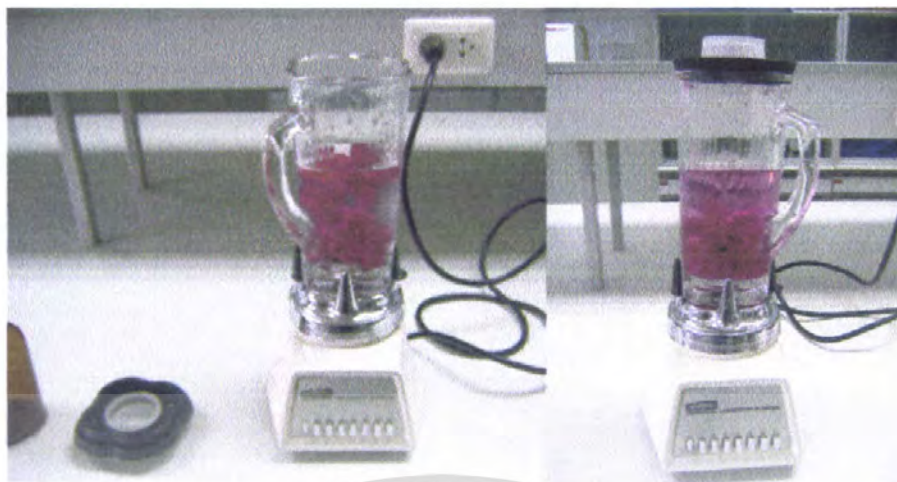
จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณเบตาเลนที่สกัดได้โดยใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวทำละลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับ ปริมาณเบตาเลนที่สกัดได้โดยน้ำกลั่น ซึ่งสารสกัดที่ได้จากเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณเบตาเลนเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 มิลลิกรัม/ น้ำหนักเปลือก 100 กรัม ในขณะที่สารสกัดที่ได้จากน้ำกลั่นมีปริมาณเบตาเลนเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัม/ น้ำหนักเปลือก 100 กรัม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณเบตาเลนที่สกัดได้โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

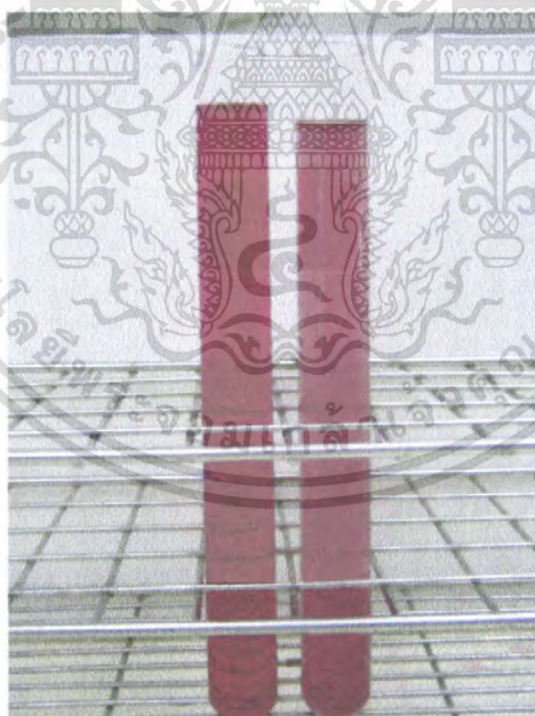
| Treatment | น้ำกลั่น | เอทานอล |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 1 | 1.90 ± 0.0001^a | 2.57 ± 0.0002^b |
| 2 | 2.03 ± 0.0002^a | 2.77 ± 0.0001^b |
| 3 | 2.09 ± 0.0001^a | 2.88 ± 0.0002^b |

นอกจากนี้ ในขั้นตอนการแช่ พบว่า จากการสังเกตสีของตัวทำละลายเมื่อทำการแช่เปลือกแก้วมังกรสด (ภาพที่ 12) นั้น ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์จะมีสีชมพูเข้ม ในขณะที่น้ำกลั่นจะมีสีใส แสดงให้เห็นว่าเอทานอลสามารถดึงรงควัตถุออกจากเนื้อเยื่อของเปลือกแก้วมังกรได้ดีกว่าน้ำกลั่น

ในขณะที่สีของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด มีสีที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ สารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายเอทานอลมีสีแดงเข้ม ในขณะที่สารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายน้ำกลั่นมีสีชมพูอ่อน (ภาพที่ 13) นอกจากนี้กากเหลือที่ได้จากการสกัดยังมีลักษณะที่ต่างกัน โดยกากที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลจะมีลักษณะเป็นเยื่อใยแห้ง ในขณะที่กากที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นจะมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวมาก และทำการสกัดได้ยากกว่าเอทานอล (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบสีของตัวทำละลาย 2 ชนิดในขั้นตอนการแช่ เพื่อทำการสกัดสารเบตาเลน จากเปลือกแก้วมังกร โดยตัวทำละลายตัวแรก คือ น้ำกลั่น และตัวที่สอง คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบสีของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายต่างชนิดกัน โดยชนิดแรก คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่สอง คือ น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบกากเหลือที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน โดยชนิดแรก คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่สอง คือ น้ำกลั่น

