



ใบรับรองปัญหาพิเศษ



T096569

เรื่อง

สมบัติทางด้านสี และการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร  
(Color properties and antioxidation activity of the extract from dragon fruit peel)

โดย

นายทศพร	เกษมศักดิ์	รหัสประจำตัว	43040175
นางสาวปิยพร	เลิศระนะแสงธรรม	รหัสประจำตัว	43040180
นางสาวอรนาฎ	พัฒน์กุลพงษ์	รหัสประจำตัว	43040206

ได้รับความเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร.ประพันธ์ ปินศิริโรดม)

...../...../.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ป.พ.

ท 234๘

2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้.....  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก.....  
วัน เดือน ปี.....

นายทศพร เกษมภักดี นางสาวปิยพร เลิศชนะแสงธรรม และนางสาวอรนาฎ พัฒนกุลพงศ์. 2546 : สมบัติทางด้านสี และการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร (Color properties and antioxidant activity of the extract from Dragon fruit peel) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

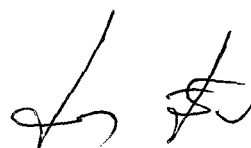
### บทคัดย่อ

แก้วมังกร เป็นพืชในตระกูลกระบองเพชร พันธุ์เนื้อสีขาวและเปลือกสีแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Hylocereus untadus* (Haw.) Britt and Rose เมื่อสกัดรงควัตถุเบต้าไซยานิน (betacyanin) จากเปลือกแก้วมังกรโดยใช้ตัวทำละลายต่างกัน คือ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และซิเตรทบัฟเฟอร์ พบว่า สารสกัดที่ได้มีปริมาณเบต้าไซยานิน  $9.24 \pm 0.12$ ,  $8.97 \pm 0.14$  และ  $9.01 \pm 0.39$  มิลลิกรัม/100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด ตามลำดับ มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด  $45.28 \pm 0.15$ ,  $43.82 \pm 0.52$  และ  $42.88 \pm 0.45$  มิลลิกรัม/100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS  $18.60 \pm 0.54\%$ ,  $13.95 \pm 1.26\%$  และ  $15.12 \pm 4.56\%$  ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า เบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกรมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 50 > 70 > 90 องศาเซลเซียส และมีความเสถียรจากมากไปหาน้อย ที่ pH 5, 3, 4, 6 และ 7 ตามลำดับ

เมื่อนำเปลือกแก้วมังกรอบแห้งและบดให้เป็นผงมาเติมลงในน้ำนมสำหรับผลิตโยเกิร์ต พบว่า เมื่อปริมาณเปลือกแก้วมังกรผงที่เติมเพิ่มขึ้น สีของโยเกิร์ตที่ได้มีสีชมพูมากขึ้น อัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น ความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และมีเนื้อสัมผัสเป็นทราย อย่างไรก็ตามความชอบและการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบลดลง

อรนาฎ พัฒนกุลพงศ์  
ปิยพร เลิศชนะแสงธรรม  
...ทศพร...เกษมภักดี.....

ลายมือนักศึกษา

  
.....  
(ผศ.ดร.ประพันธ์ ปันศิริโรคม)

ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

... 1 เม.ย. 47 .....

วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ทั้งนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษฉบับนี้ที่กรุณาสละเวลาคอยแนะนำให้คำปรึกษา และดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก รวมทั้งขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ และครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจทรัพย์ และกำลังใจผู้ต่ออุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปัญหาพิเศษ(รักสุดๆ) และขอขอบคุณ “พี่ธง ธงชัย”, “พี่ห่มวย ศศิพร”, พี่นุ ทนาวุฒิ, พี่จิง, พี่ตูน (ป. โท), พี่ต่อ(ห้องคอมฯ), พี่เป็ อก.รุ่น17, พี่เดียร์ อก.รุ่น18 และพี่ๆที่แสนน่ารักที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้ความเชื่อมั่นในตัวเองเสมอ (ต้องทำได้!)

ขอขอบคุณเพื่อนๆใน โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร รุ่นที่ 20 ทุกคน ที่جمหัวจมท้ายกันมาตลอด 4ปี โดยเฉพาะเพื่อนๆสาขาอุตสาหกรรมเกษตร(ภาคปกติ) ที่ให้ความเป็นเพื่อนที่ดีเสมอมา แม้ว่าจากจบจะไม่สวยงาม แต่ความเป็นเพื่อนและความสัมพันธ์แบบเพื่อนของทั้ง 38คน ไม่มีใครสามารถตัดมันขาดได้ ความรักและความห่วงใยยังมีให้กันเสมอแม้จะไม่แสดงออก...จริงมั๊ย??

ขอขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับเพื่อนๆเหล่านี้ ป้าบอล วรชัย, แบน อธิกร, แหวน วิภารัตน์, เก่ง พิสิทธิ์, เป็ด สุภาภรณ์ ที่คอยรับฟัง ช่วยเหลือ และให้ความห่วงใยอย่างจริงใจ ขอขอบคุณจริงๆนะ

นอกจากนี้ยังมีพี่ป้าลม, เบสท์, ส้ม ที่คอยอยู่ข้างๆให้กำลังใจคณะผู้จัดทำเสมอ รวมถึงน้องรหัสผู้น่ารักของพี่ๆ เหน่ง, มินท์, บอส, จิน, ..... (ยังมีน้องพลีวที่คอยเฝ้าเวลาทำlab เสมอ และไม่ลืมกระปุกที่คอยต้อนรับเวลากลับบ้านด้วยความเหนื่อยล้า)

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณตัวเองที่ทำงานสำเร็จจนได้ การทำปัญหาพิเศษมันเป็นบททดสอบชีวิตอีกด้านจริงๆ ขอขอบคุณตัวเองที่สู้, อดทน, และฝ่าฟันอุปสรรคจนได้ รวมถึงเหงื่อ, น้ำ และความท้อแท้ที่เกิดขึ้น ครบทุรสชาติจริงๆ

ทศพร เกษภักดี

ปิยพร เลิศชนะแสงธรรม

อรนาฎ พัฒนกุลพงศ์

2 เมษายน 2547

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก.
กิตติกรรมประกาศ	ข.
สารบัญ	ค.
สารบัญตาราง	จ.
สารบัญภาพ	ฉ.
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	
2.1 แก้วมังกร	2
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแก้วมังกร	2
2.1.2 การจำแนกต้นแก้วมังกร	2
2.1.3 คุณสมบัติพิเศษของต้นแก้วมังกร	3
2.1.4 ลักษณะของผลแก้วมังกรที่มีคุณภาพ	3
2.1.5 คุณสมบัติทางสมุนไพรของแก้วมังกร	4
2.1.6 การใช้ประโยชน์จากผลแก้วมังกร	4
2.2 เบต้าเลน	5
2.2.1 ชีวิตสังเคราะห์ของเบต้าเลน	6
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของเบต้าไซยานิน	7
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุ	9
3.2 อุปกรณ์	9
3.3 สารเคมี	10
3.4 วิธีการทดลอง	
3.4.1 การเตรียมเปลือกแก้วมังกร	10
3.4.2 การสกัดสารจากเปลือกแก้วมังกร	10
3.4.3 การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดควิตตงจากเปลือกแก้วมังกร	11
3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด	11
3.4.5 การศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้ว	

มังกร

12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร	12
3.4.7 การเตรียม และการใช้ประโยชน์จากใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	13
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	
4.1 การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร	15
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร	18
4.3 การวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร	19
4.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร	20
4.5 การเตรียม และการใช้ประโยชน์จากใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	
4.5.1 การวิเคราะห์อัตราการหมักเกิดกรดแลคติกของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างๆ	24
4.5.2 การวิเคราะห์ความแน่นของลิม โยเกิร์ตที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณที่ต่างกัน	27
4.5.3 การวิเคราะห์สีของ โยเกิร์ตที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณที่ต่างกัน	28
4.5.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของ โยเกิร์ตที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร ในปริมาณที่ต่างกัน	29
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ</b>	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	34

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก	11
4.1	ความยาวคลื่นที่สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด	15
4.2	ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน	18
4.3	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร	19
4.4	ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน	20
4.5	ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ และpHต่างกัน เป็นเวลา 20นาทึ	23
4.6	ค่า pHของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส	25
4.7	ค่าความเป็นกรดทั้งหมดของตัวอย่าง โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส	26
4.8	ความแน่นของลิม โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร ในปริมาณต่างกัน เมื่อบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	27
4.9	สีของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน เมื่อบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	28
4.10	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณแตกต่างกัน เมื่อบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	30

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้าง และกลไกปฏิกิริยาการสังเคราะห์เบต้าเลน 2 ชนิด คือ เบต้าไซยานิน และเบต้าแซนธิน	6
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตร ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้ น้ำกลั่น ในการสกัด	15
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตร ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้ แอลกอฮอล์ ในการสกัด	16
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตร ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้ ไซเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.5 ในการสกัด	16
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตร ของสารสกัดจากเนื้อแก้วมังกรพันธุ์ <i>Opuntia stricta</i> , <i>Opuntia undatus</i> , <i>Opuntia ficus-indica</i>	17
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติกซึ่งเป็นสารประกอบ โพลีฟีนอลมาตรฐาน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	18
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600นาโนเมตร และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา	19
4.7	ผลของpH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	21
4.8	ผลของpH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	21
4.9	ผลของpH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	22
4.10	ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อบ่มที่อุณหภูมิและ pH แตกต่างกัน เป็นเวลา 20 นาที	24
4.11	ค่าpHของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43องศาเซลเซียสในช่วงเวลาการบ่ม10ชั่วโมง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ค่าความเป็นกรดทั้งหมด(คำนวณ โดยเทียบกับกรดแลคติก)ของตัวอย่าง โยเกิร์ต ที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสในช่วงระยะเวลาบ่ม 10 ชั่วโมง	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

แก้วมังกรเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค โดยส่วนเปลือกของแก้วมังกรเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการบริโภคและไม่ได้ใช้ประโยชน์ใดๆ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของส่วนเปลือกมีสารต่างๆที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น สารเมือก (mucilage) ซึ่งเป็นสารโพลีแซ็กคาไรด์เชิงซ้อน (complex polysaccharide) มีประโยชน์ต่อสุขภาพในการลดระดับน้ำตาลกลูโคส ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และคลอเลสเตอรอล (cholesterol) ในร่างกาย รวมทั้งรงควัตถุสีม่วงแดงในเปลือกแก้วมังกร ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทเบต้าไซยานิน (betacyanin) สามารถสกัดออกมาเป็นสีผสมอาหารธรรมชาติซึ่งใช้แทนสีผสมอาหารสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า รงควัตถุเบต้าไซยานินมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกด้วย (Escribano *et. al.*, 1998 ; Pedreno and Escribano, 2001)

ดังนั้น ปัญหาพิเศษนี้จึงให้ความสำคัญในการศึกษาสารสกัด และคุณสมบัติทางด้านสารสีของรงควัตถุเบต้าไซยานิน รวมทั้งสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกแก้วมังกร ซึ่งเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกแก้วมังกรต่อไป

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร
2. เพื่อศึกษาการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร
3. เพื่อศึกษาหาผลกระทบของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร
4. เพื่อศึกษาการเตรียม และการใช้ประโยชน์จากใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร

## บทที่ 2

### วารสารปริทรรศน์

#### 2.1 แก้วมังกร

แก้วมังกร หรือ Dragon Fruit เป็นพืชในตระกูลกระบองเพชร มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกากลาง ได้แก่ เวสต์อินดีส โคลัมเบีย กัวเตมาลา เวเนซุเอล่า และอื่นๆ มีปลูกอย่างแพร่หลายและยาวนานมากในเวียดนาม สำหรับในประเทศไทย พบว่ามีผู้นำเข้ามาปลูกนานมากกว่ากึ่งศตวรรษ และพบพืชประเภทนี้ในธรรมชาติซึ่งเป็นผลไม้ท้องถิ่นในท้องถิ่นต่างๆ เช่น หุบเขาบอนชลบุรี พนมทวน กาญจนบุรี มวกเหล็ก สระบุรี และสมุทรสงคราม รวมทั้งลำพูนด้วย เนื่องจากผลไม้นี้มีรูปร่างคล้ายลูกแก้วจึงได้ชื่อว่า “แก้วมังกร” (สุรพงษ์, 2545)

##### 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแก้วมังกร

ต้นแก้วมังกรอยู่ในวงศ์แคกตาซีอี (Cactaceae) ในสกุลไฮโลซีรีอัส (Hylocereus) เป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย โดยมีความยาวลำต้น 5 เมตร หรือยาวกว่า รากมี 2 กลุ่ม คือ รากดินและรากอากาศซึ่งใช้ยึดเกาะ และดูดน้ำกับแร่ธาตุ ลำต้นมักจะเป็น 3 แฉก หรือเหลี่ยม เป็นข้อๆสีเขียว หรือเทาอมน้ำเงิน ขอบลำต้นมักจะมีแฉก ลักษณะตามขอบเป็นหยักซึ่งมีโหนก และมีโคนโหนกจะมีแฉง และมีหนามสั้น แต่บางต้นก็พบว่าไม่มีหนาม หรือมีจำนวนน้อยมาก

ดอกของต้นแก้วมังกรมีขนาดใหญ่ เป็นรูปทรงกรวยคล้ายแตร และบานในเวลากลางคืน โดยจะบานเพียงคืนเดียว (Jacob, 1999) สีของดอกมีสีขาวแต่อาจมีสีแดงปนแต่น้อยมากรอบๆของส่วนรังไข่แข็งแรง กลีบดอกกว้างเป็นสามเหลี่ยม เกสรตัวผู้มีจำนวนมากติดกันเป็นแผง ก้านเกสรตัวเมียอ้วน ปลายเกสรตัวเมียเป็นแฉก ผลมีขนาดใหญ่ รูปทรงกลมหรือกลมแป้น รูปไข่ หรือทรงกลมรี เป็นผลไม้แบบมีกลีบกว้าง เมล็ดรูปไข่ ขนาด  $2.5 \times 1.5$  มิลลิเมตร สีน้ำตาลไหม้ ผิวเรียบ รอยบุ๋มขนาดกลางลาดเอียงบนผิว มีสารเหนียวคล้ายวุ้นหุ้มเมล็ด (สุรพงษ์, 2545)

##### 2.1.2 การจำแนกต้นแก้วมังกร

ต้นแก้วมังกรในสกุลไฮโลซีรีอัสมีอยู่ 18 ชนิด แต่ชนิดที่นำมาทดลองในปัญหาพิเศษคือแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. and Rose มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาเขตร้อน ลำต้นเป็นท่อนๆ หรือ ข้อยาวสีเขียว มี 3 แฉกเป็นส่วนใหญ่ ลำต้นมีขนาดใหญ่มาก 4.0 – 7.5 เซนติเมตร สันของแฉกแข็งแรง และเป็นหยัก ระหว่างหยักห่างกัน 3-5 เซนติเมตร ตรงหยักมีโหนก ส่วนโคนโหนกเป็นแฉงและมีกลุ่มปุยขนสีขาวล้อมรอบหนามแข็งแรง และแหลมซึ่งเป็นรูปกรวยสีน้ำตาลเทาขนาดเล็กจำนวน 1-3 หนาม โดยแต่ละหนามยาว 3-6 มิลลิเมตร ที่จุดเกิดหนามทำหน้าที่คล้ายตาข้าง มีคุณสมบัติของเนื้อเยื่อเจริญ นอกจากกำเนิดหนามแล้วยังสามารถกำเนิดดอก และกิ่งใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำต้นในที่นี้เป็นลำต้นรวม ซึ่งมีลำต้นจริงอยู่แกนกลาง โดยมีเนื้อเยื่ออวบน้ำหุ้มอยู่รอบนอกเป็นแฉก ทั้งนี้เป็นเนื้อเยื่อสะสมน้ำ อาหาร เกือบแร่ ธาตุต่างๆ รวมทั้งสารต่างๆที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของต้นแก้วมังกร มีสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์อยู่ในเนื้อเยื่ออวบน้ำนี้ ซึ่งมีจำนวนคลอโรฟิลล์มากบริเวณใต้ผิว ผิวที่หุ้มอยู่รอบนอกของลำต้นสามารถลอกออกมาได้เป็นแผ่น และมีความเหนียว

ดอกแก้วมังกรยาว 25 – 30 เซนติเมตร บานตอนกลางคืนมีกลิ่นอ่อนมาก ดอกมีความกว้าง 15 ถึง 25 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายแตร กลีบดอกวงนอกออกสีทองอ่อน ส่วนกลีบดอกวงในมีสีขาว

ผลทรงกลมรี หรือรูปไข่ ผิวสีแดงบานเย็น ซึ่งบางส่วนปกคลุมด้วยกลีบผลสีเขียวเรียวยาว 2.5 เซนติเมตร เนื้อมีสีขาวคล้ายไอศกรีมกะทิ ในเนื้อผลมีเมล็ดซึ่งแลดูคล้ายงา หรือแมงลักฝังกระจายอยู่ทั่วไป ผลอาจจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 12 เซนติเมตร พบในอเมริกาเขตร้อนและปลูกกันในประเทศเขตร้อนเพื่อกินผล (สุรพงษ์, 2545)

