

การกักเก็บสีจากกระเจี๊ยบโดยใช้มอลโตเด็กซ์ตริน
MALTODEXTRIN ENCAPSULATION OF ROSELLE
PIGMENT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **ปีการศึกษา 2559** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALTODEXTRIN ENCAPSULATION OF ROSELLE PIGMENT



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(BIOTECHNOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การกักเก็บสีจากกระเจี๊ยบโดยใช้มอลโตเด็กซ์ตริน Maltodextrin encapsulation of Roselle pigment		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชญาณิศ มันทาดิลก	รหัสนักศึกษา	56050820
	นางสาวธนัชพร มังคลาด	รหัสนักศึกษา	56050843
	นางสาวภัทรภร กระแสร์ภูกิจ	รหัสนักศึกษา	56050885
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พนา	โล่ห์ทรัพย์ทวี	

บทคัดย่อ

การสกัดสีแอนโทไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแห้งโดยอาศัยน้ำร้อนและทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลผลิตภัณฑ์ผงสีแดงที่ได้จะถูกห่อหุ้มด้วยชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่แตกต่างกันสองชนิดคือมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE18 และตรวจสอบความเสถียรของสีภายใต้อุณหภูมิและความเข้มแสงที่แตกต่างกัน มอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 เป็นสารห่อหุ้มที่ดีกว่ามอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE18 สามารถรักษาความเสถียรของสารสีได้ดีที่อุณหภูมิที่สูงและภายใต้ความเข้มแสงสูง และพบว่าอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อสารสีที่อัตราส่วน 1:1 ดีที่สุด ทำการเปรียบเทียบสีจากกระเจี๊ยบที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และ DE18 ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และ DE18 ถึงความเสถียรของเม็ดสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่

คำสำคัญ : กระเจี๊ยบแดง มอลโตเด็กซ์ตริน เอนแคปซูเลชัน การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Maltodextrin encapsulation of Roselle pigment		
Students	Chayanis	Montadilok	ID 56050820
	Thanatchaphorn	Mangkarad	ID 56050843
	Pattaraporn	Grasaephukit	ID 56050885
Degree	Bachelor of Science		
Major Program	Biotechnology		
Academic Year	2016		
Advisor	Asst. Prof. Dr. Pana Lohasupthawee		

Abstract

Anthocyanin pigment from dried Roselle was extracted with hot water and removed water by freeze-drying method. Dry powder of red color was encapsulated with different types of maltodextrin DE10 and DE18 and investigated the pigment stability during incubation under different temperature and light intensity. The protective effect of maltodextrin DE10 was the best agent to protect the encapsulated Roselle pigments against high temperature and high light intensity and the suitable ratio of maltodextrin : pigment was 1:1. Comparison of the encapsulated Roselle pigment in maltodextrin DE10 to DE18 in sweet jelly product, the result showed no significant differences between DE 10 and DE18 in pigment stability of the sweet jelly product.

Keywords: Roselle flowers, Maltodextrin, Encapsulation, freeze-drying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. พนา โลหะทรัพย์ทวี อาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษที่ได้ให้ความช่วยเหลือชี้แนะและแนะนำแนวทาง จนทำให้โครงการพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สมชาย ไกรรักษ์ ประธานกรรมการสอบโครงการพิเศษ และ ผศ.ดร.สรัญญา พันธุ์พุกษ์ กรรมการสอบโครงการพิเศษ รวมทั้งคำแนะนำ ตรวจสอบ ชี้แนะในการแก้ไขโครงการพิเศษให้มีความเรียบร้อยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการต่างๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และนักวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้ใช้สถานที่เพื่อปฏิบัติงานวิจัยและอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาในการทำโครงการพิเศษให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนและทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่อง ให้ข้อคิดเห็น กำลังใจและมิตรภาพที่ดีตลอดมา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการพิเศษฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้ในโครงการพิเศษนี้