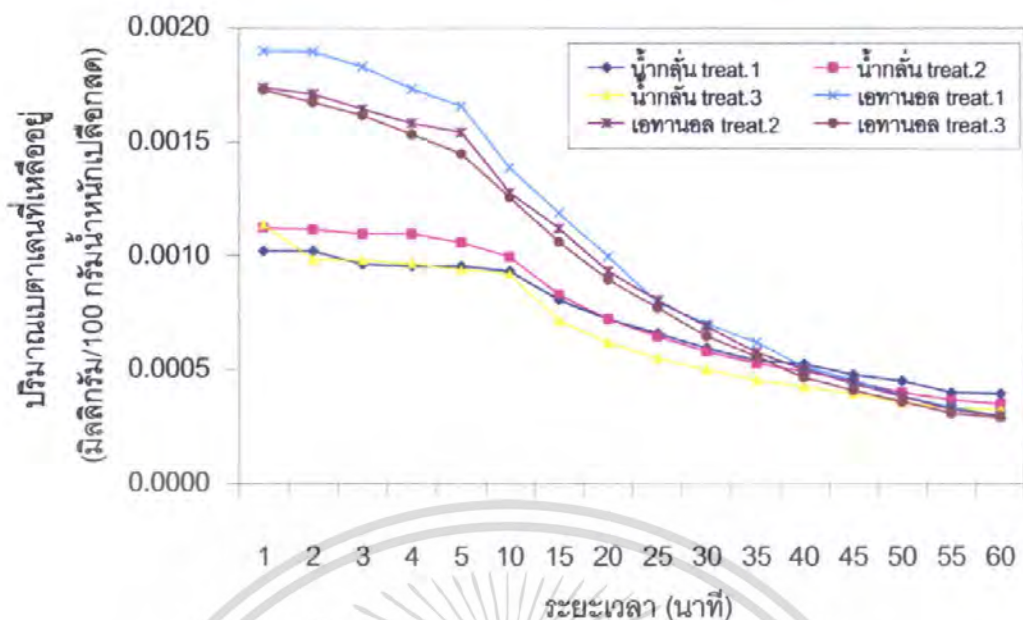
จากผลที่ได้ แสดงให้เห็นว่า ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมในการสกัด สารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร คือ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ นพพร (2539) ที่ได้มีการรายงานถึงการเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในการสกัดสารแอนโทไซยานิน โดยพบว่า เอทานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินได้ดีกว่าน้ำกลั่น การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน

จากการทดลองศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน ผลที่ได้ พบว่า ความเสถียรของเบตาเลนจะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังภาพที่ 15-17 โดย จากภาพ แสดงให้เห็นว่าเบตาเลนจะมีความเสถียรมากที่สุดที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส รองลงมา คือ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Merin และคณะ (1987) ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงการลดลงของรงควัตถุสีแดง หรือเบตาไซยานิน เนื่องจากความร้อนในการสกัด prickly pear fruit ที่สกัดโดยเอทานอล พบว่า ความเสถียรของเบตาไซยานินจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

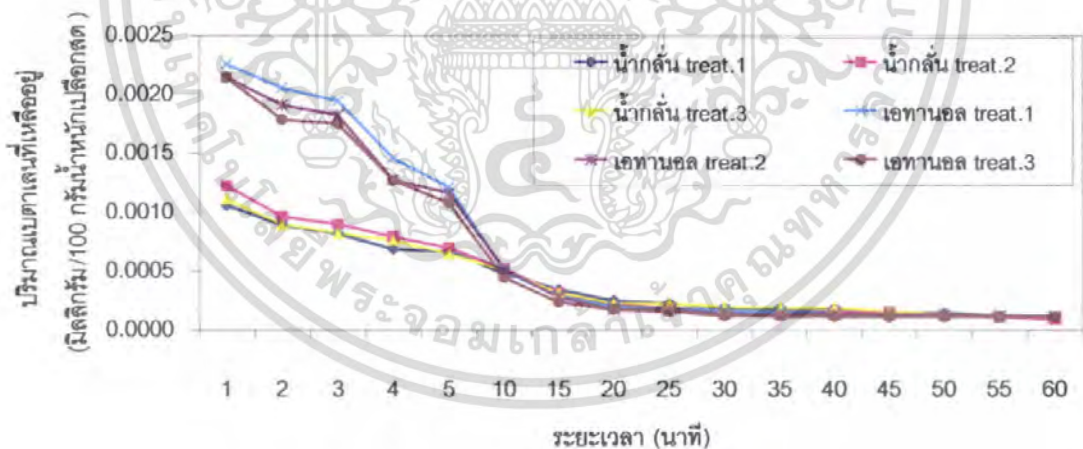
การศึกษาความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

จากการทดลองศึกษาความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร พบว่าเบตาเลนจะมีความเสถียรมากที่สุดที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิห้อง รองลงมา คือ อุณหภูมิ 72 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่ ที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเบตาเลน จะมีความเสถียรมากที่สุด เมื่อมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่มีความเป็นกรดอ่อน คือ ที่ pH 5 และ 6 รองลงมา คือ ที่ 3, 4 และ 7 ตามลำดับ ดังภาพที่ 18-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

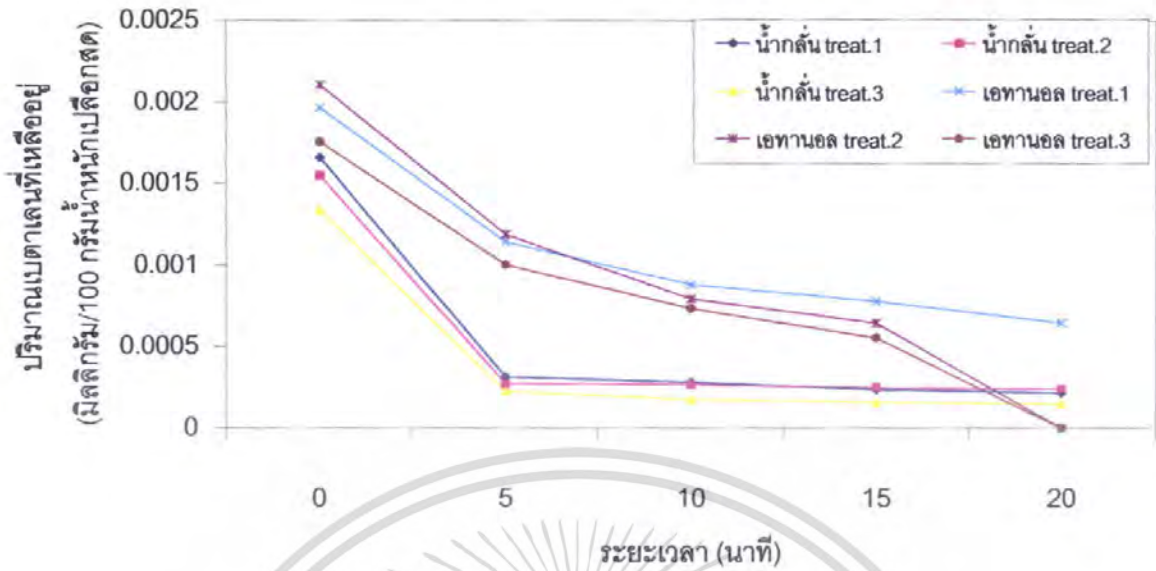


ภาพที่ 15 แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลนเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