### 2.1.3 คุณสมบัติพิเศษของต้นแก้วมังกร

ลำต้นสะสมน้ำได้มาก เพราะพืชพวกนี้มีเวกคิวโอลขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางเซลล์ และลักษณะพิเศษหลายอย่าง ในการป้องกันการสูญเสียน้ำ ทำให้ทนแล้งได้มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ พืชเหล่านี้มีการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกระบวนการพิเศษ เป็นพืชประเภทเปลี่ยนแปลงกรดคล้ายกับพืชในวงศ์คราสซูลาเซีย (crassulacean acid metabolism) เรียกพืชกลุ่มนี้แบบย่อๆ คือ พืชแคม (CAM) ซึ่งมีปากใบเปิดตอนกลางคืน ทำให้แลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี กลางวันปากใบมีความต้านทานสูงหรือปากใบปิดทำให้เสียน้ำน้อยกว่าพืชอื่นๆ 5-10 เท่าตัวในตอนกลางวัน (Raveh *et.al.*, 1998) กลางคืนเกิดการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และตามมาด้วยการสะสมกรดเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงต่อไป (Drennan and Noble, 2000 ; สุรพงษ์, 2545)

### 2.1.4 ลักษณะของผลแก้วมังกรที่มีคุณภาพดี

ลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรที่มีคุณภาพดีควรมีรูปร่างทรงตามพันธุ์ ผลแก่ได้ที่แลดูสดและผลแน่น ทรงผลอาจเป็นทรงรูปไข่ สีของผลควรเป็นสีแดงบานเย็นเกือบทั้งผล ยกเว้นกลีบบนผลมีสีเขียว แต่โคนกลีบสีแดงบานเย็น กลีบผลสมสัดส่วนไม่กรุงรัง ผิวด้านล่างจะมีสีเขียวเข้มกว่าผิวด้านบน ผลที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ หรือหลังเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ กลีบผลจะยังคงมีสีเขียว กลีบผลที่เหลืองเร็ว และเหี่ยวเร็วจะเป็นลักษณะที่ไม่ดี ขนาดของผลควรอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 กิโลกรัม ผิวผลและกลีบผลควรจะเรียบมัน นอกจากนี้ ผลต้องไม่มีรอยบุ๋ม หรือมีลักษณะที่นุ่มเหลว

ลักษณะภายในของผลแก้วมังกร เมื่อผ่าผลออก(ตามยาว) เนื้อจะมีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำกะทิ มีเมล็ดสีดำฝังตัวกระจายอยู่ทั่วไป เนื้อแน่น รสชาติหวานอมเปรี้ยว เนื้อแก้วมังกรมีความหวานสูงสุดบริเวณส่วนกลางผล โดยความหวานของเนื้อแก้วมังกรในประเทศไทยอยู่ระหว่าง 13-16

เอ็กสตรัคชันเป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการวิจัยและพัฒนา เมื่อผู้ใดได้เห็นเอกสารฉบับนี้โดยไม่มีการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรด 0.2-0.3เปอร์เซ็นต์ หากมีกลิ่นหมัก หรือกลิ่นแอลกอฮอล์ หวานซึด แสดงว่าเป็นลักษณะที่ไม่ดี (สุรพงษ์, 2545)

### 2.1.5 คุณสมบัติทางสมุนไพรของแก้วมังกร

พืชพวกกระบองเพชรมีสารเมือก หรือสารเมือก(mucilage) เป็นจำนวนมาก สารพวกนี้คือ สารโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อน (complex polysaccharides) ซึ่งมีลักษณะคล้ายวุ้นเหลว หรือคล้ายเยลลี่ และมีสมบัติดูดน้ำ ซึ่งผลของแก้วมังกรมีสารเมือกนี้อยู่เช่นกัน (คชมิณ,2544 และสุรพงษ์, 2545)

มีรายงานกล่าวว่า ได้มีการใช้ลำต้น ดอก และผลของพวกกระบองเพชร ซึ่งมีคุณสมบัติทางยา ช่วยปรับปรุงการควบคุมน้ำตาลกลูโคสในคนที่ เป็นโรคเบาหวาน โดยไม่ต้องพึ่งอินซูลิน เนื่องจากสามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคส และเพิ่มฤทธิ์ของอินซูลินภายใต้สภาวะน้ำตาลในเลือดสูง สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) และคอเลสเตอรอลทั้งหมด โดยเน้นการลดไลโปโปรตีนคอเลสเตอรอล (lipoprotein-cholesterol) ชนิดความหนาแน่นต่ำในเลือดได้ (Mizrahi et.al. , 1997) แก้วมังกรเป็นอาหารเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติจึงมีการผลิตเพื่อบริโภคในหลายประเทศ นอกจากนี้ ผลแก้วมังกรมีปริมาณของธาตุเหล็กสูง การรับประทานผลแก้วมังกรจะช่วยบรรเทาโรคโลหิตจางได้ และการรับประทานผลแก้วมังกรพิวสียอง (*Selenicereus megalanthus*) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์กระบองเพชรอีกสายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งมีสารแคปทีน (captine) จะช่วยบำรุงหัวใจ

### 2.1.6 การใช้ประโยชน์จากผลแก้วมังกร

ผลแก้วมังกรมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่างๆมากมายจึงนิยมบริโภค โดยการรับประทานในรูปของเนื้อแก้วมังกรสด แต่เมื่อมีผลผลิตมากเกินไปความต้องการของตลาดจึงนำผลแก้วมังกรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เช่น เป็นส่วนผสมในไอศกรีม ใช้ในการผลิตแยม น้ำหวาน ผลไม้กวน ทำลูกอม รวมทั้งการผลิตไวน์ (สุรพงษ์ , 2545)

นอกจากนี้มีการสกัดสารสีของเปลือกแก้วมังกร และเนื้อแก้วมังกรจากพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง(*Hylocereus polyrhizus*) ซึ่งเป็นสารสีม่วงแดงธรรมชาติเป็นสีผสมอาหารทางการค้า (von Eble, 1975) โดยมีการใช้สีที่สกัดได้เพื่อให้สีผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศอิสราเอล เช่น ผลิตภัณฑ์จากนมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทที่มีการเติมน้ำผลไม้ และไม่มี การเติมน้ำผลไม้ เป็นต้น(Mizrahi and Nerd, 1999)

Wybraniec and Mizrahi (2002) พบว่า แก้วมังกรในสกุลไฮโลซีริอัสที่มีสายพันธุ์แตกต่างกัน จะมีองค์ประกอบ และสัดส่วนของรงควัตถุที่แตกต่างกัน ดังนั้น แก้วมังกรที่ต่างสายพันธุ์กัน จะมีโทนสีของแดงของเนื้อ และเปลือกที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ Stintizing และคณะ (2000) รายงานว่า สีของเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงมีลักษณะที่เหมือนสีของหัวบีท

เปลือกของแก้วมังกรที่มีสีแดงบานเย็นนี้เป็นแหล่งของรงควัตถุสีแดงธรรมชาติที่มีปริมาณสูง ซึ่งสามารถสกัดออกมาใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติแก่ผลิตภัณฑ์อาหารแทนสีสังเคราะห์ได้ รงควัตถุนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุสีแดงในเปลือกแก้วมังกรที่สำคัญ คือ เบต้าไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มของเบต้าเลน (betalain) (Castellar *et.al.* ,2003)

## 2.2 เบต้าเลน (betalains)

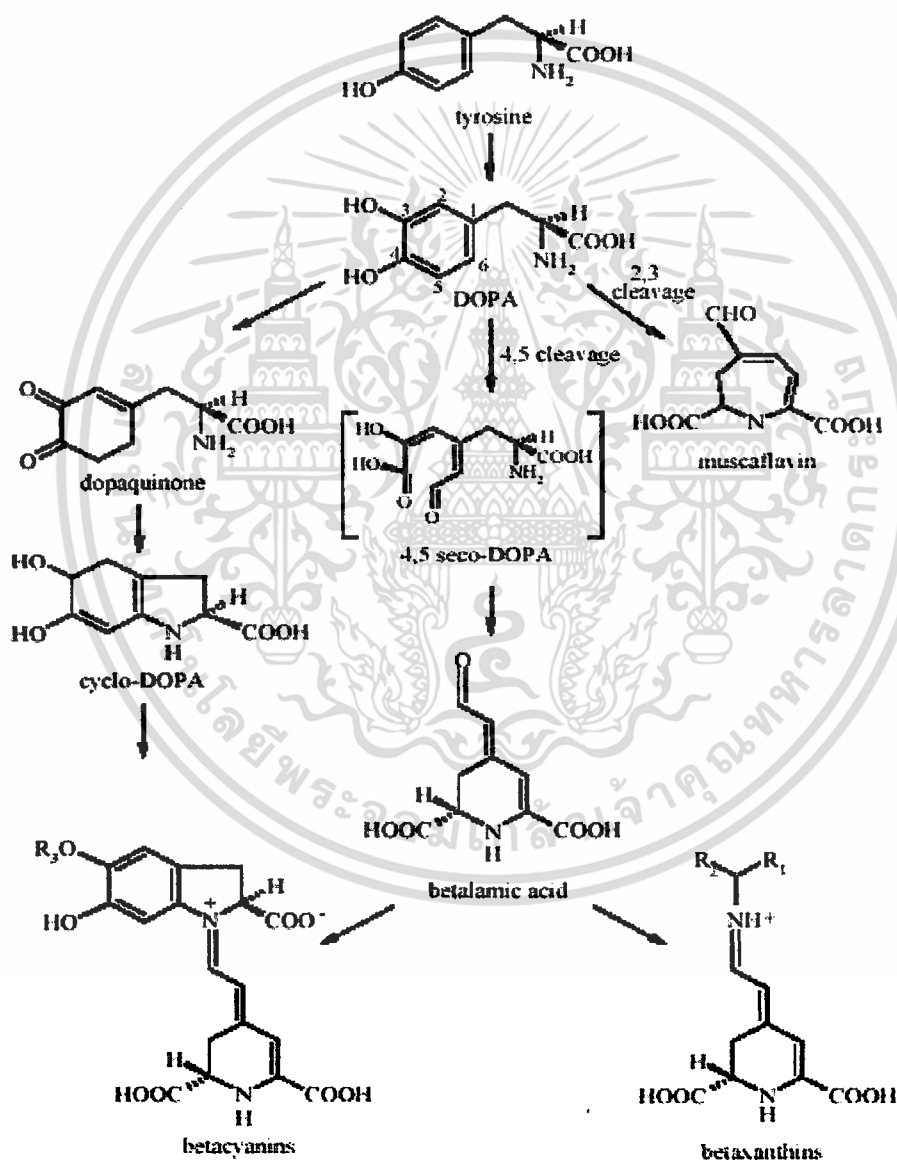
พืชในธรรมชาติมีสีที่แตกต่างกันมากมาย เนื่องจากมีรงควัตถุเป็นองค์ประกอบ ซึ่งรงควัตถุบางชนิดเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นต่อปฏิกิริยาที่สำคัญของพืช เช่น การสังเคราะห์แสงโดยมีรงควัตถุที่เกี่ยวข้อง คือ คลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ สีที่มาจากรงควัตถุยังเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดการขยายพันธุ์ โดยสีที่เกิดขึ้นในพืชเหล่านี้จะเป็นทำหน้าที่ดึงดูดแมลงและนกให้เข้ามาช่วยในการผสมพันธุ์พืช รงควัตถุที่สำคัญ คือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และ เบต้าเลน ทั้งสองชนิดนี้จะมีลักษณะบางชนิดที่คล้ายคลึงกัน มีช่วงของการให้สีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือ แอนโทไซยานิน จะมีช่วงสีจากสีเหลือง-ส้ม ไปจนถึงสีแดง และน้ำเงิน แต่ เบต้าเลน มีสีช่วงเหลือง ส้ม แดง ม่วง ไม่มีสีน้ำเงิน ซึ่งสีต่างๆจะขึ้นอยู่กับสารประกอบที่มาเกาะกับโครงสร้างหลัก ทั้ง แอนโทไซยานิน และ เบต้าเลน ไม่เคยมีรายงานว่า พบอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชที่มี สปีชีส์เดียวกัน และไม่พบในสัตว์ แต่ที่น่าสนใจคือ พบการสังเคราะห์ เบต้าเลน ซึ่งคล้ายกับรงควัตถุใน Basidiomycetes (Piattelli, 1981)

เบต้าเลน คือ กลุ่มของสารประกอบที่อยู่ในรงควัตถุของพืช ซึ่งเป็นสารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำให้พืชมีสีที่แตกต่างกัน มีสูตรโครงสร้างหลัก คือ 1,7-Diazoheptamethin ซึ่งหมู่ R และ R' ที่เปลี่ยนไปจะเป็นตัวกำหนดชนิดสีที่ต่างกันเกิดจากคุณสมบัติการเรโซแนนซ์ (resonance) ของโครงสร้างของโมเลกุลเบต้าเลน (Mabry and Dreiding, 1968) รงควัตถุชนิดนี้สามารถนำไปใช้ได้เป็นสีผสมอาหารแทนการใช้สีสังเคราะห์ เนื่องจากไม่เป็นอันตราย ในปัจจุบัน มีการอนุญาตทั้งในอเมริกาและยุโรป ให้เป็นสีผสมอาหารได้ แต่เบต้าเลนจะสลายตัวได้ง่ายหากถูกความร้อน โดยในอุตสาหกรรมอาหารจะมีผลเนื่องจากกระบวนการแปรรูป ดังนั้น การนำไปใช้จึงยังมีข้อจำกัดในการใช้อยู่หลายอย่าง (von Elbe *et.al.* 1974; Saguy *et.al.*, 1978; Sapers and Hornstein, 1979)

von Elbe และคณะ(1981) ศึกษาการสูญเสียรงควัตถุเบต้าไซยานินในห้วบีทระหว่างกระบวนการแปรรูปโดยวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่า มีปริมาณการสูญเสียเบต้าไซยานินภายหลังกระบวนการแปรรูปบรรจุกระป๋อง 41เปอร์เซ็นต์ สูญเสียจากการลวกที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียส 23เปอร์เซ็นต์ และปริมาณการสูญเสียจากการให้ความร้อนแบบสเตอริไรซ์ที่อุณหภูมิ 126องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที (โดยคิดเทียบกับปริมาณที่เหลืออยู่จากการลวก) 22 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในกระบวนการแปรรูป จะทำให้มีปริมาณการสูญเสียของรงควัตถุเบต้าไซยานินที่สูงขึ้นเช่นกัน

### 2.2.1 ชีวิตสังเคราะห์ของเบต้าเลน (Biosynthesis of betalains)

กลไกปฏิกิริยาการสังเคราะห์เบต้าเลน เริ่มจากกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) จะเป็นตัวตั้งต้นของปฏิกิริยาซึ่งจะไฮโดไลซ์โดยเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ให้ 3,4-dihydroxyphenylalanine เอนไซม์ชนิดนี้ยังรวมตัวกับ cyclo-DOPA โดยผ่านโคป้าควิโนน (dopaquinone) โครงสร้างที่เป็นวงแหวนของ DOPA พันระที่ 4,5 จะแตกออกได้สารตัวกลาง คือ seco-DOPA แต่ seco-DOPA นั้น ไม่เสถียร จึงมีการจัดเรียงตัวใหม่จะได้กรดเบต้าลามิก (betalamic acid) ซึ่งเป็นสารที่ให้สีในเบต้าเลน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์ DOPA-4,5-dioxygenase เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยานี้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้าง และ กลไกปฏิกิริยาการสังเคราะห์เบต้าเลน 2 ชนิด คือ เบต้าไซยานิน และ เบต้าแซนธิน

ที่มา ; Piattelli (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดเบต้าลามิกสามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนทั้งที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีนได้ ให้สารประกอบสีเหลือง เรียกว่า เบต้าแซนธิน (betaxanthins) หรือรวมตัวกับ cyclo-DOPA ให้สารประกอบสีม่วงแดง เรียกว่า เบต้าไซยานิน และจะมีปฏิกิริยาไกลโคไซด์ เกิดขึ้นหลังกระบวนการนี้ จากกลไกของปฏิกิริยาการสังเคราะห์เบต้าเลนตามภาพที่ 2.1 จึงสามารถจำแนกชนิดของเบต้าเลนออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.) เบต้าแซนธิน : เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง ซึ่งเกิดจากกรดเบต้าลามิกรวมตัวกับกรดอะมิโนที่เป็นโปรตีน และกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน โดยจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่กรดเบต้าลามิกจะไม่ไปรวมตัวกับกรดอะมิโนทั้งหมด เนื่องจากจะถูกเอนไซม์ในพืชยับยั้งการรวมตัวกันของสารประกอบนี้ สารประกอบชนิดนี้จึงมีอยู่ในพืชแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบ และการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันในพืชชนิดที่ต่างๆ รงควัตถุเบต้าแซนธินจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 480 นาโนเมตร นอกจากนี้โครงสร้างที่เกิดขึ้นของ Betaxanthins ไม่สามารถเกิดการเรโซแนนซ์ (resonance) ได้ (Piattelli, 1981)