นางสาวชญาณิช มันทาดิลก

นางสาวณิชพร มังคลาด

นางสาวภัทรภร กระแสร์ภูกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ดอกกระเจี๊ยบแดง.....	4
2.2 แอนโทไซยานิน (anthocyanin).....	5
2.3 เอนแคปซูเลชัน.....	9
2.4 ชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชัน.....	10
2.5 แก่นและสารหุ้มของไมโครแคปซูล.....	10
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสารที่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน.....	11
2.7 เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation techniques).....	11
2.8 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ (สารที่ใช้ในการห่อหุ้ม).....	18
2.9 เหตุผลที่เลือกใช้มอนิเตอร์เด็กซ์ทรินในการทดลอง.....	23
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	25
3.1 วัสดุที่ใช้ศึกษา.....	25
3.2 อุปกรณ์การทดลอง.....	25
3.3 การเตรียม.....	25
3.3.1 ขั้นตอนการสกัด.....	25
3.4 ขั้นตอนการเอนแคปซูเลชัน.....	26
3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมสาร.....	26
3.4.2 ขั้นตอนการทำ.....	26
3.4.3 การเตรียมเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry).....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียร.....	27
3.5.1 การทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส.....	27
3.5.2 การทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์....	28
3.6 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์วันกระเจี๊ยบ.....	28
3.6.1 ส่วนผสม.....	28
3.6.2 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์.....	29
3.7 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรหลังทำผลิตภัณฑ์.....	30
3.7.1 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรของผลิตภัณฑ์ด้วยการผ่านความร้อน....	30
3.7.2 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรของผลิตภัณฑ์ด้วยแสงจากหลอด ฟลูออเรสเซนซ์หลังทำผลิตภัณฑ์.....	30
3.8 การวิเคราะห์ร้อยละการสลายตัวของสี.....	31
3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	31
3.9.1 การวิเคราะห์ผลความเสถียรของปริมาณแอนโทไซยานินต่อความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส.....	31
3.9.2 การวิเคราะห์ผลความเสถียรของสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบต่อ แสงฟลูออเรสเซนซ์.....	31
3.9.3 การวิเคราะห์ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินDE10และDE18 ต่อการรักษา ความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ก่อนและหลังทำผลิตภัณฑ์และต่อแสง ฟลูออเรสเซนซ์.....	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	33
4.1 สีจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)และเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ(Vacuum Dry).....	33
4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน	
4.2.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสต่อความเสถียรของ แอนโทไซยานิน.....	34
4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสต่อความเสถียรของ แอนโทไซยานิน.....	35
4.3 การศึกษาผลของแสงฟลูออเรสเซนซ์ต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน.....	38
4.4 การศึกษาผลของความเสถียรของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์วันดอกกุหลาบ.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	41
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	41
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
เอกสารอ้างอิง.....	43
ภาคผนวก.....	48
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ อุณหภูมิ80และ100 องศาเซลเซียส.....	49
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์.....	64
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบสีไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินและสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน ED10และDE18ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์.....	66
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสถียรของการสลายตัวของ แอนโทไซยานิน.....	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเป็นกรดเบสและสีของแอนโทไซยานิน.....	7
2.2 แสดงช่วงค่าดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินและสารประกอบอื่นๆ.....	8
2.3 แสดงตัวอย่างสารห่อหุ้มประเภทต่างๆ.....	10
4.1 ผลร้อยละการสลายตัวของสีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม)และ สีที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน ที่อุณหภูมิ 80และ100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที.....	37
4.2 ผลของชนิดมอลโตเด็กซ์ทรินและอัตราส่วนต่อสีที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์.....	38
4.3 ผลร้อยละระหว่างชนิดมอลโตเด็กซ์ทรินต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสี ก่อนและหลังในการผลิตวุ้นดอกกุหลาบ.....	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