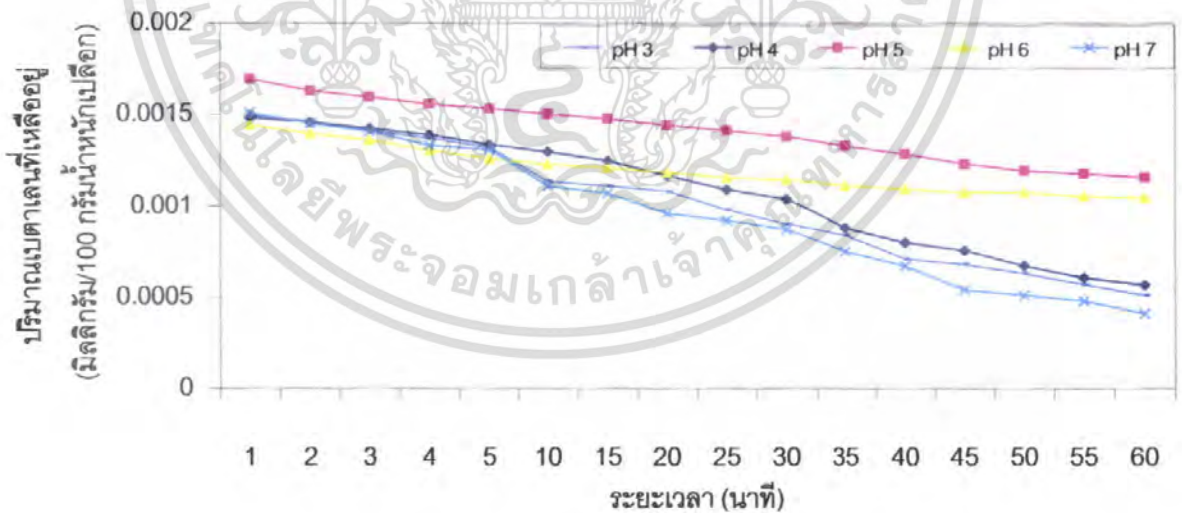


ภาพที่ 16 แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลนเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

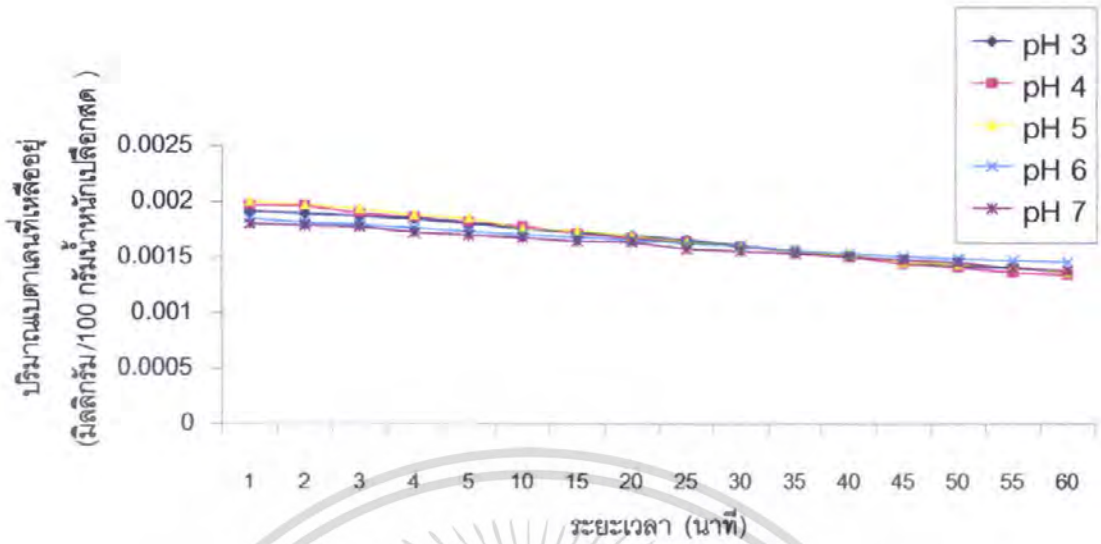


ภาพที่ 17 แนวโน้มความเสถียรของรงควัตถุเบตาเลนเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