2.) เบต้าไซยานิน : เกิดจากการรวมตัวระหว่างกรดเบต้าลามิก และ cyclo-DOPA ให้สารประกอบที่มีสีม่วงแดง ซึ่งจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 540 นาโนเมตร ชนิดของเบต้าไซยานินที่พบมากที่สุด คือ 5-O- $\beta$ -glycoside ที่ติดกับโครงสร้างของเบตานิดิน (betanidin) (เบตานิดินเป็น aglycone ของ เบต้าไซยานิน) จะสามารถเกิดการเรโซแนนซ์ (resonance) ได้ (Piattelli, 1981)

สำหรับพืชที่อยู่ในวงศ์แคททาซีอี (Cactaceae) ซึ่งเป็นพืชกระบองเพชรประเภทเลื้อย (cacti) มีรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เบต้าไซยานิน และเบต้าแซนธิน (Gibson and Nobel, 1986) โดยชนิดรงควัตถุในเปลือกแก้วมังกร รวมทั้งรงควัตถุในเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง คือ เบต้าไซยานิน (Stintzing, 2002)

Stintzing และคณะ (2002) พบว่า องค์ประกอบของเบต้าเลนในสารสกัดจากเนื้อ และเปลือกของแก้วมังกรพันธุ์ *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose (เนื้อและเปลือกสีแดง) ที่สกัดด้วยเอทานอล มีองค์ประกอบที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีเบต้าไซยานินชนิดต่างๆ ถึง 10 ชนิด และเบต้าไซยานินทุกชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นเดียวกัน คือ 536 นาโนเมตร ดังนั้น เบต้าไซยานินที่ชนิดแตกต่างกันจะ ไม่มีผลต่อค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด

### 2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของเบต้าไซยานิน

รงควัตถุเบต้าไซยานินจะสลายตัวได้ง่ายหากอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความเสถียร หรือความคงตัวของเบต้าไซยานิน ได้แก่ แสง ออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิ ค่า

pH หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง (Savolainen and Kuusi, 1978; Pasch and von Elbe 1979; Saguy *et.al.*, 1979)

Saguy (1979) ศึกษาอิทธิพลของความร้อน และค่า pH หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อความเสถียรของรงควัตถุในหัวบีท คือ เบตานิิน ซึ่งสกัดสารจากหัวบีทโดยใช้บัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ นำสารสกัดที่ได้ทดลองโดยการบ่มในสถานะที่มีอุณหภูมิ 61.5, 75.5, 85.5 องศาเซลเซียส และค่า pH ในช่วง 4.8-6.2 พบว่า สารสกัดจากหัวบีทที่บ่มในสถานะที่มีอุณหภูมิ 61.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ใช้ในการทดลอง และค่า pH 5.8 มีความเสถียรของรงควัตถุเบตานิินสูงที่สุด โดยมีค่าครึ่งชีวิตของรงควัตถุเบตานิินในสถานะนี้เป็นเวลา 154.3 นาที

Sapers and Hornstein (1979) ศึกษาสมบัติ และความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินในหัวบีทที่มาจากแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกัน และมีปริมาณของรงควัตถุที่แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณเบต้าไซยานินจากตัวอย่างต่างๆ มีความเสถียรที่ 25 องศาเซลเซียสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.1เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เปอร์เซ็นต์ โดยความเสถียรของเบต้าไซยานินที่ pH 3 มีค่าน้อยกว่า pH 5 นอกจากนี้ เบต้าไซยานินมีความไวแสงสูง

Merin และคณะ (1987) ศึกษาการลดลงของรงควัตถุสีแดง หรือเบต้าไซยานินเนื่องจากความร้อนในสารสกัดจากprickly pear fruit ที่สกัดโดยเอทานอล พบว่า ความเสถียรของเบต้าไซยานินมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ผลกระทบจากการขาดออกซิเจน หรือ มีกรดแอสคอร์บิกในสารสกัดตัวอย่างจะไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยออโตออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณเบต้าไซยานินในการสกัดตัวอย่าง

Castellar และคณะ (2003) ศึกษาสมบัติทางค่านีและค่าความคงตัวของเบต้าไซยานินในผลไม้ที่ได้จากตระกูลตะบองเพชร (*Opuntia fruit*) พบว่า สารสกัดจากผลไม้ตัวอย่างที่สกัดโดยน้ำ แอลกอฮอล์ และ ซิเตรตฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.5 มีปริมาณเบต้าไซยานินที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการสกัดด้วยน้ำจะได้ปริมาณเบต้าไซยานินสูงสุด เมื่อทดสอบความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดตัวอย่างในสถานะที่มีอุณหภูมิ และค่า pH ที่แตกต่างกัน พบว่า เบต้าไซยานินมีความเสถียรสูงสุดในสถานะที่มีอุณหภูมิต่ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง pH 4-6

นอกจากสมบัติของสารสี หรือรงควัตถุเบต้าไซยานินที่กล่าวมาแล้ว ยังมีรายงานว่า รงควัตถุเบต้าไซยานินดังกล่าวยังมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยออโตออกซิเดชัน หรือสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Escribano *et.al.*, 1998 ; Pedreno and Escribano, 2001)

### บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุ

- เปลือกแก้วมั่งกรชนิคเนื้อขาวเปลือกแดง หาซื้อจากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ
- นมสดพาสเจอร์ไรซ์ ตราโฟโมสต์
- หางนมผง(NZMP , New Zealand)
- เฟคติน (Food and Cosmetic System Co., LTD)
- น้ำตาลทราย
- เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (DVS-Freeze dried) (Chr.Hansen, Denmark)

#### 3.2 อุปกรณ์

- ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์ทางเคมี
- มีด , เขียง
- อะลูมิเนียมฟลอยด์ ป้องกันแสง (3M, Thailand)
- ผ้าขาวบาง
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (CENTRIKON T-42K Milano, Italy)
- คิวเวทควอท
- คิวเวทแก้ว
- เครื่อง UV Spectrophotometer (Shimadzu รุ่น UV-1601, Germany)
- Spectrophotometer รุ่น Spectro 22 (labomd Inc. , USA)
- เครื่อง Texture Analyzer (TA. XT2i, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (Heraeus B 6420, Germany)
- เครื่องชั่งละเอียด
- เครื่อง pH meter (Inolab level 1, Germany)
- เทอร์โมมิเตอร์
- Vortex mixer
- Blender (Twst, Philips)
- Water bath (Mettler 100°C, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Desiccator
- Aluminium can
- Pin mill
- ตู้อบลมร้อน

### 3.3 สารเคมี

- 95% Ethanol
- Citrate-phosphate buffer pH 3, 4, 5, 5.5, 6 และ 7
- Folin-Ciocalteu
- 10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- ABTS = 2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazolinesulfonate)
- PBS = Phosphate buffer solution ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )
- Myoglobin
- Potassium ferricyanate( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ )
- Gallic acid
- $\text{H}_2\text{O}_2$
- NaOH 0.1 N
- Phenolphthalein

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 การเตรียมเปลือกแก้วมังกร

นำผลแก้วมังกรล้างให้สะอาด ตัดแต่งกลีบเลี้ยงและส่วนที่เป็นตำหนิต่างๆ ลอกเปลือกและขูดเอาส่วนของเนื้อที่ติดมากับเปลือกด้านในออกให้หมด นำเปลือกที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ

#### 3.4.2 การสกัดสารจากเปลือกแก้วมังกร

นำเปลือกแก้วมังกรที่ได้จากข้อ 3.3.1 มาปั่นรวมกับตัวทำละลายในอัตราส่วนของเปลือก : ตัวทำละลาย เท่ากับ 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ (เอทานอล : น้ำกลั่น เท่ากับ 80:20 โดยปริมาตร) และซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 5.5 นำไปแช่เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงกรองของผสมที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นจึงนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 15,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารสกัดที่ได้ในที่มีดโดยการห่อภาชนะบรรจุด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์ และปิดปากภาชนะบรรจุด้วยพาราฟิล์ม

เพื่อป้องกันอากาศ นำไปแช่ไว้ในตู้เย็น(อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส)จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ต่อไป (Castellar *et.al.*, 2003)

### 3.4.3 การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร

นำสารสกัดที่ได้จากข้อ 3.4.2 มาสแกนสเปกตรัมการดูดกลืนแสงโดยกำหนดช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร บันทึกค่าความยาวคลื่นที่สารสกัดตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด คำนวณหาปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดแต่ละตัวอย่าง โดยใช้ค่า extinction coefficient ของเบต้าไซยานิน ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร  $E_{1\text{cm}}^{1\%} = 1120$  (Wybraniec and Mizrahi, 2002) รายงานผลเป็นมิลลิกรัม/เปลือกแก้วมังกรตัวอย่าง 100 กรัม

### 3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

#### 3.4.4.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก

ละลายกรดแกลลิก 0.0200 กรัม ด้วย แอลกอฮอล์ (95%) ปรับปริมาตร จนได้ 50 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร จะได้สารละลายกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 0.4 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ซึ่งจะใช้เป็น working standard ปิเปตสารละลายกรดแกลลิกที่เตรียมได้ลงในหลอดทดลอง โดยให้มีปริมาณกรดแกลลิก ตั้งแต่ 0-140 ไมโครกรัม เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

หลอดที่	ไมโครลิตรของ working solution	ไมโครกรัมของกรดแกลลิก	มิลลิลิตรน้ำกลั่น
1	0	0	10.00
2	50	20	9.95
3	100	40	9.90
4	150	60	9.85
5	200	80	9.80
6	250	100	9.75
7	300	120	9.70
8	350	140	9.65

เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นจึงเติมสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (10%) หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายหลอดที่ 1 เป็น blank

นำผลที่วัดได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณของกรดแกลลิกได้เป็นกราฟมาตรฐาน (standard curve)

#### 3.4.4.2 การหาปริมาณโพลีฟีนอลจากสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ได้จากข้อ 3.4.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอด เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นจึงเติมสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (10%) หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ โพลีฟีนอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

#### 3.4.5 การศึกษาสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

เตรียมสารละลายปฏิกิริยาโดยปิเปตสารละลายต่างๆต่อไปนี้ใส่หลอดทดลองดังนี้

สารละลาย ABTS 0.40 มิลลิลิตร สารละลาย metmyoglobin 0.72 มิลลิลิตร สารละลาย PBS 3.10 มิลลิลิตร และสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรจากข้อ 3.4.2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย  $\text{H}_2\text{O}_2$  0.48 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเขียวแล้วจึงจับเวลาทันที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร อ่านผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 20 นาที นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร กับเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

สำหรับปฏิกิริยาควบคุม(control)จะใช้น้ำกลั่น 0.1 มิลลิลิตร แทนสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร และหลอดที่เป็นBlankจะเตรียมเหมือนปฏิกิริยาควบคุมแต่เติมPBS 0.48 มิลลิลิตร แทนสารละลาย  $\text{H}_2\text{O}_2$

คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดตัวอย่างได้จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS} = 100 \times [1 - (A_s/A_c)]$$

เมื่อ  $A_s$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของสารสกัดตัวอย่าง

$A_c$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของตัวควบคุม

#### 3.4.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิและ pH ที่มีต่อความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร

สกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร โดยใช้ ซิตเรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่ pH 3, 4, 5, 6 และ 7 เป็นตัวทำละลาย และใช้วิธีสกัดตามข้อ 3.4.2 จากนั้นนำไปศึกษาความ

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินที่อุณหภูมิ 50 , 70 และ 90 องศาเซลเซียส โดยบ่มสารสกัด ตัวอย่างที่ได้ที่อุณหภูมิดังกล่าวในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ(water bath) (Merin *et.al.*,1987) แล้วติดตามปริมาณเบต้าไซยานินที่ลดลงโดยเก็บตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ที่เวลาต่างๆ กัน ดังนี้

- 1.) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นาน 3 ชั่วโมง
- 2.) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 5 นาที นาน 1 ชั่วโมง
- 3.) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 4 นาที นาน 1 ชั่วโมง

นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟแยกแต่ละชุดอุณหภูมิโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร และเวลาในการบ่ม

### 3.4.7 การเตรียมและการใช้ประโยชน์จากใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

#### 3.4.7.1 การเตรียมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร

หั่นเปลือกแก้วมังกรขนาด 1X2 เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ บดเป็นผงด้วยเครื่อง pin mill แล้วนำไปเก็บไว้ในโถสุญญากาศ (desicator) เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

#### 3.4.7.2 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตที่เติมใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร

นำนมไขมัน 1.2 เปอร์เซ็นต์ ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เติมหางนมผง 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก น้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และใยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร ปริมาณ 0.4, 0.8 และ 1.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นำส่วนผสมไปโฮโมจีไนส์ด้วยเครื่องบดผสม (blender) ให้ความร้อนพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส เติมนีโอดีลลินทรีย์ แบ่งใส่ถ้วย ถ้วยละประมาณ 30 กรัม บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งมีค่า pH 4.1 ทำให้เย็นและเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

#### 3.4.7.3 การวิเคราะห์อัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกของตัวอย่างโยเกิร์ต

1.) การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดทั้งหมด (titratable acidity; TA) ; โยเกิร์ต ตัวอย่าง 9 กรัม เติมน้ำกลั่น 18 มิลลิลิตร ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลินเป็นอินดิเคเตอร์ (Schmidt *et al.*, 2001) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ซึ่งมีสมการการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ความเป็นกรดทั้งหมด} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไตเตรท} \times 90.01 \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2.) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ; วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter)

(Schmidt *et al.*, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติโดวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Rang Test (DMTR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 3.4.7.4 การวิเคราะห์ความแน่นของลิมโยเกิร์ต (gel strength)

วิเคราะห์ความแน่นของลิมโยเกิร์ตตัวอย่าง โดยใช้ Texture Analyzer รุ่น TA.XT2i (Modler et al., 1983) โดยใช้หัว probe ที่ใช้ในการทดสอบ กดลงในเนื้อ โยเกิร์ต 20 มิลลิเมตร วัดค่าแรงกดที่ใช้ หน่วยเป็นกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติโดวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Rang Test (DMTR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 3.4.7.5 การวิเคราะห์สีของโยเกิร์ต

วิเคราะห์สีของโยเกิร์ตตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดสี (minolta) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L) ค่าโทนสีแดง(a) และค่าโทนสีเหลือง(b) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติโดวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Rang Test (DMTR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 3.4.7.6 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับ โยเกิร์ตของผู้ทดสอบ 20 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7 point hedonic scale ในคุณภาพของโยเกิร์ตด้านสี กลิ่นรส ความแน่นของลิมโยเกิร์ต ความเรียบเนียน และการยอมรับโดยรวม จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองทางประสาทสัมผัส โดยใช้แผนการทดสอบแบบ RCBD (Random Complete Block Design) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Rang Test (DMTR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## บทที่ 4

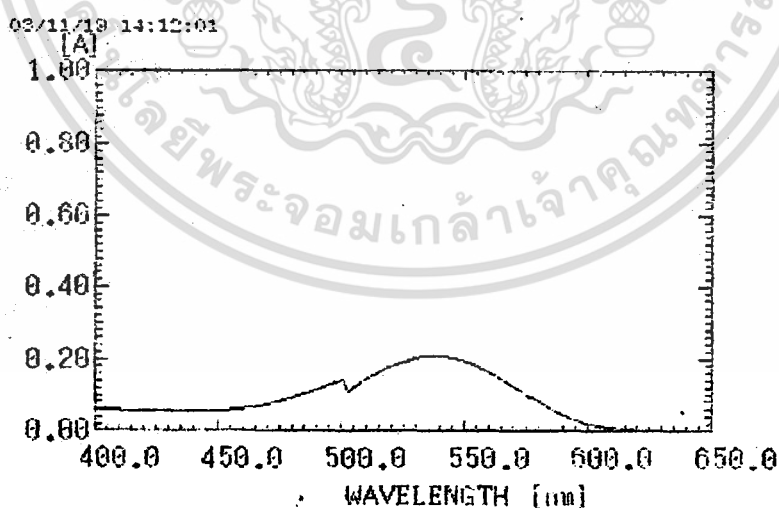
### ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรงควัตถุเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร

จากการทดลองสกัดรงควัตถุจากเปลือกแก้วมังกร โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.5 เพื่อเป็นการตรวจสอบว่า รงควัตถุที่สกัดได้จากเปลือกแก้วมังกร คือ เบต้าไซยานิน จึงสแกนหาสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร โดยความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารสกัดแต่ละตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.1