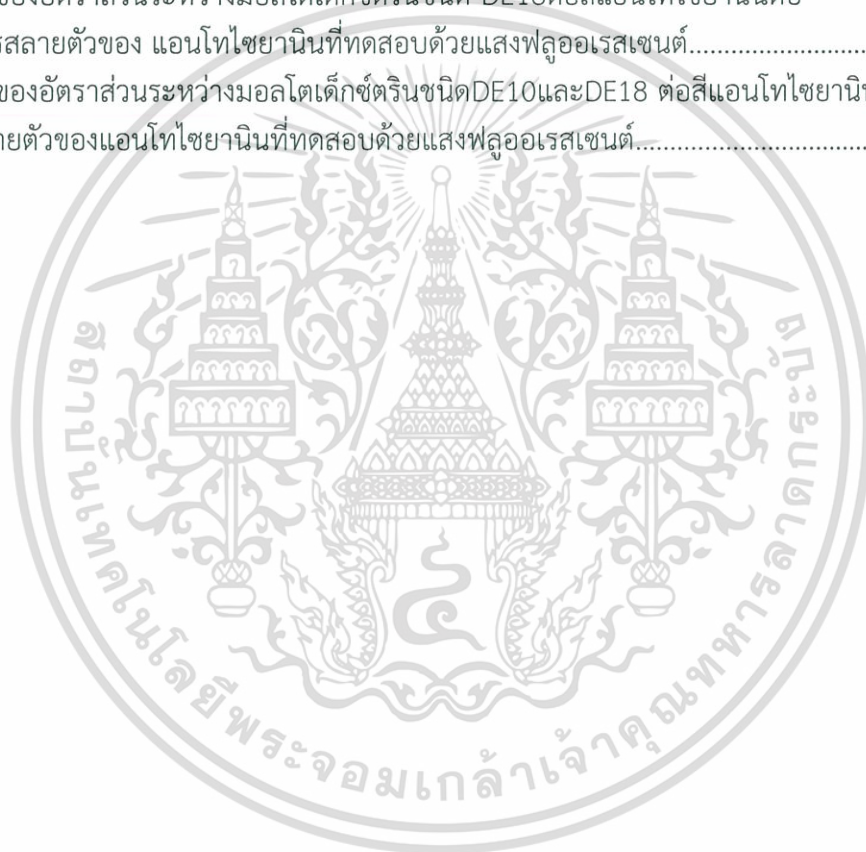
สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างดอกกระเจี๊ยบแดง.....	4
2.2 แสดงตัวอย่างแหล่งของแอนโทไซยานิน.....	5
2.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของแอนโทไซยานิน.....	6
2.4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสีจากแอนโทไซยานิน.....	6
2.5 แสดงไมโครแคปซูลแบ่งประเภทตามลักษณะของสารแกนกลาง.....	9
2.6 กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation.....	12
2.7 โครงสร้างของ β - cyclodextrin.....	13
2.8 แสดงกลไกไมโครเอนแคปซูลด้วยเทคนิค air suspension.....	14
2.9 แสดงกลไกไมโครเอนแคปซูลด้วยเทคนิค Multiorifice-centrifugal process.....	14
2.10 แสดงแผนภาพแสดงการทำงานของเครื่อง pan coating.....	15
2.11 แสดงแผนภาพแสดงการทำงานของเครื่อง spray dryer และ spray congealing.....	16
2.12 แสดงกระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Solvent evaporation.....	16
2.13 แสดงกระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Polymerization.....	17
2.14 แสดงเครื่องอบ vacuum dryer.....	17
2.15 แสดงเครื่องอบ vacuum freeze dryer.....	18
2.16 แสดงตัวอย่างผงของแซมแทนกัม(Xanthan gum)	19
2.17 แสดงตัวอย่างผงของเมทิลเซลลูโลส (methylcellulose, MC)	19
2.18 แสดงตัวอย่างของผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส(carboxymethylcellulose.....	20
2.19 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส Hydroxyethyl Cellulose (HEC).....	21
2.20 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส(hydroxypropylcellulose,HPC).....	21
2.21 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส.....	22
2.22 แสดงตัวอย่างของผงมอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin)	23
3.1 แสดงตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน.....	29
3.2 ตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10(1:1).....	29
3.3 ตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18(1:1).....	30
3.4 ตัวอย่างวุ้นจากสีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน(ตัวควบคุม)และ สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินDE10และDE18 (1:1) ก่อนการทดสอบ.....	31
4.1 ผงสีจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบสุญญากาศ.....	33
4.2 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิดDE10 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของ สีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส.....	34
4.3 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิดDE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของ สีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส.....	35
4.5 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส.....	36
4.6 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE10ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์.....	39
4.7 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE18ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของ แอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์.....	39
4.8 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิดDE10และDE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์.....	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สีผสมอาหาร (Colorant) ทำให้อาหารมีสีสันและแลดูน่ารับประทาน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค อุตสาหกรรมอาหารมักใช้สีผสมอาหารเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณสมบัติกายภาพด้านสีคงอยู่เหมือนลักษณะปรากฏดั้งเดิมของอาหารนั้นๆ ถึงแม้ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่อาจส่งผลต่อการสูญเสียสีตามธรรมชาติของอาหารอย่างไรก็ตามการใช้สีผสมอาหารประเภทสีสังเคราะห์อาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องความปลอดภัยต่อการบริโภค และในปัจจุบันสีผสมอาหารประเภทสีสังเคราะห์บางชนิดก็ไม่ได้ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้อีกต่อไป ประกอบกับผู้บริโภคมีความห่วงใยในสุขภาพของตนเองมากขึ้น การใช้สีผสมอาหารที่สกัดได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้เป็นอย่างดี