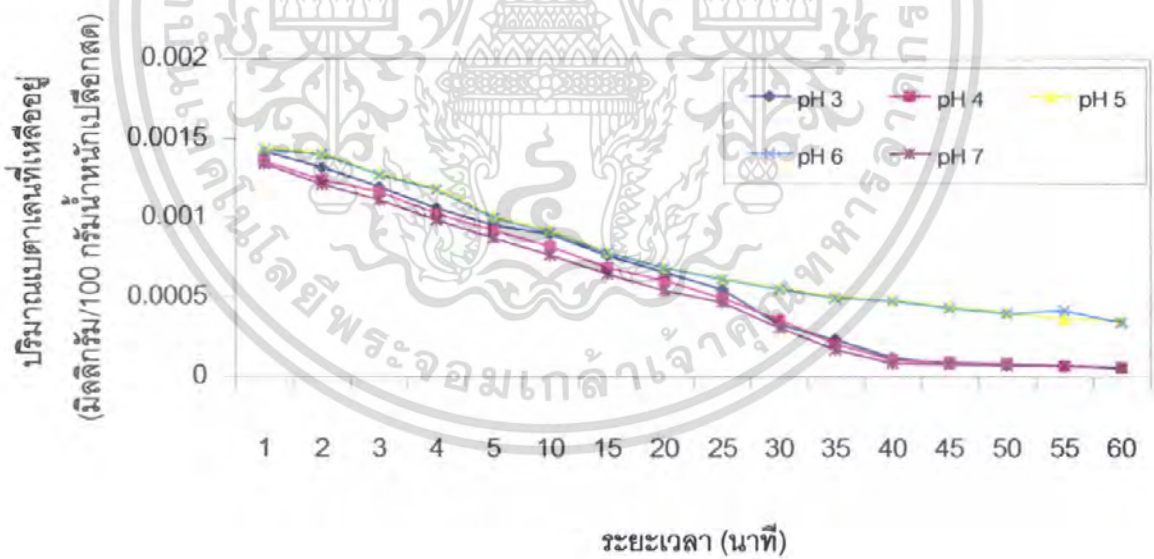


ภาพที่ 18 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

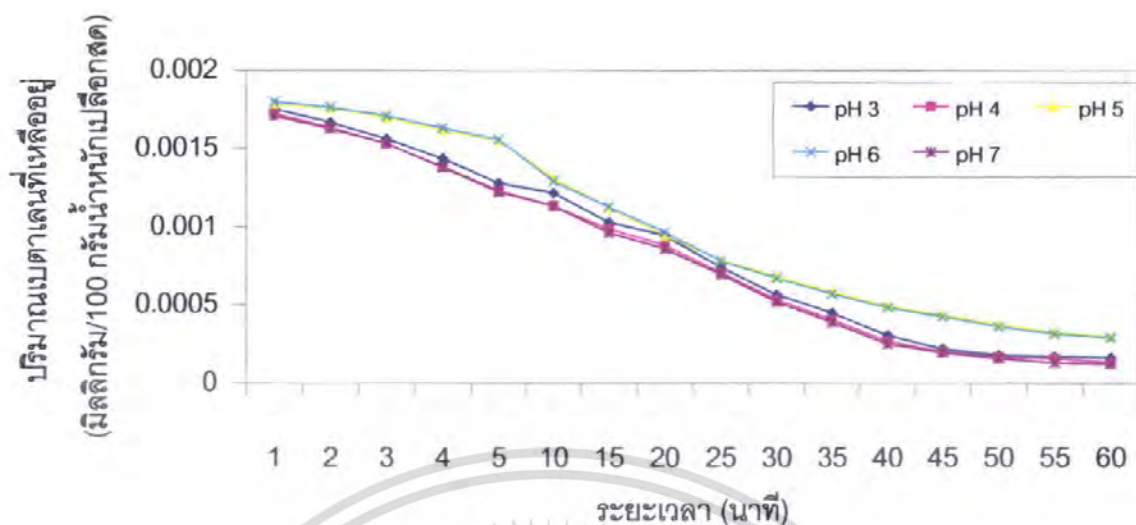


ภาพที่ 19 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาแคโรทีนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง

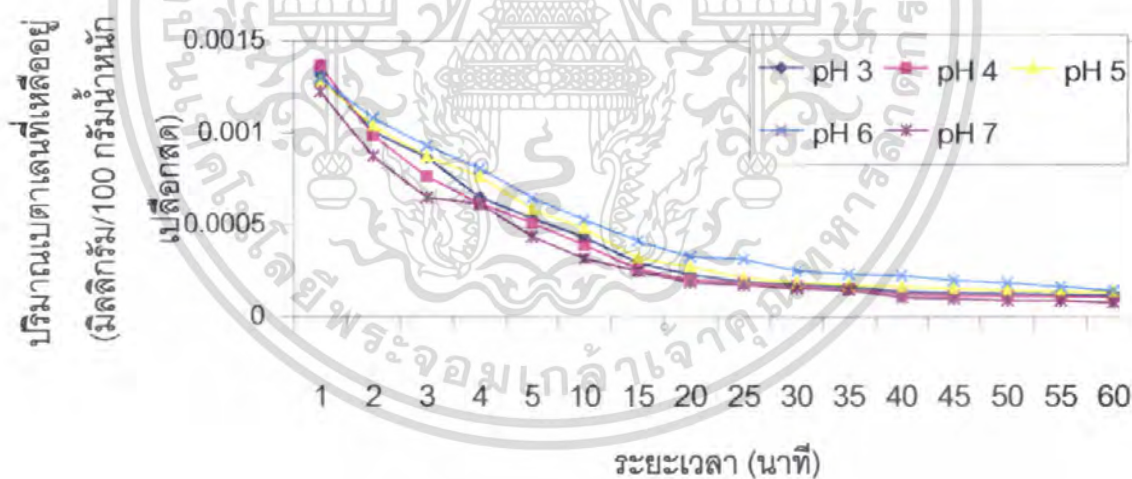


ภาพที่ 20 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาแคโรทีนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

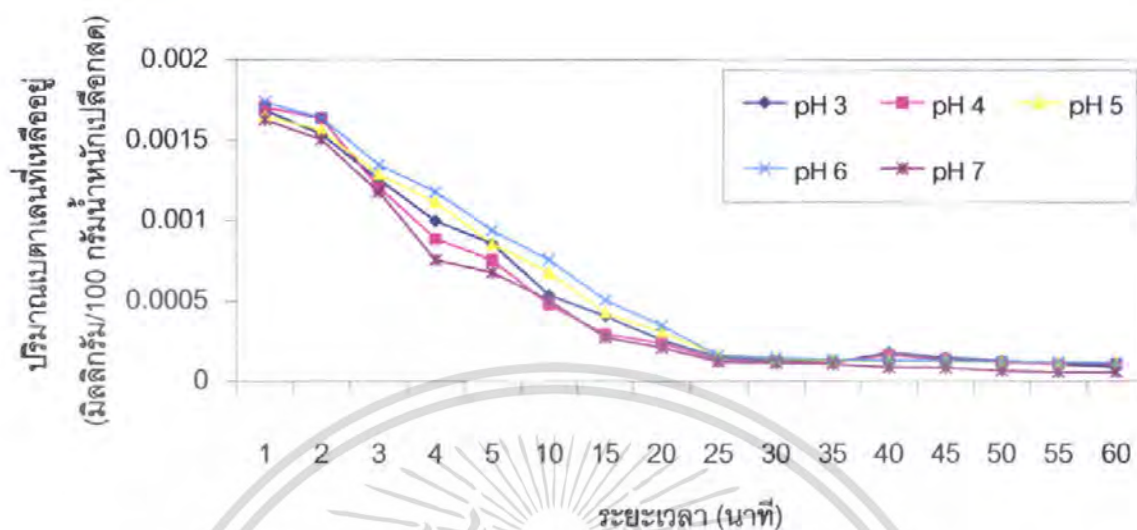


ภาพที่ 21 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาแลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาแลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 เปรียบเทียบความเสถียรของเบตาเลนที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ต่างต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลากุหลาบแดง

จากการทดลองใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลากุหลาบแดง ซึ่งได้ทำการศึกษาค่าผลของสารสกัดที่มีผลต่อ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตรารอด อัตราแลกเนื้อ (FCR) และค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H^a) พบว่า ได้ผลดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าสารสกัดเบตาเลนที่ได้จากเปลือกแก้วมังกรสด และสารสกัดเบตาเลนที่ได้จากเปลือกแก้วมังกรอบแห้ง ที่ความเข้มข้น 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่ออัตราแลกเนื้อ (FCR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ในขณะที่ ปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกสดมีอัตรารอดสูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม และปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกแห้งแบบผง โดยปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรารอดสูงกว่าปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และปลาที่ไม่ได้รับสารสกัดเบตาเลน

ส่วนค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H^a) ของปลาในแต่ละทรีตเมนต์ เมื่อทำการวัดทุกๆ 3 อาทิตย์ เป็นจำนวน 4 ครั้งพบว่า มีการเพิ่มขึ้นทุกๆ ครั้ง ดังตารางที่ 3 เมื่อหาค่าความเปลี่ยนแปลงของสี จากเริ่มต้น จนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรสดจะมีค่าความเปลี่ยนแปลงของสีมีปลาสูงสุด รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรผงอบแห้ง และปลาในกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ในขณะที่ปลาที่ได้รับสารสกัดความเข้มข้น 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์มีค่าความเปลี่ยนแปลงของสีผิวปลาสูงสุด รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับสารสกัดความเข้มข้น 40, 30, 20 เปอร์เซ็นต์ และปลากลุ่มควบคุม ตามลำดับ



ภาพที่ 24 เปรียบเทียบสีผิวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยปลาตัวแรกเป็นตัวแทนที่สุ่มมาจากปลาที่ไม่ได้รับสารสกัดเบตาเลน (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีค่า H° เท่ากับ 6.20 ในขณะที่ปลาตัวที่สองเป็นตัวแทนของปลาที่ได้รับสารสกัดเบตาเลน ถูกสุ่มมาจากหน่วยทดลองที่ 5 (T5) ซึ่งได้รับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรสด ที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่า H° เท่ากับ 21.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, อัตรารอด, อัตราแลกเนื้อ (FCR) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่เพิ่มขึ้น (H°) ของแต่ละหน่วยทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

| ชุดการทดลอง | อัตราแลกเนื้อ | อัตรารอด | เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น | ค่าวัดสี H° |
|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| ชุดการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมเบตาเลน) | 21.4 ± 1.62 ^{Aa} | 88.89 ± 2.22 ^{Aa} | 1.03 ± 0.06 ^{Aa} | 7.57 ± 0.28 ^{Aa} |
| ชุดการทดลองที่ 2 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 20 % | 20.7 ± 1.78 ^{Aa} | 97.78 ± 2.22 ^{Bb} | 1.24 ± 0.08 ^{ABa} | 11.29 ± 0.34 ^{Bc} |
| ชุดการทดลองที่ 3 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 30 % | 18.6 ± 0.93 ^{Aa} | 100 ± 0 ^{Bb} | 1.33 ± 0.05 ^{ABa} | 17.79 ± 0.18 ^{Cc} |
| ชุดการทดลองที่ 4 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 40 % | 19.8 ± 1.67 ^{Aa} | 97.78 ± 2.22 ^{Bb} | 1.31 ± 0.06 ^{ABa} | 20.05 ± 0.70 ^{Dc} |
| ชุดการทดลองที่ 5 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 50 % | 19.1 ± 1.15 ^{Aa} | 97.78 ± 2.22 ^{Bab} | 1.26 ± 0.02 ^{ABa} | 22.07 ± 0.48 ^{Ec} |
| ชุดการทดลองที่ 6 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 20 % | 20.3 ± 1.03 ^{Aa} | 91.11 ± 2.22 ^{Ab} | 1.20 ± 0.01 ^{Ba} | 9.15 ± 0.22 ^{Bb} |
| ชุดการทดลองที่ 7 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 30 % | 23.2 ± 0.13 ^{Aa} | 95.56 ± 2.22 ^{Ab} | 1.20 ± 0.02 ^{Ba} | 12.61 ± 0.12 ^{Cb} |
| ชุดการทดลองที่ 8 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 40 % | 20.7 ± 0.37 ^{Aa} | 93.33 ± 3.84 ^{Ab} | 1.19 ± 0.06 ^{Ba} | 14.88 ± 0.76 ^{Db} |
| ชุดการทดลองที่ 9 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 50 % | 20.2 ± 0.31 ^{Aa} | 88.89 ± 2.22 ^{Aab} | 1.18 ± 0.01 ^{Ba} | 18.37 ± 0.03 ^{Eb} |

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H^*) ของปลาในแต่ละทรีตเมนต์ ที่เพิ่มขึ้นในการวัดแต่ละครั้ง

| ชุดการทดลอง | ครั้งที่ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ชุดการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมเบตาเลน) | 54.69 ± 1.66 | 57.43 ± 0.32 | 58.76 ± 0.39 | 59.93 ± 1.29 | 62.26 ± 1.43 |
| ชุดการทดลองที่ 2 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 20 % | 50.58 ± 0.43 | 55.35 ± 1.05 | 57.89 ± 0.3 | 60.44 ± 1.11 | 61.87 ± 0.95 |
| ชุดการทดลองที่ 3 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 30 % | 46.81 ± 0.07 | 56.39 ± 3.22 | 59.56 ± 0.33 | 61.62 ± 0.42 | 64.6 ± 0.95 |
| ชุดการทดลองที่ 4 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 40 % | 43.64 ± 1.9 | 56.31 ± 1.06 | 59.31 ± 0.47 | 61.57 ± 1.48 | 63.7 ± 0.6 |
| ชุดการทดลองที่ 5 สารสกัดเปลือกสด ความเข้มข้น 50 % | 41.61 ± 0.98 | 55.98 ± 1.36 | 58.31 ± 1.26 | 60.32 ± 1.26 | 63.69 ± 0.86 |
| ชุดการทดลองที่ 6 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 20 % | 54.24 ± 0.88 | 55.69 ± 1.47 | 57.51 ± 2.13 | 60.19 ± 1.12 | 63.4 ± 1.42 |
| ชุดการทดลองที่ 7 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 30 % | 50.42 ± 1.54 | 55.83 ± 1.83 | 58 ± 2.7 | 60.83 ± 1.17 | 63.04 ± 0.61 |
| ชุดการทดลองที่ 8 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 40 % | 49.93 ± 2.14 | 57.02 ± 1.2 | 58.5 ± 2.51 | 60.21 ± 1.66 | 64.81 ± 2.18 |
| ชุดการทดลองที่ 9 สารสกัดเปลือกแห้งแบบผง ความเข้มข้น 50 % | 45.88 ± 0.95 | 56.68 ± 1.52 | 57.75 ± 1.68 | 61.83 ± 2.17 | 64.25 ± 2.25 |