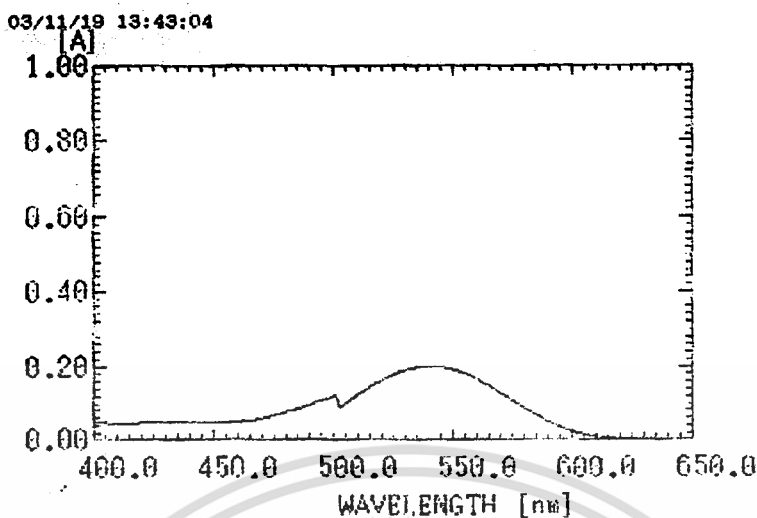
ตารางที่ 4.1 ความยาวคลื่นที่สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

ชนิดตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ค่าความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
น้ำกลั่น	538.5
แอลกอฮอล์	541.0
ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	538.5

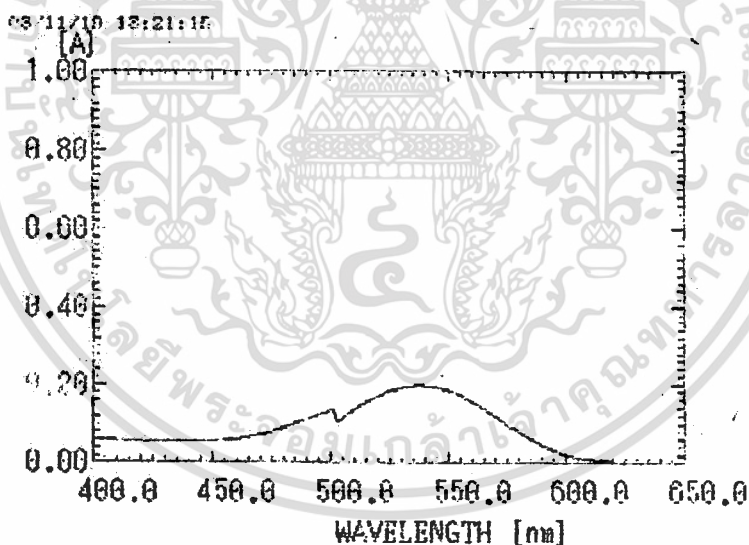


ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น(นาโนเมตร) และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตรของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้น้ำกลั่นในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

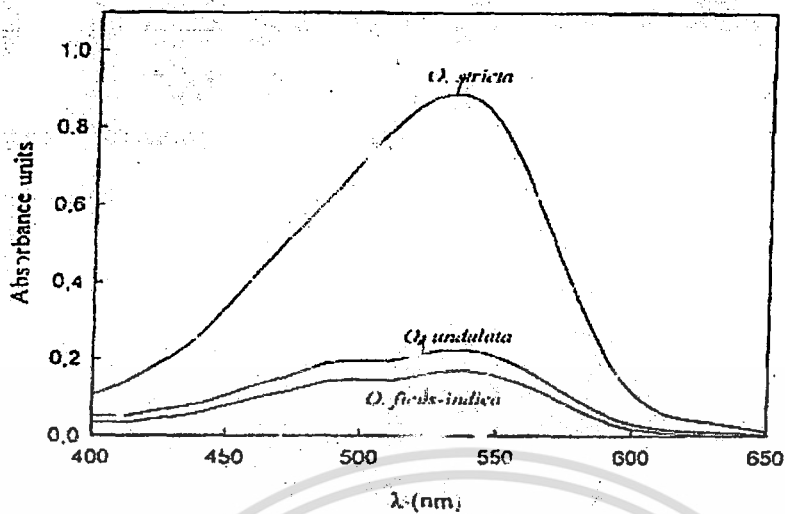


ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น(นาโนเมตร) และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตรของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้แอลกอฮอล์ในการสกัด



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น(นาโนเมตร) และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตรของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์pH 5.5ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น(นาโนเมตร) และค่าการดูดกลืนแสงจากการสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-700นาโนเมตรของสารสกัดจากเนื้อแก้วมังกรพันธุ์ *Opuntia stricta*, *Opuntia undulata* และ *Opuntia ficus-indica* ที่มา ; Castellar และคณะ (2003)

จากผลการทดลองที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ค่าความยาวคลื่นที่สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกันมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ค่าความยาวคลื่นใกล้เคียงกันซึ่งสังเกตได้จากภาพที่ 4.1-4.3 และลักษณะของเส้นกราฟ และความสัมพันธ์ของค่าความยาวคลื่น และการดูดกลืนแสงคล้ายคลึงกับภาพที่ 4.4 ซึ่งเป็นการรายงานโดย Castellar และคณะ (2003) ที่ว่าใน *Opuntia* พันธุ์ต่างๆซึ่งเป็นพืชตระกูลกระบองเพชรชนิดหนึ่ง มีรงควัตถุชนิดเบต้าไซยานินในปริมาณมาก แสดงให้เห็นว่า รงควัตถุที่สกัดได้ทั้งสามตัวอย่างเป็นรงควัตถุชนิดเดียวกัน คือ เบต้าไซยานิน โดยที่ Forni และคณะ (1992) รายงานค่า extraction coefficient ของเบต้าไซยานินที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร  $E_{538}(1\%) = 1120$  ในการทดลองนี้จึงใช้ค่าความยาวคลื่นที่ 538 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เพื่อที่จะสามารถคำนวณปริมาณเบต้าไซยานินเป็นหน่วย มิลลิกรัม / 100กรัมเปลือกแก้วมังกรสดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

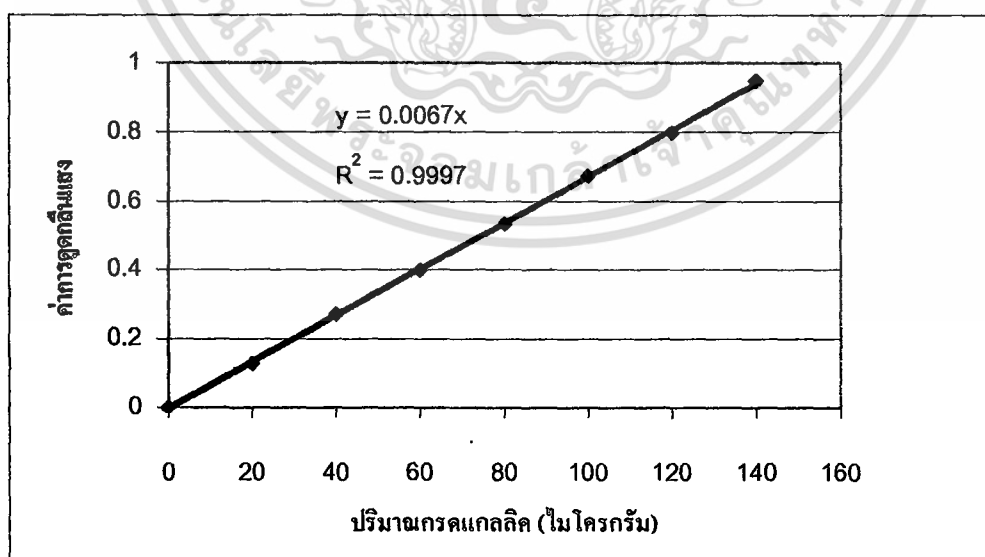
ตารางที่ 4.2 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน

ชนิดตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ปริมาณเบต้าไซยานิน (มิลลิกรัม / 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด)
น้ำกลั่น	$9.24 \pm 0.12$
แอลกอฮอล์	$8.97 \pm 0.14$
ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	$9.01 \pm 0.39$

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ชนิดของตัวทำละลายไม่มีผลต่อปริมาณเบต้าไซยานินที่สกัดได้ โดยปริมาณเบต้าไซยานินอยู่ในช่วง 8.97-9.24 มิลลิกรัม/100กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

#### 4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

จากการทดลองเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ได้กราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรงดังภาพที่ 4.5 ซึ่งสมการเส้นตรงดังกล่าว คือ  $y = 0.0067x$  โดยมีค่า  $R^2 = 0.9997$  และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกัน คือ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.5 โดยคำนวณในหน่วยของมิลลิกรัมต่อ 100กรัมเปลือกแก้วมังกรสด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกซึ่งเป็นสารประกอบ โพลีฟีนอลมาตรฐาน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

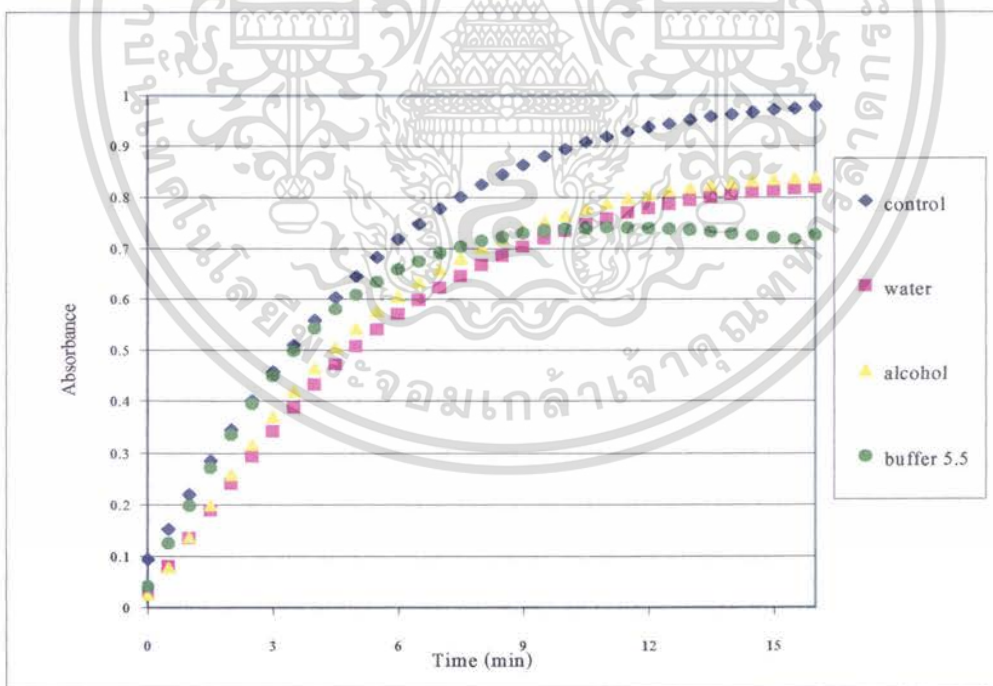
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกแก้วมังกร

ชนิดตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ปริมาณสาร โพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด)
น้ำกลั่น	$45.28 \pm 0.15$
แอลกอฮอล์	$43.82 \pm 0.52$
ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	$42.87 \pm 0.45$

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จะทำให้ได้สารสกัดที่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42.87-45.28 มิลลิกรัม/100กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

#### 4.3 การวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

จากการทดลองวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร



เมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.6

ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในการทดสอบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS โดยใช้สมการในการคำนวณ คือ

$$\% \text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS} = 100 \times [1 - (A_s / A_0)]$$

เมื่อ  $A_s$  = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

$A_0$  = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดทั้ง 3 ตัวอย่างที่เวลา 9 นาที แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน

ชนิดตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่เวลา 9 นาที (%)
น้ำกลั่น	18.60 ± 0.54
แอลกอฮอล์	13.95 ± 1.26
ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	15.12 ± 4.56

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่เวลา 9 นาที อยู่ในช่วง 13.95-18.60 เปอร์เซ็นต์

#### 4.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

จากการทดลองศึกษาผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร โดยบ่มสารสกัดตัวอย่างในสภาวะอุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส และสภาวะที่มีค่า pH 3, 4, 5, 6, และ 7 จากนั้นเก็บสารสกัดตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรที่เวลาต่างๆ จำนวนเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่เวลา 0 นาที โดยใช้สมการในการคำนวณ คือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่เวลาต่างๆ} = 100 \times (A_t / A_0)$$

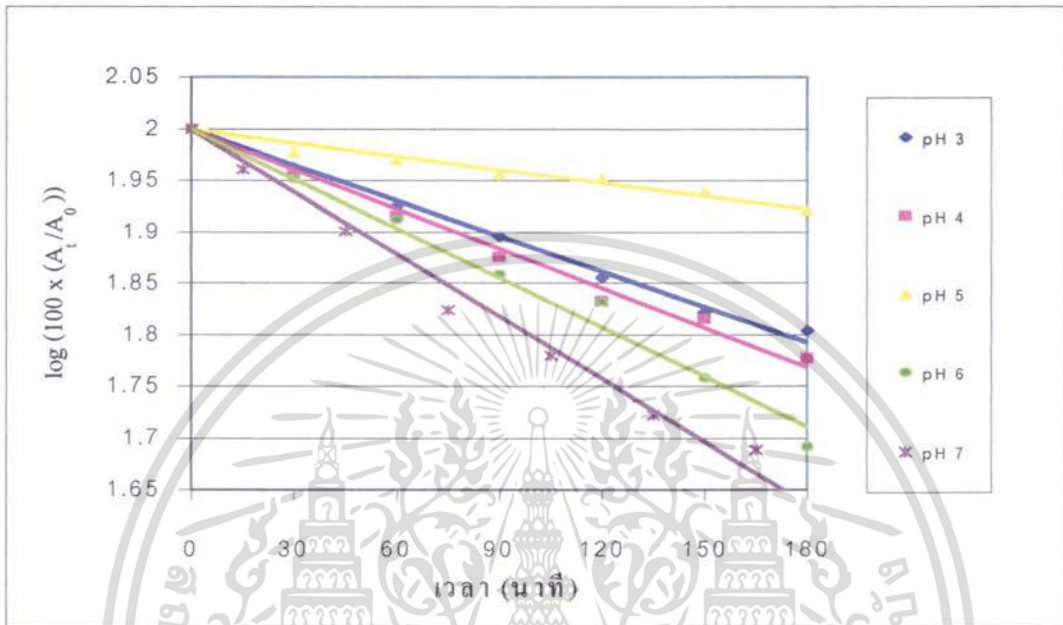
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $A_t$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่เวลาต่างๆ

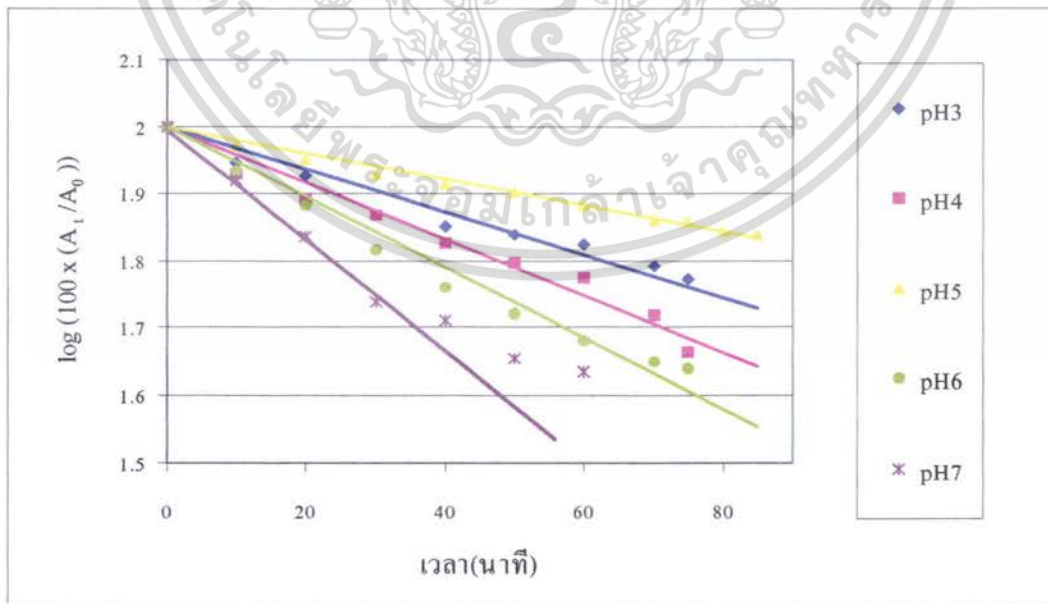
$A_0$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

เปอร์เซ็นต์ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างเมื่อมีสภาวะการบ่มแตกต่างกันที่เวลาต่างๆ