ดอกกระเจี๊ยบ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa* ชื่อท้องถิ่น กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว ส้มแก้งเค็ง ส้มตะเลงเครง ส้มปู้ กระเจี๊ยบแดง จัดเป็นไม้พุ่ม สูง 1-3 เมตร เปลือกต้นเหนียวมีสีเทาปนแดง กิ่งก้านสีม่วงแดง มีขน ใบ เป็นใบเดี่ยวออกสลับ เป็นรูปไข่หรือรูปนิ้วมือ กว้าง 7-12 เซนติเมตร ยาว 8-15 เซนติเมตร มีดอกเป็นสีเหลืองกลางดอกเป็นสีม่วงแดง ขนาดดอก 4-5 เซนติเมตร ออกดอกเดี่ยวหรือเป็นคู่ตามซอกใบ หลังจากดอกแก่เต็มที่แล้วกลีบเลี้ยงจะติดกันดอกจะเปลี่ยนสีเป็นแดงอมม่วง เนื้อหนารอบ หักง่าย มีเกสรผู้จำนวนมาก ปลายเกสรตัวเมียแยกเป็น 5 แฉก ผลของกระเจี๊ยบค่อนข้างกลม กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยอดแหลมมีสันตามยาว ผิวผลมีขนขนาดเล็กสีขาวเกาะติดหนาแน่น เมล็ดทรงกลมสีน้ำตาลดำ มีจำนวนมากมักใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์ซึ่งจะเริ่มปลูกในฤดูฝน มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกาตะวันตกนำ มาปลูกในประเทศแถบศูนย์สูตรทั่วไปชอบพื้นที่แดดจัดและความชุ่มชื้นพอเหมาะ