สรุป

จากการศึกษาผลของสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลาอุบลแดง โดยเริ่มทำการศึกษาดัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร ซึ่งจากการศึกษาในดัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณเบตาเลนที่ดัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดสามารถสกัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารสกัดจากเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเบตาเลนเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเปลือก 100 กรัม ในขณะที่ สารสกัดจากดัวทำละลายน้ำกลั่นมีปริมาณเบตาเลนเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเปลือก 100 กรัม แสดงว่า เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นดัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร

นอกจากนี้ ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิ และความเป็นกรด – ด่าง ที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน ซึ่งได้ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 72 100 และ 121 องศาเซลเซียส โดยนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้อง พบว่า ที่อุณหภูมิทั้งสามอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิที่เบตาเลนมีความเสถียรมากที่สุด คือ ที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 72 100 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อทำการศึกษาความเป็นกรด – ด่างที่มีผลต่อความเสถียรของเบตาเลน ซึ่งได้ทำการศึกษาที่ความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 3 4 5 6 และ 7 พบว่า เบตาเลนมีความเสถียรมากที่สุดเมื่อมีค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 5 และ 6 ซึ่งเป็นกรดอ่อน รองลงมาคือ ที่ความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 3 4 และ 7 ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่งสีปลาอุบลแดง โดยการเปรียบเทียบสารสกัดสองชนิด ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรสด และสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรผง โดยให้ความเข้มข้น 5 ระดับ ได้แก่ 0 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารสกัดทั้ง 2 ชนิด คือ สารสกัดจากเปลือกสด และสารสกัดจากเปลือกอบแห้ง รวมถึงที่ความเข้มข้นทั้ง 5 ระดับ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราแลกเปลี่ยนของปลาอุบลแดง แต่ปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกสดมีอัตราการรอดสูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม และปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกแห้งแบบผง โดยปลาที่รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดสูงกว่าปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และปลาที่ไม่ได้รับสารสกัดเบตาเลน

ในขณะที่ค่าการวัดสีที่เพิ่มขึ้น (H°) ของปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกสด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกอบแห้ง และกลุ่มควบคุม โดยปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกสดจะมีค่าการวัดสีที่เพิ่มขึ้น (H°) สูงสุด รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกอบแห้ง และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ในขณะที่ ปลาที่ได้รับสารสกัดที่

ความเข้มข้นทั้ง 5 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสิ้นเชิง โดยปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการวัดสีที่เพิ่มขึ้น (H°) สูงสุด รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 40 30 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมตามลำดับ ตามลำดับ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าปลากุหลาบแดงที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกสด ที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการวัดสีที่เพิ่มขึ้น (H°) สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บรักษาสารสกัด สำหรับการใช้นั้น ควรเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ในขวดทึบเพื่อป้องกันแสงและความร้อน เพื่อช่วยยืดอายุให้แก่สารสกัด และไม่ควรเก็บไว้เกิน 2 เดือน เนื่องจากสารสกัดสามารถเสื่อมสภาพได้ตามอายุ หากต้องการนำสารสกัดไปใช้ในการผลิตอาหารปลา คุณสมบัติของอาหารปลาควรมีความเป็นกรด - ด่าง อยู่ในช่วง 5 - 6 และไม่ควรใช้ความร้อนสูงในการเตรียมอาหาร เนื่องจากจะส่งผลให้สารสกัดเสื่อมสภาพได้ง่าย

สิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

ศึกษาการเตรียมสารสกัดแบบผง และคุณสมบัติของสารสกัด
ศึกษาผลในระยะยาวของสารสกัดเบตาเลน ที่มีผลต่อปลา
ศึกษาระยะเวลาที่สั้นที่สุด ในการเสริมสารสกัดเบตาเลนที่มีผลต่อการเพิ่มสีของปลาสูงที่สุด
ศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้สารสกัดเบตาเลนมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ทศพร เกษมภักดี ปิยพร เลิศธนะแสงธรรม และอรนาฏ พัฒนกุลพงศ์. 2547. สมบัติทางด้านสีและการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- ธีระศักดิ์ วิเชียรเกื้อ. 2544. ผลของแสงต่อการสะสมแอนโทไซยานินในปลาทอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- นพพร สงค์อิม. 2539. การสกัดและการประยุกต์ใช้ของสารประกอบแอนโทไซยานิน. โครงการงานพิเศษ. ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- สิรินาท ตันทเกษม. 2545. การศึกษาสมบัติและความคงตัวของรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงในเยลลี่. อาหาร. 32(2) : 124-130.
- สุทธิลักษณ์ วัฒนกุล. 2545. ปลาสวยงาม. สารานุกรมปลาน้ำจืด. โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2545. แก้วมังกร พืชเศรษฐกิจ ผลไม้เพื่อสุขภาพ. สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- Boonyaratpalin, M., N. Unprasert. 1989. Effect of pigment from different sources on colour changes and growth of red *Oreochromis niloticus*. Aquaculture.79 (1-4) : 375-380.
- Cai, Y., M. Sun and H. Corke. 1998. Colorant Properties and stability of *Amaranthus* Betacyanin pigment. J. Agric. Food Chem. 46 : 4491-4495.
- Castellar, R., Obon, J.M., Alacid, M., Fernandez-Lopez, J.A. 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51 : 2772-2776.
- Forni, E., Polesello, A., Maestrelli, A. 1992. HPLC analysis the pigment of blood-red prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). Journal of Chromatography. 593 : 177-183.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Gibson, A.C., Nobel, P.S. 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge.
- Jose' A.F.L. and L. Almela. 2001. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigment in prickly pear fruits. *Journal of Chromatography A*. 913 (1-2) : 415-420.
- Merin, U., Gagel, S., popel, G. Bernstein, S. and Rosenthal, I. 1987. Thermal degradation kinetics of prickly-pear-fruit red pigment. *Journal of Food Science*. 52 : 485-486.
- Piatteli, M. 1981. The betalains : Structure, biosynthesis and chemical taxonomy. *The Biochemistry of plants*. 7 : 557-573.
- Stintzing, F.C., Schieber, A., Carle, R. 2002. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya *Hylocereus polyrhizus (Weber) Britton and Rose*. *Food Chemistry*. 77 : 101-106.
- Stintzing, F.C., J. conrad, I. Klaiber, U. Beifuss and R. Carle. 2004. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR an 2D NMR spectroscopy. *Phytochemistry*. 65 (4) : 415-422.
- Yew, H.C. and S.C. Jeng. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture*. 102 (4) : 333-346.