ผลการทดลองแสดงคังภาพที่ 4.7, 4.8 และ 4.9

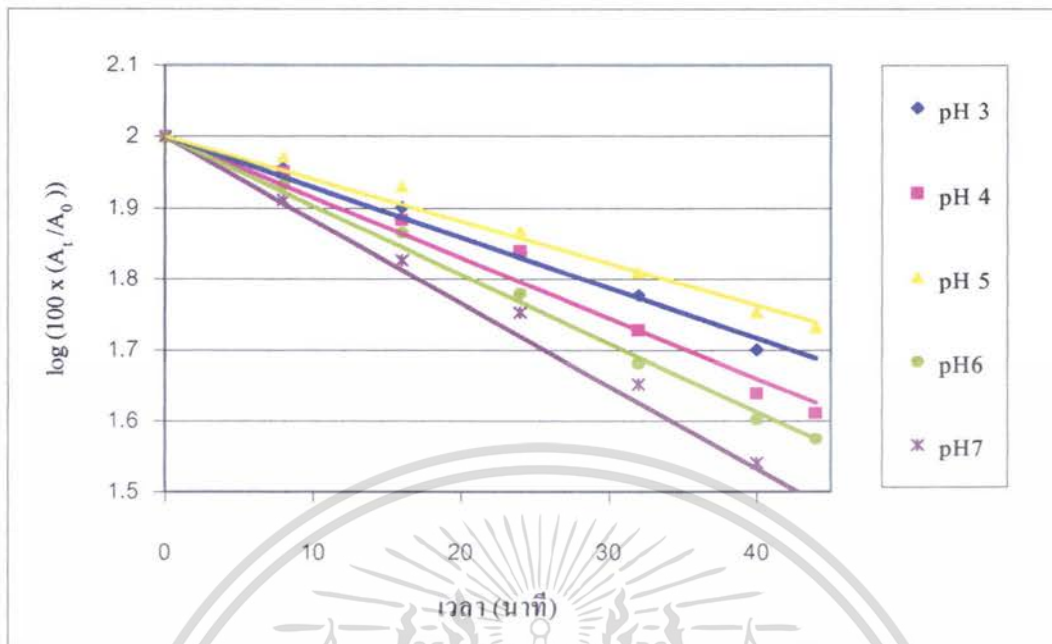


ภาพที่ 4.7 ผลของ pH ต่อความเสถียรของเบต้าแคโรทีนในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.8 ผลของ pH ต่อความเสถียรของเบต้าแคโรทีนในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ผลของ pH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 จะเห็นว่า อุณหภูมิ และค่า pH มีอิทธิพลต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินที่อยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อพิจารณาผลของค่า pH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในแต่ละอุณหภูมิที่ทำการทดลอง (50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส) จะเห็นได้ว่าการบ่มสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ทุกอุณหภูมิ ที่ pH 5 เบต้าไซยานินมีปริมาณลดลงในอัตราที่ช้าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ pH อื่นๆ แสดงว่า ที่ pH 5 เบต้าไซยานินมีความเสถียรสูงที่สุด จากผลการทดลองพบว่า ความเสถียรจะลดลงที่ pH 3, 4, 6 และ 7 ตามลำดับ

Castellar และคณะ (2003) ศึกษาสมบัติ และความคงตัวของเบต้าไซยานินจากเนื้อแก้วมังกรพันธุ์ *Opuntia stricta* ซึ่งมีเนื้อสีแดง พบว่า รงควัตถุเบต้าไซยานินมีความเสถียรสูงสุดที่ pH 5 โดยที่ค่า pH อื่นจะมีความเสถียรในระดับที่ต่ำกว่า คือ pH 4, 6, 3, และ 7 ตามลำดับ

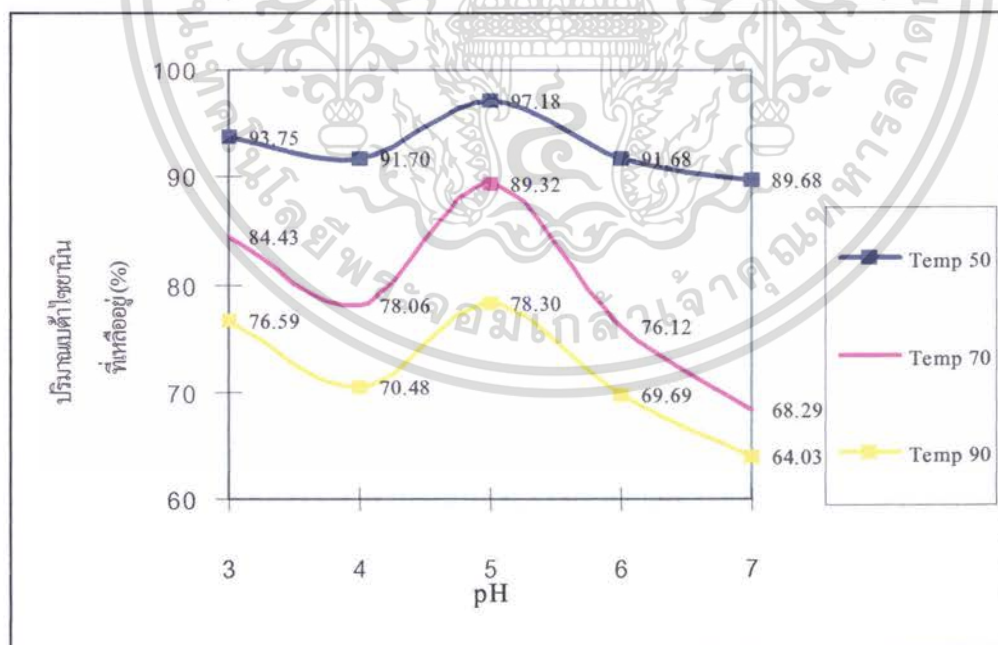
จากผลการทดลองที่ได้ความเสถียรของรงควัตถุเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ pH 3 มีค่าสูงกว่า pH 4 และ 6 สาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับผลการทดลองที่รายงานโดย Castellar และคณะ (2003) อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดรงควัตถุเบต้าไซยานินในการทดลองนี้ คือ เปลือกแก้วมังกร และสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้ไซเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 3 จะมีลักษณะเป็นเจลที่มีความหนืดสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากสารที่อยู่ในเปลือกแก้วมังกร โดยที่สารสกัดที่ได้ที่ pH อื่นๆ มีลักษณะเป็นเจลที่มีความหนืดน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่สภาวะการบ่มต่างกัน และเวลาในการบ่ม 20 นาที ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.5 ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ และ pH ต่างกัน เป็นเวลา 20 นาที

ค่า pH	ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร (%)		
	50 องศาเซลเซียส	70 องศาเซลเซียส	90 องศาเซลเซียส
pH 3	93.75 ± 2.76	84.43 ± 3.32	76.59 ± 2.53
pH 4	91.70 ± 1.09	78.06 ± 2.16	70.48 ± 1.58
pH 5	97.18 ± 1.97	89.32 ± 0.79	78.30 ± 1.67
pH 6	91.68 ± 1.30	76.12 ± 0.42	69.69 ± 1.87
pH 7	89.68 ± 1.35	68.29 ± 1.42	64.03 ± 2.64



ภาพที่ 4.10 ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ และ pH ต่างกัน เป็นเวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.10 สามารถเปรียบเทียบความเสถียรของเบต้าไซยานินที่อยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในสภาวะที่มีค่า pH และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เมื่อเวลาในการบ่ม 20 นาที จะเห็นได้ว่า เบต้าไซยานินมีความเสถียรสูงสุดที่ pH 5 และมีความเสถียรต่ำสุดที่ pH 7 โดยที่ pH 4 และ 6 จะมีความเสถียรของเบต้าไซยานินใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาผลกระทบจากอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว พบว่า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเสถียรของเบต้าไซยานินสูงกว่าอุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับสำหรับที่ทุก pH ที่ทำการทดลอง แสดงว่า เบต้าไซยานินจะมีการสูญเสียในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

จากผลการทดลองซึ่งสรุปได้ว่า เบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกรมีความเสถียรที่ดีที่อุณหภูมิต่ำ และ pH ในช่วงที่เป็นกรด ดังนั้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจึงน่าจะเหมาะสมสำหรับการทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเปลือกแก้วมังกรต่อไป

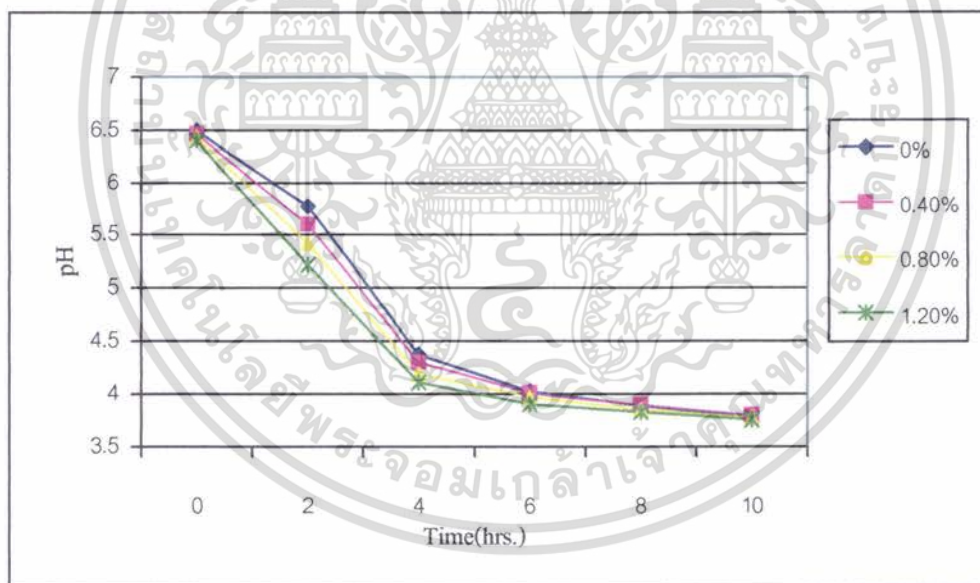
#### 4.5 การเตรียมและการใช้ประโยชน์จากโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

##### 4.5.1 การวิเคราะห์อัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างๆ

จากการเตรียมโยอาหารจากเปลือกแก้วมังกร โดยอบแห้งเปลือกแก้วมังกรในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาบดเป็นผงด้วยเครื่อง pin mill จะได้โยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรที่มีลักษณะเป็นผงแห้งสีบานเย็น เมื่อทดลองเติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรดังกล่าวในน้ำนมสำหรับผลิตโยเกิร์ต โดยเติมในปริมาณต่างกัน คือ 0.4, 0.8 และ 1.2% โดยน้ำหนัก จากนั้นติดตามอัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติก โดยเก็บตัวอย่างที่บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 10 ชั่วโมง นำมาวัดค่า pH และไตเตรทหาปริมาณกรดทั้งหมด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 และภาพที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.6 ค่า pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน

ปริมาณการเติมโย อาหารผงจาก เปลือกแก้วมังกร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ค่า pH ของโยเกิร์ตที่มีเวลาการบ่มแตกต่างกัน					
	0 ช.ม.	2 ช.ม.	4 ช.ม.	6 ช.ม.	8 ช.ม.	10 ช.ม.
0	6.50±0.01	5.78±0.01	4.37±0.01	4.02±0.01	3.89±0.01	3.78±0.01
0.40	6.47±0.00	5.60±0.01	4.30±0.01	4.01±0.01	3.90±0.00	3.80±0.01
0.80	6.44±0.01	5.42±0.01	4.19±0.01	3.97±0.00	3.86±0.01	3.78±0.01
1.20	6.40±0.01	5.21±0.00	4.11±0.01	3.91±0.01	3.83±0.01	3.76±0.01

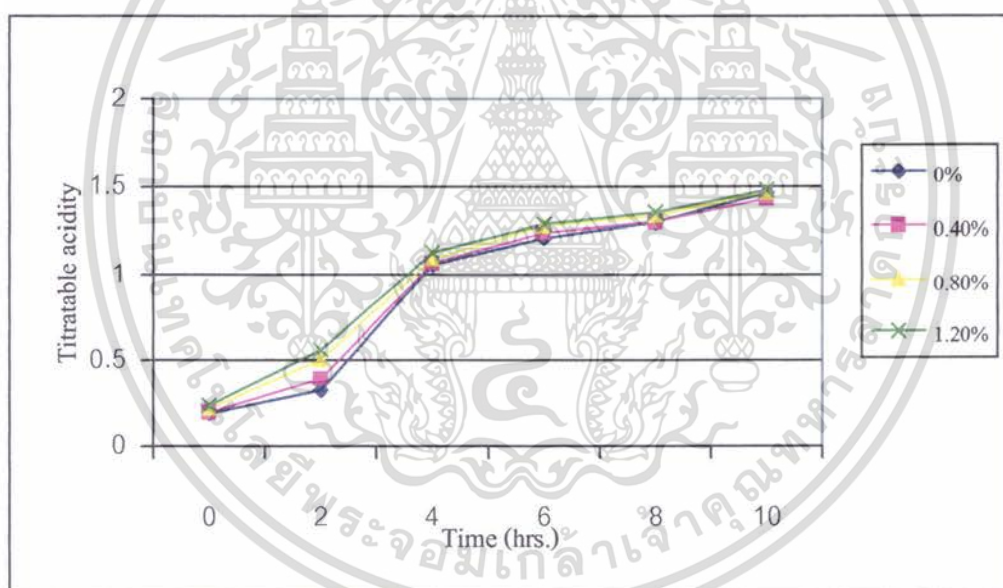


ภาพที่ 4.11 ค่า pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มตัวอย่างที่ 43 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าความเป็นกรดทั้งหมดของตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ

ปริมาณการเติมโย อาหารผงจากเปลือกแก้ว มังกร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ความเป็นกรดทั้งหมดจากการไตเตรทของตัวอย่างโยเกิร์ต ที่มีเวลาการบ่มต่างๆ					
	0 ช.ม.	2 ช.ม.	4 ช.ม.	6 ช.ม.	8 ช.ม.	10 ช.ม.
0	0.19±0.00	0.32±0.01	1.06±0.01	1.21±0.02	1.30±0.00	1.47±0.01
0.40	0.20±0.00	0.39±0.00	1.07±0.00	1.24±0.00	1.30±0.01	1.43±0.00
0.80	0.22±0.00	0.51±0.01	1.09±0.00	1.28±0.01	1.34±0.05	1.47±0.00
1.20	0.24±0.00	0.56±0.00	1.13±0.00	1.29±0.00	1.35±0.00	1.48±0.00



ภาพที่ 4.12 ความเป็นกรดทั้งหมด (คำนวณโดยเทียบกับกรดแลคติก) ของตัวอย่าง โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรต่ออัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกในโยเกิร์ต พบว่า การเติมเปลือกแก้วมังกรผงส่งผลให้อัตราการหมักของโยเกิร์ตสูงขึ้น คดย้ออัตราการหมักของโยเกิร์ตจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการเติมเปลือกแก้วมังกรผงสูงขึ้น โดยจะเห็นความแตกต่างดังกล่าวได้ชัดเจนในช่วงเวลาการบ่ม 4 ชั่วโมงแรก สาเหตุที่ทำให้อัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกในช่วงการบ่มตัวอย่างโยเกิร์ตที่มีการเติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อาจเนื่องมาจากการที่เปลือกแก้วมังกรมีองค์ประกอบของสารเมือกที่เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อน ซึ่งสามารถเป็นอาหารของจุลินทรีย์แลคติกในการหมักให้เกิดกรดได้ อย่างไรก็ตามการที่จะได้ข้อสรุปดังกล่าว ควรมีการทดลอง ทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์แลคติกในการใช้สารเมือกดังกล่าวสำหรับการหมักให้เกิดกรดต่อไป

#### 4.5.2 การวิเคราะห์ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกันหลังจากการบ่มที่ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องtexture analyzer โดยวัดค่าแรงที่หัววัดของเครื่องtexture analyzerกดลงในเนื้อของตัวอย่างโยเกิร์ตเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน เมื่อบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ปริมาณการเติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม*)
0	290.17 ± 5.24 c
0.40	378.73 ± 8.83 b
0.80	485.60 ± 17.91 a
1.20	224.10 ± 2.45 d

\* ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตมีหน่วยเป็นกรัม โดยวัดค่าแรงกดด้วยเครื่อง Texture analyzer ให้หัววัดมีความความลึก 20 มิลลิเมตร

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความแน่นของลิ่ม โยเกิร์ตจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการเติมเปลือกแก้วมังกรผงเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่า ความแน่นของลิ่ม โยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเติมจากเปลือกแก้ว มังกรผงจะเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณการเติมที่มากเกินไป (1.2%) จะให้ ลักษณะโยเกิร์ตที่ร่วนและไม่เกิดการเซตตัวเหมือนโยเกิร์ตปกติ

#### 4.5.3 การวิเคราะห์สีของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน

จากการวิเคราะห์สีของ โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน หลังจากการบ่มที่ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดสี minolta ซึ่งแสดงเป็นค่า ความสว่าง(L) โทนสีแดง(a) และ โทนสีเหลือง(b) โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สีของ โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน เมื่อบ่มตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ปริมาณการเติมโย อาหารผงจากเปลือกแก้ว มังกร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ค่าจากการวัดสี		
	L	a	b
0	94.10 ± 0.31 a	-3.84 ± 0.07 d	10.97 ± 0.09 d
0.40	91.54 ± 0.12 b	-2.60 ± 0.09 c	12.65 ± 0.22 c
0.80	84.81 ± 0.85 c	3.02 ± 0.06 b	13.50 ± 0.14 a
1.20	80.90 ± 0.68 a	3.92 ± 0.08 a	13.18 ± 0.12 b

\* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เปลือกแก้วมังกรผงที่เติมลงในโยเกิร์ตนอกจากเสริมโยอาหารให้โยเกิร์ตแล้ว ยังช่วยทำให้ โยเกิร์ตมีสีเปลี่ยนไปเป็นสีชมพู เนื่องจากรงควัตถุเบต้าไซยานินที่อยู่ในเปลือกแก้วมังกรนั่นเอง จากตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อปริมาณแก้วมังกรผงที่เติมลงในโยเกิร์ตมีปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้ความ สว่างของโยเกิร์ตลดลง แต่ปรากฏโทนสีแดงที่เด่นชัดขึ้น ในขณะที่เพิ่มโทนสีเหลืองให้โยเกิร์ต เล็กน้อย

#### 4.5.4 กาวีเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้ว มังกรในปริมาณที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมเปลือกแก้วมังกรผงในปริมาณต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ชิมตัวอย่าง และให้คะแนนตามความชอบแบบ 7 point hedonic scale ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในปริมาณต่างกันเมื่อบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ปริมาณการเติมโย อาหารผงจากเปลือกแก้ว มังกร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่นรส	ความแน่นลิ้ม โยเกิร์ต	ความเรียบ เนียน	การยอมรับ โดยรวม
0	5.30±0.98a	5.30±1.08 a	3.75±0.44 a	5.25±0.79 a	5.70±0.80 a
0.40	4.70±1.13ab	4.15±1.23 b	4.20± 0.89 a	3.80± 0.83 b	4.20± 0.89 b
0.80	4.10±1.02 b	3.15±1.09 c	2.80± 0.70 b	2.80± 0.66 c	2.75± 0.91 c
1.20	2.80±1.15 c	2.25±0.64 d	1.65± 0.93 c	1.90± 0.97 d	1.95± 0.94 d

\* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างโยเกิร์ตที่มีการเติมเปลือกแก้วมังกรผงจะมีคุณภาพในทางประสาทสัมผัสโดยทั่วไปแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมเปลือกแก้วมังกรผง เมื่อพิจารณาการยอมรับโดยรวมจะเห็นว่า โยเกิร์ตที่มีการเติมเปลือกแก้วมังกรผงที่ทุกระดับจะได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเติมเปลือกแก้วมังกรผงจะทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นทราย และมีกลิ่นรสแปลกปลอมของพืช อย่างไรก็ตามถ้ามีการเติมเนื้อผลไม้ หรือกลิ่นรสผลไม้ลงไปก็อาจจะช่วยลดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ได้

Fernandez-Garcia และ McGregor (1997) รายงานว่า การเติมโยอาหารลงในโยเกิร์ตจะทำให้กลุ่มโยเกิร์ตตัวอย่างมีอัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกสูงขึ้น เพิ่มความหนืดให้โยเกิร์ต นอกจากนี้คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมลดลง เนื่องจากโยเกิร์ตมีกลิ่นพืช และเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของรงควัตถุในเปลือกแก้วมังกร โดยสกัดด้วยตัวทำละลายต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.5 พบว่า สารสกัดที่ได้มีรงควัตถุที่สามารถดูดกลืนคลื่นแสงใกล้เคียงกันในที่มีความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับค่าการดูดกลืนแสงของเบต้าไซยานินตามที่ยรายงานโดย Castella และคณะ (2003) และสารสกัดที่ได้เมื่อใช้ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดจะมีปริมาณเบต้าไซยานินใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 8.97-9.24 มิลลิกรัม/100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล 42.87-45.28 มิลลิกรัม/100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ABTS 13.95-18.60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อศึกษาถึงความเสถียรของเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร พบว่า อุณหภูมิ และ pH มีผลกระทบต่อความเสถียรของเบต้าไซยานิน ซึ่งจากการทดลองเบต้าไซยานินจะมีความเสถียรที่ดีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าที่ 70 และ 90 องศาเซลเซียส และมีความเสถียรลดลงที่ pH 5, 3, 4, 6 และ 7 ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่า เบต้าไซยานินมีความเสถียรที่อุณหภูมิต่ำ และ pH ในช่วงที่เป็นกรด

จากผลการศึกษาความเสถียรของเบต้าไซยานินที่อุณหภูมิ และ pH ต่างๆ จึงเลือกโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ทดลองในการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเปลือกแก้วมังกร โดยเติมในรูปแบบของเปลือกแก้วมังกรผงลงในน้ำนม พบว่า ปริมาณการเติมมากขึ้นจะทำให้โยเกิร์ตมีโทษสีชมพูมากขึ้น มีอัตราการหมักเร็วขึ้น มีความแน่นของลิ้ม โยเกิร์ตมากขึ้นแต่ต้องไม่เติมในปริมาณที่มากเกินไป เนื่องจากจะทำให้เนื้อโยเกิร์ตรวน และมีเนื้อสัมผัสสาก นอกจากนี้การยอมรับของผู้บริโภคมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมแก้วมังกรผงเพิ่มขึ้น

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ pH 3 ในการสกัดเปลือกแก้วมังกร จะได้สารสกัดที่มีลักษณะขุ่นหนืดเป็นเจล นอกจากนี้ เมื่อเติมเปลือกแก้วมังกรผงลงในน้ำนมที่ผลิตโยเกิร์ต มีผลทำให้อัตราการหมักให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น โดยสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นผลของสารเมือกที่อยู่ในเปลือกแก้วมังกรซึ่งเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อน จึงน่าจะมีการศึกษาสมบัติของสารเมือกดังกล่าวต่อไป นอกจากนี้รังควัตถุเบต้าไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกแก้วมังกรมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นสีธรรมชาติสำหรับผสมในผลิตภัณฑ์อาหารได้ดี ซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการประยุกต์ใช้รงควัตถุเบต้าไซยานินดังกล่าวต่อไป

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เอกสารอ้างอิง

- คชฉิม สุวิชา. 2544. 8เขียนแก้วมังกร. นาคอินเตอร์มีเดีย. กรุงเทพฯ : 126 หน้า.
- สุรพงษ์ โกสิทธิ์จินดา. 2545. แก้วมังกร พืชเศรษฐกิจ ผลไม้เพื่อสุขภาพ. สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 208 หน้า.
- 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.
- Drennan, P.M. and Noble, P.S.2000. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. **Plany, Cell and Environment**. **23** : 767-781.
- Escribano, J. , Pederno, M.A. , Garcia-Carmona, F , and Munoz, R. 1998. Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris L.* roots. **Phytochemical Analysis**. **9** : 124-127.
- Fernandez-Garcia,E. and McGregor, J.U. 1997. Fortification of sweetened plain yoghurt with insoluble dietary fiber. **Zeitchrift fuer Lebensmittel untersuchung and forchung**. **204** : 433-437.
- Forni,E. , Polesello,A. , Maestrelli,A. 1992. HPLC analysis o the pigents of blood-red prickly pear ( *Opuntia ficus-indica*). **Journal of Chroatography**. **593** : 177-183.
- Gibson, A.C. ,Nobel,P.S. 1986. **The cactus primer**. Harvard University Press, Cambridge.
- Han, D. , Kim, S. , and Kim, D. 1998. Repeated regeneration of degraded red beet juice pigments in the presence of antioxidants. **Journal of Food Science**. **63** : 69-72.
- Marb, T.J. and Schwartz, S.J. 1968. Recent adv. **Phytochemistry**. **1** : 145-160.
- 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.
- Mizrahi,Y. , Nerd, A. ,Noble, P.S. 1997. Cacti as crops. **Horticultural Rev**. **18** : 291-320.
- Mizrahi,Y. ad Nerd, A.1999. Climbing and columnnar cacti : New arid land fuit crops. **In perspectives on New Crops and New Uses . American Society for Horticultural Sciences Press. Alexandria, VA** : 358-366.

- Modler, H.W., Larmond, M.E., Lin, C.S., Froehlich, D. and Emmons, D.B. 1983. Physical and sensory properties of yoghurt stabilized with proteins. **Journal of Dairy Science**. **66** : 422-429.
- Pasch, J.H. and von Elbe, J.H. 1979. Betacyanin stability in buffered solutions containing organic acids, metal cations, or sequestrants. **Journal of Food Science**. **44** : 72-74.
- Pedreno, M.A. and Ecribano, J. 2001. Correlation between antiradical activity and stability of betanin from *Beta vulgaris L.* roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. **81** : 627-631.
- Piattelli, M. 1981. The betalains : Structure, biosynthesis and chemical taxonomy. **The Biochemistry of plants**. **7** : 557-573.
- Reveh, E., Nerd, A. and Mizrahi, Y. 1998. Responses of two hemi-epiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. **Scientia Horticulture**. **73** : 151-164.
- Saguy, I., Kopelman, I.J. and Izrah, S. 1978. Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. **26** : 360.
- Saguy, I. 1979. Thermostability of red beet pigment (betanin and vulgaxanthin-I) : Influence of pH and temperature. **Journal of Food Science**. **51** : 1554-1555.
- Sahmidt, K.A., Herald, T.J. and Khatib, K.A. 2001. Modified wheat starches used as stabilizers in set style yoghurt. **Journal of Food Quality**. **24** : 421-434.
- Sapers, G.M. and Hornstein, J.S. 1979. Varietal differences in colorant properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of Food Science**. **44** : 1245-1248.
- Savolainen, K. and Kuusi, T. 1978. The stability properties of golden beet and red beet pigment : Influence of pH, temperature and some stabilizer. **Zeitschrift fuer Lebensmittel untersuchung and forschung**. **166** : 19-22.
- Stintzing, F.C., Schieber, A., Carle, R. 2000. Rote beta als far-benes lebensmittel-eine betandsaufnahme. **Obst-, Gemuse- und Kartoffelverarbeitung**. **85** : 291-320.
- 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.
- von Elbe, J.H., Maing, I.Y. and Amundson, C.H. 1974. Color stability of betanin. **Journal of Food Science**. **39** : 334.
- von Elbe, J.H., Schwartz, S.J. and Hildenbrand, B.E. 1981. Loss and regeneration of betacyanin pigments during processing of red beets. **Journal of Food Science**. **46** : 1713-1715.

Wybraniec, S. , and Mizrahi, Y. 2002. Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus Cacti*.

**Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50 : 6086-6089.**

Wybraniec, S. , Platzner,I. , Geresh,S. Gohib, H.E. , Haimberg, M., Mogilnitzki,M. , Mizrahi,Y.

2001. Betacyanins from vine cactus *Hylocereus polyrhizus*. **Phytochemistry. 58 : 1209-1212.**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

### การเตรียมสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

#### การเตรียมสารเคมี

##### 1. การเตรียมสารละลายซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH ต่างๆ

สารละลาย A : ละลาย citric acid 96.10 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 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 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร จะได้สารละลาย B ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์

การเตรียมสารละลายซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH ต่างๆ โดยค่อยๆเติมสารละลาย B ลงในสารละลาย A ปรับ pH ให้ได้ตามต้องการ

##### 2. Phosphate buffer saline (PBS)

###### 2.1 เตรียมสาร stock solution 100 mM PBS

ชั่ง  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  มา 26.81 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

ชั่ง  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  มา 13.80 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

นำสารละลายทั้งสองมาผสมกันจนได้สารละลายผสมที่มี pH 7.4 เติม NaCl 87.66 กรัม คนให้ละลาย ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดวัดปริมาตร เทใส่ขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็น

###### 2.2 เตรียม 10mM (working solution)

นำสารละลาย stock solution ในข้อ 2.1 มาเจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น

##### 3. สารละลาย 2.5 mM 2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazolinesulfonate) (ABTS)

ชั่ง ABTS มา 0.0137 กรัม ละลายในสารละลาย 10 mM PBS 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย ABTS ใน PBS เข้มข้น 2.5mM เก็บไว้ในตู้เย็น โดยเตรียมทุกครั้งที่ทำการศึกษาในแต่ละวัน

##### 4. Metmyoglobin (MetMG)

4.1 ชั่ง myoglobin มา 18.8 มิลลิกรัม ละลายในสารละลาย 10mM PBS 10 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

4.2 ชั่ง potassium ferriyanide ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) มา 12.2 มิลลิกรัม ละลายในสารละลาย 10mM PBS 200 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

4.3 นำสารละลายในข้อ 4.1 และ 4.2 มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร เก็บไว้ในตู้เย็น โดยเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการศึกษาในแต่ละวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5. สารละลาย 10 mM Hydrogenperoxide ( $H_2O_2$ )

ต้องการเตรียมสารละลาย  $H_2O_2$  ที่มีความเข้มข้น 10 mM ดังนั้น ต้องชั่ง  $H_2O_2$  มา 0.34 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร เนื่องจากสารละลาย  $H_2O_2$  เริ่มต้นมีความเข้มข้น 30เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น  $H_2O_2$  100เปอร์เซ็นต์ มี  $H_2O_2$  34กรัม ถ้าต้องการ 30 เปอร์เซ็นต์  $H_2O_2$  ต้องใช้  $0.34 \times 30/100$  เท่ากับ 0.102 กรัม/ลิตร

$$\text{จาก } D = M/V$$

เมื่อ  $D$  คือ ความหนาแน่นของสารละลาย เท่ากับ 1.12

$M$  คือ น้ำหนักสาร เท่ากับ 0.102

$V$  คือ ปริมาตรของสารละลาย

ดังนั้น ต้องใช้ปริมาตรสาร  $H_2O_2$  ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์  $0.102/1.12$  เท่ากับ 0.091 มิลลิลิตร เจือจางในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตรเก็บไว้ในตู้เย็น โดยเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการศึกษาทดลองในแต่ละวัน



## ภาคผนวก ข.

## การคำนวณปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ตารางที่ 1 ความยาวคลื่นที่สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ( $\lambda_{max}$ )

ชนิดตัวทำละลาย	ค่าความยาวคลื่น (นาโนเมตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
น้ำกลั่น	538.5	538.5	538.5	538.5
แอลกอฮอล์	541.5	541.0	540.5	541.0
ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	537.5	537.5	538.0	537.7

ตารางที่ 2 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ชนิดตัวทำละลาย	น้ำหนักเปลือกแก้วมังกรสด (กรัม)	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ $\lambda$ 538 นาโนเมตร	ปริมาณเบต้าไซยานิน (มิลลิกรัม / 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด)
น้ำกลั่น	20.04	1	0.211	9.40
		2	0.208	9.27
		3	0.203	9.04
		เฉลี่ย	0.207	9.24
แอลกอฮอล์	20.05	1	0.204	9.08
		2	0.198	8.82
		3	0.202	9.00
		เฉลี่ย	0.201	8.97
ซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	20.05	1	0.202	9.00
		2	0.195	8.68
		3	0.200	9.01
		เฉลี่ย	0.199	8.90

หมายเหตุ : ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากตารางที่ 2 สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีระดับการเจือจาง 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณ

### สูตรการคำนวณปริมาณเบต้าไซยานิน

$$A = abc$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

a = ค่า Extinction coefficient ของเบต้าไซยานินที่ 538 นาโนเมตร ( $E_{1cm}^{1\%}$ ) เท่ากับ 1120

b = ความกว้างเซลล์ (คิวเวต) 1 เซนติเมตร

c = ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดตัวอย่าง (กรัม)

### ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรตัวอย่าง : น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

ครั้งที่ 1 สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับการเจือจาง 10 เท่า

ค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.211

แทนค่าสูตร  $0.211 = 1120 \times 1 \times c$

$$c = 1.8839 \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

สารสกัดตัวอย่างมีระดับการเจือจาง 10 เท่า มีปริมาณเบต้าไซยานิน =  $1.8839 \times 10^{-4}$  กรัม

สารสกัดตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นปกติ มีปริมาณเบต้าไซยานิน =  $1.8839 \times 10^{-3}$  กรัม

(ระดับความเข้มข้นปกติของสารสกัด ได้จากเปลือกแก้วมังกร 20.04 กรัม)

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรด้วยน้ำกลั่น มีปริมาณเบต้าไซยานิน

$$= 1.8839 \times 10^{-3} \text{ กรัม} / 20.04 \text{ กรัม เปลือกแก้วมังกรสด}$$

ดังนั้น น้ำกลั่นสามารถสกัดเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกรได้

$$= 9.40 \text{ มิลลิกรัม} / 100 \text{ เปลือกแก้วมังกรสด}$$

## ภาคผนวก ก.

## การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

ชนิดตัวทำละลาย	น้ำหนักเปลือกแก้วมังกรสด (กรัม)	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ $\lambda$ 730 นาโนเมตร	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัม เลือกแก้วมังกรสด)
น้ำกลั่น	20.04	1	0.303	45.13
		2	0.304	45.28
		3	0.305	45.43
		เฉลี่ย	0.304	45.28
แอลกอฮอล์	20.05	1	0.294	43.77
		2	0.291	43.32
		3	0.298	44.37
		เฉลี่ย	0.294	43.82
ซีเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์	20.05	1	0.288	42.88
		2	0.285	42.43
		3	0.291	43.32
		เฉลี่ย	0.288	42.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การคำนวณ

สูตรการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด

สมการจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

$$y = 0.0067x + c \quad ; R^2 = 0.9997$$

เมื่อ  $y$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

$x$  = ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด ( ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตร)

$c$  = จุดตัดแกน  $y$  เท่ากับ 0

### ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรตัวอย่าง : น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

ครั้งที่ 1 ปริมาณสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.303

แทนค่าสูตร  $0.303 = 0.0067x$

$x = 45.2239$  ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบ โพลิฟีนอลทั้งหมด

= 45.2239 ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัด

ตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบ โพลิฟีนอลทั้งหมด

= 9044.78 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ตัวอย่าง

( สารสกัดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร เท่ากับ ปริมาณเปลือกแก้วมังกร 20.05 กรัม)

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบ โพลิฟีนอลทั้งหมด

= 9044.78 ไมโครกรัม / 20.05 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบ โพลิฟีนอลทั้งหมด

= 45,133.63 ไมโครกรัม / 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

ดังนั้น สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร โดยน้ำกลั่นมีปริมาณสารประกอบ โพลิฟีนอลทั้งหมด

= 45.13 มิลลิกรัม / 100 กรัมเปลือกแก้วมังกรสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง.

## การคำนวณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ตารางที่ 4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร  
เปรียบเทียบกับตัวควบคุม (control)

ชนิดตัวทำละลาย	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ $\lambda$ 600 นาโนเมตร	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (%) ที่เวลา 9 นาที
น้ำกลั่น	1	0.698	19.21
	2	0.701	18.87
	3	0.711	17.71
	เฉลี่ย		18.60
แอลกอฮอล์	1	0.731	15.39
	2	0.751	13.08
	3	0.726	15.97
	เฉลี่ย		
ซิเตรทฟอสเฟต บัฟเฟอร์	1	0.753	12.85
	2	0.743	14.00
	3	0.756	12.50
	เฉลี่ย		13.12

## การคำนวณ

## สมการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (%)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (\%)} = \left\{ 1 - \left( \frac{\text{Absorbance of sample}_t}{\text{Absorbance of control}_t} \right) \right\} \times 100$$

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุมเฉลี่ย ที่เวลา 9 นาที เท่ากับ 0.864

## ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรตัวอย่าง : น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

ครั้งที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสง ที่เวลา 9 นาที เท่ากับ 0.698

แทนค่าสูตร ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (เปอร์เซ็นต์)

$$\begin{aligned} &= \left\{ 1 - \left( \frac{0.698}{0.864} \right) \right\} \times 100 \\ &= 19.21 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ.

ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรจากสภาวะที่แตกต่างกันของ  
อุณหภูมิ และค่า pH

ผลกระทบจากการบ่มสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในสภาวะที่มีอุณหภูมิ และ pH ที่  
แตกต่างกัน หาปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 538 นา  
โนเมตร และคำนวณปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้น  
ตารางที่ 5 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 50 องศา  
เซลเซียส และ pH3

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log (%เฉลี่ย)
0	0.198	0.194	0.185	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
15	0.188	0.178	0.180	94.95	91.75	97.30	94.67	1.98
30	0.180	0.174	0.176	90.91	89.69	95.14	91.91	1.96
45	0.152	0.155	0.158	76.77	79.90	85.41	80.69	1.91
60	0.167	0.162	0.157	84.34	83.51	84.86	84.24	1.93
75	0.141	0.137	0.138	71.21	70.62	74.59	72.14	1.86
90	0.155	0.151	0.148	78.28	77.84	80.00	78.71	1.90
105	0.146	0.147	0.137	73.74	75.77	74.05	74.52	1.87
120	0.144	0.139	0.131	72.73	71.65	70.81	71.73	1.86
135	0.138	0.135	0.134	69.70	69.59	72.43	70.57	1.85
150	0.132	0.129	0.122	66.67	66.49	65.95	66.37	1.82
175	0.125	0.127	0.120	63.13	65.46	64.86	64.49	1.81
180	0.122	0.126	0.119	61.62	64.95	64.32	63.63	1.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและ pH4

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log (%เฉลี่ย)
0	0.206	0.203	0.200	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
15	0.193	0.184	0.187	93.69	90.64	93.50	92.61	1.97
30	0.186	0.183	0.185	90.29	90.15	92.50	90.98	1.96
45	0.179	0.170	0.176	86.89	83.74	88.00	86.21	1.94
60	0.169	0.166	0.166	82.04	81.77	83.00	82.27	1.92
75	0.158	0.154	0.163	76.70	75.86	81.50	78.02	1.89
90	0.151	0.149	0.157	73.30	73.40	78.50	75.07	1.88
105	0.148	0.144	0.153	71.84	70.94	76.50	73.09	1.86
120	0.146	0.131	0.137	70.87	64.53	68.50	67.97	1.83
135	0.145	0.123	0.139	70.39	60.59	69.50	66.83	1.82
150	0.136	0.128	0.134	66.02	63.05	67.00	65.36	1.82
165	0.128	0.120	0.130	62.14	59.11	65.00	62.08	1.79
180	0.125	0.118	0.121	60.68	58.13	60.50	59.77	1.78

ตารางที่ 7 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส pH5

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log (%เฉลี่ย)
0	0.210	0.205	0.209	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
15	0.201	0.204	0.208	95.71	99.51	99.52	98.25	1.99
30	0.196	0.198	0.199	93.33	96.59	95.22	95.04	1.98
45	0.195	0.192	0.199	92.86	93.66	95.22	93.91	1.97
60	0.194	0.192	0.197	92.38	93.66	94.26	93.43	1.97
75	0.191	0.189	0.194	90.95	92.20	92.82	91.99	1.96
90	0.186	0.187	0.192	88.57	91.22	91.87	90.55	1.96
105	0.186	0.187	0.191	88.57	91.22	91.39	90.39	1.96
120	0.183	0.186	0.190	87.14	90.73	90.91	89.59	1.95
135	0.181	0.182	0.188	86.19	88.78	89.95	88.31	1.95
150	0.177	0.179	0.187	84.29	87.32	89.47	87.03	1.94
175	0.169	0.177	0.183	80.48	86.34	87.56	84.79	1.93
180	0.164	0.171	0.185	78.10	83.41	88.52	83.34	1.92

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรปมในสภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ pH 6

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log (%เฉลี่ย)
15	0.167	0.157	0.153	94.89	91.81	91.62	92.77	1.97
30	0.158	0.152	0.150	89.77	88.89	89.82	89.49	1.95
45	0.144	0.141	0.147	81.82	82.46	88.02	84.10	1.92
60	0.139	0.140	0.141	78.98	81.87	84.43	81.76	1.91
75	0.132	0.132	0.132	75.00	77.19	79.04	77.08	1.89
90	0.124	0.121	0.126	70.45	70.76	75.45	72.22	1.86
105	0.124	0.115	0.111	70.45	67.25	66.47	68.06	1.83
120	0.115	0.117	0.117	65.34	68.42	70.06	67.94	1.83
135	0.110	0.105	0.102	62.50	61.40	61.08	61.66	1.79
150	0.099	0.100	0.095	56.25	58.48	56.89	57.21	1.76
165	0.095	0.091	0.089	53.98	53.22	53.29	53.50	1.73
180	0.090	0.083	0.080	51.14	48.54	47.90	49.19	1.69

ตารางที่ 9 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรปมในสภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ pH 7

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	0.145	0.143	0.144	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
15	0.132	0.130	0.133	91.03	90.91	92.36	91.43	1.96
30	0.120	0.121	0.127	82.76	84.62	88.19	85.19	1.93
45	0.114	0.117	0.113	78.62	81.82	78.47	79.64	1.90
60	0.107	0.107	0.103	73.79	74.83	71.53	73.38	1.87
75	0.095	0.097	0.096	65.52	67.83	66.67	66.67	1.82
90	0.093	0.090	0.091	64.14	62.94	63.19	63.42	1.80
105	0.088	0.083	0.089	60.69	58.04	61.81	60.18	1.78
120	0.080	0.081	0.083	55.17	56.64	57.64	56.48	1.75
135	0.076	0.075	0.077	52.41	52.45	53.47	52.78	1.72
150	0.073	0.076	0.073	50.34	53.15	50.69	51.40	1.71
165	0.072	0.066	0.073	49.66	46.15	50.69	48.83	1.69
180	0.070	0.063	0.069	48.28	44.06	47.92	46.75	1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่10 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและpH3

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ)เทียบกับ 0นาท				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.360	1.570	1.460	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
5	1.300	1.370	1.360	95.59	87.26	93.15	92.00	1.96
10	1.240	1.330	1.300	91.18	84.71	89.04	88.31	1.95
15	1.220	1.300	1.230	89.71	82.80	84.25	85.59	1.93
20	1.200	1.290	1.210	88.24	82.17	82.88	84.43	1.93
25	1.160	1.230	1.120	85.29	78.34	76.71	80.12	1.90
30	0.970	1.160	1.060	71.32	73.89	72.60	73.89	1.87
35	0.960	1.150	1.050	70.59	73.25	71.92	71.92	1.86
40	0.960	1.110	1.010	70.59	70.70	69.18	210.47	2.32
45	0.950	1.120	1.000	69.85	71.34	68.49	69.89	1.84
50	0.950	1.080	0.990	69.85	68.79	67.81	68.82	1.84
55	0.910	1.050	0.970	66.91	66.88	66.44	66.74	1.82
60	0.920	1.060	0.970	67.65	67.52	66.44	201.60	2.30
65	0.880	1.000	0.950	64.71	63.69	65.07	64.49	1.81
70	0.830	0.960	0.920	61.03	61.15	63.01	61.73	1.79
75	0.800	0.910	0.880	58.82	57.96	60.27	59.02	1.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรปมในสภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส pH 4

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	0.880	0.770	0.920	100	100	100	100	2
5	0.741	0.681	0.776	84.20	88.44	84.35	85.66	1.93
10	0.730	0.669	0.754	82.95	86.88	81.96	125.90	2.10
15	0.712	0.650	0.742	80.91	84.42	80.65	81.99	1.91
20	0.673	0.620	0.710	76.48	80.52	77.17	78.06	1.89
25	0.648	0.600	0.700	73.64	77.92	76.09	75.88	1.88
30	0.620	0.584	0.689	70.45	75.84	74.89	73.73	1.87
35	0.598	0.551	0.662	67.95	71.56	71.96	70.49	1.85
40	0.574	0.531	0.658	65.23	68.96	71.52	67.09	1.83
45	0.571	0.519	0.645	64.89	67.40	70.11	67.47	1.83
50	0.550	0.483	0.618	62.50	62.73	67.17	62.61	1.80
55	0.540	0.475	0.608	61.36	61.69	66.09	63.05	1.80
60	0.529	0.455	0.594	60.11	59.09	64.57	59.60	1.78
65	0.511	0.443	0.575	58.07	57.53	62.50	59.37	1.77
70	0.400	0.401	0.543	45.45	52.08	59.02	52.18	1.72
75	0.350	0.340	0.500	39.77	44.16	54.35	46.09	1.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ปริมาณแบคทีเรียในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส pH5

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%แบคทีเรียที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.400	1.490	1.420	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
5	1.350	1.400	1.380	96.43	93.96	97.18	95.86	1.98
10	1.320	1.380	1.350	94.29	92.62	95.07	93.99	1.97
15	1.250	1.320	1.310	89.29	88.59	92.25	90.04	1.95
20	1.240	1.330	1.280	88.57	89.26	90.14	89.32	1.95
25	1.200	1.270	1.250	85.71	85.23	88.03	86.33	1.94
30	1.180	1.250	1.220	84.29	83.89	85.92	84.70	1.93
35	1.150	1.230	1.200	82.14	82.55	84.51	83.07	1.92
40	1.120	1.220	1.200	80.00	81.88	84.51	82.13	1.91
45	1.080	1.180	1.190	77.14	79.19	83.80	80.05	1.90
50	1.060	1.180	1.190	75.71	79.19	83.80	79.57	1.90
55	1.040	1.170	1.170	74.29	78.52	82.39	78.40	1.89
60	1.010	1.140	1.140	72.14	76.51	80.28	76.31	1.88
65	0.990	1.110	1.070	70.71	74.50	75.35	73.52	1.87
70	0.970	1.110	1.050	69.29	74.50	73.94	72.58	1.86
75	0.960	1.110	1.030	68.57	74.50	72.54	71.87	1.86
80	0.960	1.110	0.930	68.57	74.50	65.49	69.52	1.84
85	0.960	1.090	0.920	68.57	73.15	64.79	68.84	1.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ปริมาณแบคทีเรียไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรปมในสภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส pH6

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%แบคทีเรียไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0 นาที				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.350	1.570	1.560	100	100	100	100	2
5	1.220	1.350	1.380	90.37	85.99	88.46	88.27	1.95
10	1.190	1.330	1.310	88.15	84.71	83.97	85.61	1.93
15	1.080	1.240	1.220	80.00	78.98	78.21	79.06	1.90
20	1.030	1.200	1.180	76.30	76.43	75.64	76.12	1.88
25	1.020	1.070	1.050	75.56	68.15	67.31	70.34	1.85
30	0.980	0.960	0.980	72.59	61.15	62.82	65.52	1.82
35	0.921	0.920	0.950	68.22	58.60	60.90	62.57	1.80
40	0.810	0.887	0.877	60.00	56.50	56.22	57.57	1.76
45	0.785	0.834	0.799	58.15	53.12	51.22	54.16	1.73
50	0.748	0.803	0.795	55.41	51.15	50.96	52.51	1.72
55	0.721	0.735	0.757	53.41	46.82	48.53	49.58	1.70
60	0.699	0.711	0.736	51.78	45.29	47.18	48.08	1.68
65	0.676	0.680	0.729	50.07	43.31	46.73	46.71	1.67
70	0.623	0.670	0.701	46.15	42.68	44.94	44.59	1.65
75	0.613	0.653	0.680	45.41	41.59	43.59	43.53	1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ปริมาณแบคทีเรียไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส pH7

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%แบคทีเรียไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.290	1.300	1.210	100	100	100	100	2
5	1.170	1.150	1.050	90.70	88.46	86.78	88.65	1.95
10	1.080	1.073	1.000	83.72	82.54	82.64	82.97	1.92
15	0.960	0.950	0.890	74.42	73.08	73.55	73.68	1.87
20	0.887	0.867	0.840	68.76	66.69	69.42	68.29	1.83
25	0.765	0.762	0.695	59.30	58.62	57.44	58.45	1.77
30	0.687	0.718	0.668	53.26	55.23	55.21	54.56	1.74
35	0.671	0.683	0.632	52.02	52.54	52.23	52.26	1.72
40	0.668	0.665	0.618	51.78	51.15	51.07	51.34	1.71
45	0.621	0.588	0.598	48.14	45.23	49.42	47.60	1.68
50	0.594	0.572	0.593	46.05	44.00	49.01	49.53	1.84
55	0.593	0.562	0.581	45.97	43.23	48.02	45.74	1.66
60	0.591	0.560	0.583	45.81	43.08	48.18	137.07	2.14
65	0.577	0.557	0.581	44.73	42.85	48.02	135.59	2.13
70	0.572	0.553	0.579	44.34	42.54	47.85	134.73	2.13
75	0.570	0.554	0.574	44.19	42.62	47.44	134.24	2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส pH3

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.120	1.120	1.080	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
4	1.000	1.040	1.030	89.29	92.86	95.37	92.50	1.97
8	0.987	1.040	0.973	88.13	92.86	90.09	90.36	1.96
12	0.890	1.060	0.930	79.46	94.64	86.11	86.74	1.94
16	0.860	0.900	0.886	76.79	80.36	82.04	79.73	1.90
20	0.825	0.874	0.843	73.66	78.04	78.06	76.58	1.88
24	0.767	0.800	0.721	68.48	71.43	66.76	68.89	1.84
28	0.706	0.733	0.690	63.04	65.45	63.89	64.12	1.81
32	0.650	0.674	0.664	58.04	60.18	61.48	59.90	1.78
36	0.595	0.584	0.583	53.13	52.14	53.98	53.08	1.72
40	0.546	0.553	0.568	48.75	49.38	52.59	50.24	1.70
44	0.528	0.554	0.551	47.14	49.46	51.02	49.21	1.69

ตารางที่ 16 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส pH4

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	%ครั้งที่ 1	%ครั้งที่ 2	%ครั้งที่ 3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	0.870	0.970	0.970	100	100	100	100	2
4	0.800	0.891	0.905	91.95	91.86	93.30	92.37	1.97
8	0.785	0.856	0.866	90.23	88.25	89.28	89.25	1.95
12	0.720	0.781	0.773	82.76	80.52	79.69	80.99	1.91
16	0.702	0.784	0.742	80.69	80.82	76.49	79.34	1.90
20	0.608	0.672	0.701	69.89	69.28	72.27	70.48	1.85
24	0.602	0.657	0.685	69.20	67.73	70.62	69.18	1.84
28	0.524	0.573	0.598	60.23	59.07	61.65	60.32	1.78
32	0.456	0.525	0.523	52.41	54.12	53.92	53.49	1.73
36	0.404	0.485	0.476	46.44	50.00	49.07	48.50	1.69
40	0.386	0.421	0.417	44.37	43.40	42.99	43.59	1.64
44	0.350	0.400	0.399	40.23	41.24	41.13	40.87	1.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส pH5