ภาคผนวก ก.

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- การเตรียมสารละลายซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ค่าความเป็นกรด – ต่าง ต่างๆ

สารละลาย A :

ละลายกรดซิตริก (Citric acid) 96.10 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร จะได้สารละลาย A ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์

สารละลาย B :

ละลาย $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 179 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร จะได้สารละลาย B ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์

ภาคผนวก ข.

การคำนวณปริมาณเบตาไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

- สูตรในการคำนวณปริมาณเบตาไซยานิน

$$A = abc$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

a = ค่า Extinction coefficient ของเบตาไซยานินที่ 538 นาโนเมตร เท่ากับ 1120

b = ความกว้างเซลล์ (คิวเวต) 1 เซนติเมตร

c = ปริมาณเบตาไซยานินในสารสกัดตัวอย่าง (กรัม)

ตัวอย่าง

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับการเจือจาง 10 เท่า มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.298

$$\text{แทนค่าสูตร} \quad 0.298 = 1120 \times 1 \times c$$

$$c = 2.66 \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

สารสกัดตัวอย่างมีระดับการเจือจาง 10 เท่า มีปริมาณเบตาไซยานิน = 2.66×10^{-4} กรัม

สารสกัดตัวอย่างมีระดับความเข้มข้นปกติ มีปริมาณเบตาไซยานิน = 2.66×10^{-3} กรัม

(ระดับความเข้มข้นปกติของสารสกัด ได้จากเปลือกแก้วมังกร 100 กรัมต่อตัวทำละลาย 500 มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ค.

ปริมาณเบตาไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อยู่สภาวะของอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด - ต่างที่แตกต่างกัน

| เวลา | อุณหภูมิห้อง | | | | | | | | | |
|------|--------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | น้ำกลั่น | | | | | เอทานอล | | | | |
| | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 |
| 1 | 0.001496 | 0.00148313 | 0.00169841 | 0.00144444 | 0.00151 | 0.00191766 | 0.00197222 | 0.00200694 | 0.00185317 | 0.00180754 |
| 2 | 0.001463 | 0.00145933 | 0.00163194 | 0.00139683 | 0.001452 | 0.00189881 | 0.00197024 | 0.00197817 | 0.00181448 | 0.00179067 |
| 3 | 0.001412 | 0.0014256 | 0.00159722 | 0.00136111 | 0.001408 | 0.00187302 | 0.00190179 | 0.00194048 | 0.00179762 | 0.00178075 |
| 4 | 0.001372 | 0.00139087 | 0.00155952 | 0.00130655 | 0.001332 | 0.0018502 | 0.00186607 | 0.0018869 | 0.00176885 | 0.00172817 |
| 5 | 0.001321 | 0.00133631 | 0.00153274 | 0.00125893 | 0.001309 | 0.00180853 | 0.00181845 | 0.00186012 | 0.00173611 | 0.00170437 |
| 10 | 0.001135 | 0.00129563 | 0.001502 | 0.00122817 | 0.00111 | 0.0017629 | 0.00178373 | 0.0017629 | 0.00170635 | 0.00167857 |
| 15 | 0.00111 | 0.00124802 | 0.001477 | 0.00121032 | 0.00107 | 0.00172321 | 0.00172024 | 0.00174008 | 0.00168254 | 0.00164683 |
| 20 | 0.00108 | 0.00116468 | 0.001443 | 0.00118353 | 0.00096 | 0.0016994 | 0.00167758 | 0.00169444 | 0.00166071 | 0.00164187 |
| 25 | 0.00098 | 0.00109127 | 0.001413 | 0.001156 | 0.00092 | 0.00165873 | 0.00164484 | 0.00164385 | 0.00162698 | 0.00157837 |
| 30 | 0.0009 | 0.00103869 | 0.001382 | 0.001144 | 0.00087 | 0.00160813 | 0.00159821 | 0.0016002 | 0.00160516 | 0.00155655 |
| 35 | 0.00084 | 0.00087996 | 0.001329 | 0.001113 | 0.00075 | 0.00155952 | 0.00155754 | 0.00155655 | 0.00155952 | 0.00153671 |
| 40 | 0.00071 | 0.00079861 | 0.001284 | 0.001093 | 0.00067 | 0.00150992 | 0.00150893 | 0.00152381 | 0.00153869 | 0.00150397 |
| 45 | 0.00068 | 0.00075397 | 0.001232 | 0.001075 | 0.00054 | 0.00144742 | 0.00144643 | 0.00145635 | 0.00150992 | 0.00148313 |
| 50 | 0.00063 | 0.00067361 | 0.001194 | 0.0010754 | 0.00051 | 0.00142163 | 0.00140873 | 0.0014375 | 0.00148909 | 0.00145734 |
| 55 | 0.00057 | 0.00060615 | 0.001178 | 0.00105357 | 0.00048 | 0.00140972 | 0.00136508 | 0.0014127 | 0.00147817 | 0.00140774 |
| 60 | 0.00051 | 0.00056746 | 0.00115774 | 0.00104663 | 0.00041 | 0.00136508 | 0.00134226 | 0.00136706 | 0.00146131 | 0.00138294 |

อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส

| เวลา | น้ำกลั่น | | | | | เอทานอล | | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 |
| 1 | 0.001418651 | 0.001357143 | 0.001444444 | 0.001428571 | 0.001339286 | 0.001753968 | 0.001725198 | 0.00178869 | 0.001800595 | 0.001710317 |
| 2 | 0.001318452 | 0.001238095 | 0.001409722 | 0.001397817 | 0.001211131 | 0.001666667 | 0.001632937 | 0.001760913 | 0.001765873 | 0.001625992 |
| 3 | 0.001194444 | 0.001165675 | 0.001277778 | 0.001268849 | 0.001112103 | 0.001561508 | 0.001531746 | 0.001698413 | 0.001709325 | 0.001530754 |
| 4 | 0.001060516 | 0.00102877 | 0.001190476 | 0.001176587 | 0.000989087 | 0.001435516 | 0.001384921 | 0.001617063 | 0.001631944 | 0.001376984 |
| 5 | 0.000955357 | 0.000924603 | 0.001007937 | 0.001000992 | 0.000875 | 0.00127877 | 0.001231151 | 0.001550595 | 0.001555556 | 0.001222222 |
| 10 | 0.000899802 | 0.000821429 | 0.000923611 | 0.000909722 | 0.000768849 | 0.001217262 | 0.001134921 | 0.00130754 | 0.001289683 | 0.001131944 |
| 15 | 0.000763889 | 0.000689484 | 0.000785714 | 0.000781746 | 0.000649802 | 0.001030754 | 0.000987103 | 0.001124008 | 0.001127976 | 0.000963294 |
| 20 | 0.000657738 | 0.000609127 | 0.000688492 | 0.000685516 | 0.000544643 | 0.000948413 | 0.000886905 | 0.000944444 | 0.00096627 | 0.000861111 |
| 25 | 0.000549603 | 0.000494048 | 0.000621032 | 0.000616071 | 0.000467262 | 0.000743056 | 0.000708333 | 0.000792659 | 0.00078373 | 0.000698413 |
| 30 | 0.000327381 | 0.000357143 | 0.000559524 | 0.000551587 | 0.000309524 | 0.000564484 | 0.000534722 | 0.000680556 | 0.000670635 | 0.000518849 |
| 35 | 0.000235119 | 0.000207341 | 0.000508929 | 0.000494048 | 0.000172619 | 0.000451389 | 0.00040873 | 0.000585317 | 0.000569444 | 0.000390873 |
| 40 | 0.00012004 | 0.000108135 | 0.000483135 | 0.00047619 | 8.53175E-05 | 0.000305556 | 0.000272817 | 0.000496032 | 0.000485119 | 0.000253968 |
| 45 | 8.51190E-05 | 9.4246E-05 | 0.000441468 | 0.000430556 | 7.93651E-05 | 0.000220238 | 0.000201389 | 0.000435516 | 0.000425595 | 0.000196429 |
| 50 | 6.96429E-05 | 8.4623E-05 | 0.00040377 | 0.000396825 | 7.34127E-05 | 0.000179563 | 0.000168651 | 0.000376984 | 0.000360119 | 0.000159722 |
| 55 | 7.04365E-05 | 7.12302E-05 | 0.000368056 | 0.000416667 | 6.64683E-05 | 0.000172619 | 0.000157738 | 0.000324405 | 0.000314484 | 0.000131944 |
| 60 | 5.46627E-05 | 5.9127E-05 | 0.000358135 | 0.000340278 | 5.75397E-05 | 0.00016369 | 0.000135913 | 0.000296627 | 0.000289683 | 0.000124008 |

จุดหมึ 100 องศาเซลเซียส

| เวลา | น้ำกลั่น | | | | | เอทานอล | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 | pH 3 | pH 4 | pH 5 | pH 6 | pH 7 |
| 1 | 0.001321 | 0.00137 | 0.001289 | 0.001301 | 0.00123 | 0.00169 | 0.00171 | 0.001654 | 0.00174 | 0.00163 |
| 2 | 0.00101 | 0.00099 | 0.001042 | 0.001084 | 0.000876 | 0.00154 | 0.00164 | 0.00157 | 0.00164 | 0.00151 |
| 3 | 0.000868 | 0.000767 | 0.000878 | 0.000933 | 0.000654 | 0.00126 | 0.00121 | 0.00129 | 0.00135 | 0.00118 |
| 4 | 0.000654 | 0.000621 | 0.000767 | 0.000811 | 0.000616 | 0.001 | 0.00089 | 0.00112 | 0.00118 | 0.00076 |
| 5 | 0.000541 | 0.000515 | 0.000589 | 0.000649 | 0.000439 | 0.00086 | 0.00076 | 0.00086 | 0.00094 | 0.00068 |
| 10 | 0.000436 | 0.000396 | 0.000485 | 0.000531 | 0.000321 | 0.00054 | 0.00048 | 0.00068 | 0.00076 | 0.00051 |
| 15 | 0.000297 | 0.000264 | 0.000324 | 0.000414 | 0.000251 | 0.00041 | 0.000298 | 0.00043 | 0.00051 | 0.000274 |
| 20 | 0.000232 | 0.000206 | 0.000276 | 0.000329 | 0.000191 | 0.00026 | 0.000241 | 0.00031 | 0.00035 | 0.000214 |
| 25 | 0.000195 | 0.000187 | 0.000215 | 0.000315 | 0.000176 | 0.000152 | 0.000135 | 0.000167659 | 0.000164 | 0.000125 |
| 30 | 0.000178 | 0.000171 | 0.00019 | 0.000251 | 0.000159 | 0.000135 | 0.000127 | 0.000142857 | 0.000151 | 0.000116 |
| 35 | 0.000167 | 0.000156 | 0.000176 | 0.000235 | 0.000147 | 0.00012 | 0.000119 | 0.000134921 | 0.00014 | 0.00011 |
| 40 | 0.000141 | 0.000126 | 0.000169 | 0.000226 | 0.000108 | 0.00018 | 0.00017 | 0.000128968 | 0.000132 | 0.00009 |
| 45 | 0.000132 | 0.000119 | 0.000157 | 0.000202 | 0.0001 | 0.00015 | 0.00014 | 0.000126984 | 0.00013 | 0.000089 |
| 50 | 0.000129 | 0.000117 | 0.00015 | 0.000187 | 0.00009 | 0.00013 | 0.00012 | 0.000122024 | 0.000124 | 0.00007 |
| 55 | 0.000125 | 0.000115 | 0.000145 | 0.000169 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00011 | 0.000119048 | 0.000121 | 0.00006 |
| 60 | 0.000121 | 0.000111 | 0.000142 | 0.000148 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00011 | 0.000114087 | 0.000116 | 0.00006 |