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	0.800	1.000	1.060	100.00	100.00	100.00	100.00	2.00
4	0.774	0.971	1.000	96.75	97.10	94.34	96.06	1.98
8	0.762	0.923	0.994	95.25	92.30	93.77	93.77	1.97
12	0.753	0.903	0.986	94.13	90.30	93.02	92.48	1.97
16	0.684	0.854	0.900	85.50	85.40	84.91	85.27	1.93
20	0.612	0.786	0.814	76.50	78.60	76.79	77.30	1.89
24	0.589	0.745	0.773	73.63	74.50	72.92	73.68	1.87
28	0.562	0.697	0.716	70.25	69.70	67.55	69.17	1.84
32	0.530	0.638	0.675	66.25	63.80	63.68	64.58	1.81
36	0.492	0.607	0.618	61.50	60.70	58.30	60.17	1.78
40	0.480	0.557	0.578	60.00	55.70	54.53	56.74	1.75
44	0.438	0.550	0.554	54.75	55.00	52.26	54.00	1.73

ตารางที่ 18 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส pH6

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาท				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.280	1.380	1.330	100	100	100	100	2
4	1.200	1.240	1.260	93.75	89.86	94.74	92.78	1.97
8	1.080	1.200	1.140	84.38	86.96	85.71	85.68	1.93
12	1.000	1.060	1.090	78.13	76.81	81.95	78.96	1.90
16	0.956	0.993	0.979	74.69	71.96	73.61	73.42	1.87
20	0.907	0.932	0.940	70.86	67.54	70.68	69.69	1.84
24	0.788	0.813	0.800	61.56	58.91	60.15	60.21	1.78
28	0.771	0.779	0.800	60.23	56.45	60.15	58.94	1.77
32	0.618	0.643	0.657	48.28	46.59	49.40	48.09	1.68
36	0.554	0.557	0.544	43.28	40.36	40.90	41.52	1.62
40	0.520	0.553	0.524	40.63	40.07	39.40	40.03	1.60
44	0.500	0.511	0.488	39.06	37.03	36.69	37.59	1.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 ปริมาณเบต้าไซยานินในสารสกัดเปลือกแก้วมังกรบ่มในสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส pH7

เวลา (นาทีก)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm.			%ค่าการดูดกลืนแสง (%เบต้าไซยานินที่เหลือ) เทียบที่ 0นาทีก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	%ครั้งที่1	%ครั้งที่2	%ครั้งที่3	%เฉลี่ย	log(%เฉลี่ย)
0	1.470	1.690	1.600	100	100	100	100	2
4	1.310	1.570	1.440	89.12	92.90	90.00	90.67	1.96
8	1.230	1.380	1.270	83.67	81.66	79.38	81.57	1.91
12	1.140	1.260	1.230	77.55	74.56	76.88	76.33	1.88
16	1.000	1.080	1.110	68.03	63.91	69.38	67.10	1.83
20	0.982	1.040	1.020	66.80	61.54	63.75	64.03	1.81
24	0.837	0.932	0.926	56.94	55.15	57.88	56.65	1.75
28	0.706	0.824	0.783	48.03	48.76	48.94	48.57	1.69
32	0.652	0.766	0.724	44.35	45.33	45.25	44.98	1.65
36	0.576	0.654	0.625	39.18	38.70	39.06	38.98	1.59
40	0.500	0.619	0.538	34.01	36.63	33.63	34.76	1.54
44	0.400	0.474	0.421	27.21	28.05	26.31	27.19	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่บ่มในสภาวะ อุณหภูมิ และค่า pH ต่างกัน ที่เวลา 20 นาทีเทียบกับปริมาณเบต้าไซยานินเริ่มต้น

ค่า pH	ครั้งที่	ปริมาณเบต้าไซยานินที่เหลืออยู่ในสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร (%) ในสภาวะที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ที่เวลา 20 นาที		
		อุณหภูมิ 50° c	อุณหภูมิ 70° c	อุณหภูมิ 90° c
3	1	93.60	88.24	73.66
	2	91.06	82.17	78.04
	3	96.58	82.88	78.06
	เฉลี่ย	93.75	84.43	76.59
4	1	92.56	76.48	69.89
	2	90.47	80.52	69.28
	3	92.07	77.17	72.27
	เฉลี่ย	91.70	78.06	70.48
5	1	94.92	88.57	76.50
	2	98.54	89.26	78.60
	3	91.02	90.14	79.79
	เฉลี่ย	91.68	89.32	78.30
6	1	93.18	76.30	70.86
	2	90.84	76.43	67.54
	3	91.02	75.64	70.68
	เฉลี่ย	91.68	76.12	69.69
7	1	88.27	68.76	66.80
	2	89.81	66.69	61.54
	3	90.97	69.42	63.75
	เฉลี่ย	89.68	68.29	64.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ฉ.

การวิเคราะห์อัตราการหมักให้เกิดกรดแลกติกของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร

การวิเคราะห์อัตราการหมักของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ โดยการวัดค่า pH และ ความเป็นกรดทุกๆ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 21 อัตราการหมักของโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรในระยะเวลา 10 ชั่วโมง

เวลา(hrs.)	ครั้งที่	pH	pH เฉลี่ย	น้ำหนัก (กรัม)	NaOH (ml.)	%T.A.	%T.A เฉลี่ย
0	1	6.50		9.08	1.95	0.19	
	2	6.50	6.50	9.06	1.90	0.19	0.19
	3	6.49		9.06	1.90	0.19	
2	1	5.79		9.00	3.35	0.34	
	2	5.78	5.78	9.01	3.15	0.32	0.32
	3	5.77		9.02	3.20	0.32	
4	1	4.37		9.04	10.45	1.04	
	2	4.37	4.37	9.07	10.70	1.07	1.06
	3	4.36		9.07	10.75	1.07	
6	1	4.02		9.05	12.40	1.24	
	2	4.02	4.02	9.08	12.10	1.20	1.21
	3	4.03		9.08	12.00	1.19	
8	1	3.90		9.04	13.05	1.30	
	2	3.89	3.90	9.04	12.95	1.29	1.30
	3	3.90		9.04	13.00	1.30	
10	1	3.79		9.03	14.80	1.48	
	2	3.78	3.78	9.06	14.60	1.45	1.47
	3	3.78		9.07	14.70	1.46	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 อัตราการหมักของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร 0.4% ในระยะเวลา 10 ชั่วโมง

เวลา (hrs.)	ครั้งที่	pH	pH เฉลี่ย	น้ำหนัก (กรัม)	NaOH (ml.)	%T.A.	%T.A เฉลี่ย
0	1	6.47		9.03	1.95	0.19	
	2	6.47	6.47	9.04	1.95	0.20	0.20
	3	6.48		9.05	2.00	0.20	
2	1	5.60		9.03	3.90	0.39	
	2	5.59	5.60	9.04	3.95	0.39	0.39
	3	5.60		9.05	3.95	0.39	
4	1	4.31		9	10.70	1.07	
	2	4.30	4.30	9.01	10.75	1.07	1.07
	3	4.30		9.01	10.70	1.07	
6	1	4.02		9	12.40	1.24	
	2	4.01	4.01	9	12.45	1.24	1.24
	3	4.01		9.01	12.45	1.24	
8	1	3.89		9.02	13.00	1.29	
	2	3.90	3.90	9.06	13.15	1.30	1.30
	3	3.90		9.05	13.15	1.31	
10	1	3.81		9.02	14.35	1.43	
	2	3.80	3.80	9.01	14.35	1.43	1.43
	3	3.79		9.02	14.40	1.43	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 อัตราการหมักของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร 0.8% ในระยะเวลา 10 ชั่วโมง

เวลา(hrs.)	ครั้งที่	pH	pH เฉลี่ย	น้ำหนัก (กรัม)	NaOH (ml.)	%T.A.	%T.A เฉลี่ย
0	1	6.43		9.02	2.20	0.22	
	2	6.44	6.44	9.05	2.20	0.22	0.22
	3	6.44		9.02	2.20	0.22	
2	1	5.43		9.01	5.00	0.50	
	2	5.42	5.42	9.08	5.15	0.51	0.51
	3	5.42		9.03	5.10	0.51	
4	1	4.20		9.03	11.00	1.09	
	2	4.19	4.19	9	10.95	1.09	1.09
	3	4.19		9.02	11.00	1.10	
6	1	3.98		9.05	13.05	1.30	
	2	3.97	3.97	9.01	12.70	1.27	1.28
	3	3.97		9.03	12.85	1.28	
8	1	3.86		9.06	13.80	1.37	
	2	3.86	3.86	9.03	12.85	1.28	1.34
	3	3.85		9.05	13.70	1.36	
10	1	3.78		9.02	14.70	1.46	
	2	3.78	3.78	9.03	14.75	1.47	1.47
	3	3.78		9.03	14.75	1.47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 อัตราการหมักของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกร 1.2% ในระยะเวลา 10 ชั่วโมง

เวลา (hrs.)	ครั้งที่	pH	pH เฉลี่ย	น้ำหนัก (กรัม)	NaOH (ml.)	%T.A.	%T.A เฉลี่ย
0	1	6.40		9.01	2.35	0.23	
	2	6.40	6.40	9.03	2.42	0.24	0.24
	3	6.39		9	2.35	0.23	
2	1	5.21		9.05	5.70	0.57	
	2	5.21	5.21	9	5.60	0.55	0.56
	3	5.20		9.06	5.70	0.57	
4	1	4.12		9	11.30	1.13	
	2	4.11	4.11	9.06	11.45	1.14	1.13
	3	4.11		9	11.30	1.13	
6	1	3.92		9.04	13.00	1.29	
	2	3.91	3.91	9.01	12.90	1.29	1.29
	3	3.90		9.03	12.95	1.29	
8	1	3.84		9.04	13.60	1.35	
	2	3.83	3.83	9.04	13.65	1.36	1.35
	3	3.83		9.04	13.65	1.36	
10	1	3.76		9.03	14.90	1.48	
	2	3.76	3.76	9.03	14.85	1.48	1.48
	3	3.76		9.04	14.95	1.49	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณ

### สูตรการคำนวณ Titratable acidity

$$\% \text{Titratable acidity} = \frac{N. \text{NaOH} \times \text{ml. NaOH} \times 90.01 \times 100}{1000 \times \text{wt. of sample}}$$

### ตัวอย่างการคำนวณ

โยเกิร์ตตัวอย่าง : โยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมโยอาหารจากเปลือกแก้วมังกร  
ครั้งที่ 1 น้ำหนักตัวอย่าง เท่ากับ 9.08 กรัม

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 0.1003 นอร์มัล

ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต เท่ากับ 1.95 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสูตร } \% \text{ T.A.} &= \frac{0.1003 \times 1.95 \times 90.01 \times 100}{1000 \times 9.08} \\ &= 0.19 \% \end{aligned}$$



## ภาคผนวก ข.

## การวิเคราะห์ความแน่นของลิมโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารจากเปลือกแก้วมังกร

ตารางที่ 26 ความแน่นของลิมโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ

ปริมาณการเติมโยอาหารผง จากเปลือกแก้วมังกร	ความแน่นของลิมโยเกิร์ต (กรัม)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0%	296.2	287.5	76.7	290.17
0.4%	388.4	371.1	377.8	378.73
0.8%	502.6	466.9	485.3	485.60
1.2%	221.6	224.2	229.7	224.10

\* ทดสอบความแน่นของลิมโยเกิร์ตโดยเครื่อง texture analyzer ใช้แรงกดที่เนื้อโยเกิร์ตให้ได้ระยะทาง 20 มิลลิเมตร

นำผลการทดลองจากตารางที่ 26 แปรผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความแน่นของลิมโยเกิร์ต

Tests of Between-Subjects Effects  
Dependent Variable: score = texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	115587.937	3	38529.312	356.632	.000
Intercept	1425403.470	1	1425403.470	13193.701	.000
TREAT	115587.937	3	38529.312	356.632	.000
Error	864.293	8	108.037		
Total	1541855.700	12			
Corrected Total	116452.230	11			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .990)

## Estimated Marginal Means

treat = yoghurt

Dependent Variable: score = texture

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
treat = yoghurt				
0%	290.167	6.001	276.328	304.005
0.4%	378.733	6.001	364.895	392.572
0.8%	485.600	6.001	471.762	499.438
1.2%	224.100	6.001	210.262	237.938

## Post Hoc Tests

score = texture

Duncan

treat = yoghurt	N	Subset			
		1	2	3	4
1.2%	3	224.1000			
0%	3		290.1667		
0.4%	3			378.7333	
0.8%	3				485.6000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 108.037.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

## การวิเคราะห์การวัดสีของโยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ

ตารางที่ 27 ค่าการวัดสีของ โยเกิร์ตที่เติมโยอาหารผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับต่างๆ

ปริมาณการเติมโยอาหารผง จากเปลือกแก้วมังกร	ครั้งที่	ค่าการวัดสี		
		L	a	b
0%	1	94.40	-3.83	11.03
	2	94.11	-3.78	10.87
	3	93.78	-3.91	12.88
	เฉลี่ย	94.10	-3.84	10.97
0.4%	1	91.59	-2.66	12.88
	2	91.62	-2.64	12.44
	3	91.40	-2.50	12.62
	เฉลี่ย	91.54	-2.60	12.65
0.8%	1	84.16	3.02	13.50
	2	84.51	3.08	13.63
	3	85.77	2.97	13.36
	เฉลี่ย	84.81	3.02	13.50
1.2%	1	80.19	3.84	13.11
	2	80.97	3.99	13.31
	3	81.55	3.94	13.11
	เฉลี่ย	80.90	3.92	4.01

นำผลการทดลองจากตารางที่ 27 แปรผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแยกพิจารณาทีละค่า คือ L = ความสว่าง(light) a = โทนสีแดง (red) b = โทนสีเหลือง(yellow)

### การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความสว่างของโยเกิร์ต

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: score = light

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	330.268	3	110.089	340.509	.000
Intercept	92585.117	1	92585.117	286367.864	.000
TREAT	330.268	3	110.089	340.509	.000
Error	2.586	8	.323		
Total	92917.971	12			
Corrected Total	332.854	11			

a R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .989)

### Estimated Marginal Means

treat = yoghurt

Dependent Variable: score = light

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
treat = yoghurt				
0%	94.097	.328	93.340	94.854
0.4%	91.537	.328	90.780	92.294
0.8%	84.813	.328	84.056	85.570
1.2%	80.903	.328	80.146	81.660

### Post Hoc Tests

score = light

Duncan

	N	Subset			
		1	2	3	4
treat = yoghurt					
1.2%	3	80.9033			
0.8%	3		84.8133		
0.4%	3			91.5367	
0%	3				94.0967
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .323.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวิเคราะห์ทางสถิติด้านโทนสีแดง

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: score = a (red to green)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	137.924	3	45.975	8855.444	.000
Intercept	.193	1	.193	37.085	.000
TREAT	137.924	3	45.975	8855.444	.000
Error	4.153E-02	8	5.192E-03		
Total	138.158	12			
Corrected Total	137.965	11			

a R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

## Estimated Marginal Means

treat = yoghurt

Dependent Variable: score = a (red to green)

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
treat = yoghurt				
0%	-3.840	.042	-3.936	-3.744
0.4%	-2.600	.042	-2.696	-2.504
0.8%	3.023	.042	2.927	3.119
1.2%	3.923	.042	3.827	4.019

## Post Hoc Tests

score = a (red to green)

Duncan

	N	Subset			
treat = yoghurt		1	2	3	4
0%	3	-3.8400			
0.4%	3		-2.6000		
0.8%	3			3.0233	
1.2%	3				3.9233
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5.192E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การวิเคราะห์ทางสถิติด้านโทนสีเหลืองของโยเกิร์ต

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: score = b (yellow to blue)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.346	3	3.782	170.870	.000
Intercept	1897.065	1	1897.065	85710.747	.000
TREAT	11.346	3	3.782	170.870	.000
Error	.177	8	2.213E-02		
Total	1908.587	12			
Corrected Total	11.523	11			

a R Squared = .985 (Adjusted R Squared = .979)

### Estimated Marginal Means

treat = yoghurt

Dependent Variable: score = b (yellow to blue)

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
treat = yoghurt				
0%	10.973	.086	10.775	11.171
0.4%	12.647	.086	12.449	12.845
0.8%	13.497	.086	13.299	13.695
1.2%	13.177	.086	12.979	13.375

### Post Hoc Tests

score = b (yellow to blue)

Duncan

	N	Subset			
		1	2	3	4
treat = yoghurt					
0%	3	10.9733			
0.4%	3		12.6467		
1.2%	3			13.1767	
0.8%	3				13.4967
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = 2.213E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

### 1. นายทศพร เกษมภักดี

เกิดเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2525

ภูมิลำเนา จังหวัด ภูเก็ต

การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วุฒิวิทยาศาสตรบัณฑิต ปี พ.ศ.2547

จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 2. นางสาวปิยพร เลิศชนะแสงธรรม

เกิดเมื่อวันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ. 2525

ภูมิลำเนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร

การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วุฒิวิทยาศาสตรบัณฑิต ปี พ.ศ.2547

จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 3. นางสาวอรนาฎ พัฒนกุลพงศ์

เกิดเมื่อวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2525

ภูมิลำเนา จังหวัด นนทบุรี

การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วุฒิวิทยาศาสตรบัณฑิต ปี พ.ศ.2547

จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้