ในกระบวนการผลิตสีผสมอาหารนั้นบริษัทหรืออุตสาหกรรมผลิตสีผสมอาหารนิยมใช้เทคนิคการเอนแคปซูลชัน (Encapsulation) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากได้ผลิตผลที่มีคุณภาพดี มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำ และต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าวิธีนี้สามารถรักษาระดับปริมาณสารสี และคุณสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงกว่าการทำแห้งแบบสุญญากาศ ขั้นตอนการเอนแคปซูลชันโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบสุญญากาศ ประกอบไปด้วย การนำตัวกลางที่ใช้ในการห่อหุ้ม (Carrier หรือ Wall material) หรือสารตัวกลาง (Coating medium) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) แป้งดัดแปร (Modified Starch) กัมหรือส่วนผสมของสารเหล่านี้มาละลายน้ำ เพื่อเพิ่มความเสถียรและปริมาณของสีที่อยู่ในสารสกัดนั้นนำสารสีที่สกัดได้มาผสมกับสารละลายของตัวกลางที่ใช้ในการห่อหุ้ม (Carrier solution) แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) เพื่อให้สาร

เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตเห็นาเบเซประเขยชนดานการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกลางห่อหุ้มสารสีที่สกัดได้ การผสมสารสกัดที่ได้กับสารตัวกลางให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมอาจเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้คุณสมบัติทางด้านสี ด้านเคมี และด้านชีวภาพของสารสกัดที่ให้สีเปลี่ยนแปลง

มอลโตเด็กซ์ทรินมีสูตรโมเลกุล คือ $(C_6H_{12}O_6)_n \cdot H_2O$ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกับกลูโคสโซลไซร้ประกอบด้วยหน่วยของ D-glucose หลาย ๆ หน่วยเชื่อมต่อกัน เตรียมได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช การไฮโดรไลซิสด้วยกรดไฮโดรคลอริก หรือโดยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส เพื่อให้เกิดสารละลายกลูโคสพอลิเมอร์ (Glucosepolymer solution) ที่มีสายยาว สารละลายนี้จะถูกกรองและทำให้แห้งหรือทำให้เข้มข้นมากขึ้นเพื่อให้ได้มอลโตเด็กซ์ทรินสตาร์ชที่นำมาใช้ ได้แก่ สตาร์ชจากข้าวโพด ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น โดยทั่วไปที่นิยมผลิตจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 5-19 มอลโตเด็กซ์ทรินอาจอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นหรือรูปผงสีขาวไม่มีกลิ่นไม่มีรสหวานหรือหวานเล็กน้อย จัดเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายมีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่น (Bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ทรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของอาหาร และหน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ทรินในอาหารชนิดนั้นๆ สามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้องสารละลายที่ได้อาจจะใสหรือขุ่น ขึ้นกับชนิดของมอลโตเด็กซ์ทรินที่นำมาใช้งาน สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความเป็นเนื้อ (Body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน การเติมมอลโตเด็กซ์ทรินจะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีช้าลง มีความสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ต่ำ (Low hygroscopicity) จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง (Siew Young et al., 2007) โดยเฉพาะมอลโตเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE ต่ำๆ มีจุดเยือกแข็งคงที่ และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลง การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ทรินมีสมบัติที่ดีหลายประการ สามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลวจึงมีการนำมาใช้ในอาหารประเภทต่างๆ เช่น ซุป นม น้ำผลไม้ เป็นต้น หรืออาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรง หรือนำมาละลายน้ำก่อน นิยมใช้เป็น สารเพิ่มปริมาณ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส รักษาความชุ่มชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ราคากุญและหาซื้อได้ง่าย มีราคาต่ำกว่าสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลายๆตัว และยังสามารถใช้ร่วมกับสารอื่นๆได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการกักเก็บสีโดยใช้มอลโตเด็กซ์ทริน

1.2.2 เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ใน การกักเก็บสีจากกระเจี๊ยบ ช่วยรักษาความเสถียรของสารสี

1.2.3 ศึกษาความเสถียรของสารสีต่ออุณหภูมิและแสงที่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.3.1 สกัดสารสีจากกระเจี๊ยบ จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายที่สภาวะอุณหภูมิสูงและทำให้เป็นผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

1.3.2 ศึกษาอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อสารสีที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 1:1 2:1 และ 5:1 ต่อคุณลักษณะของความเข้มของสีที่แสดงออกเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์

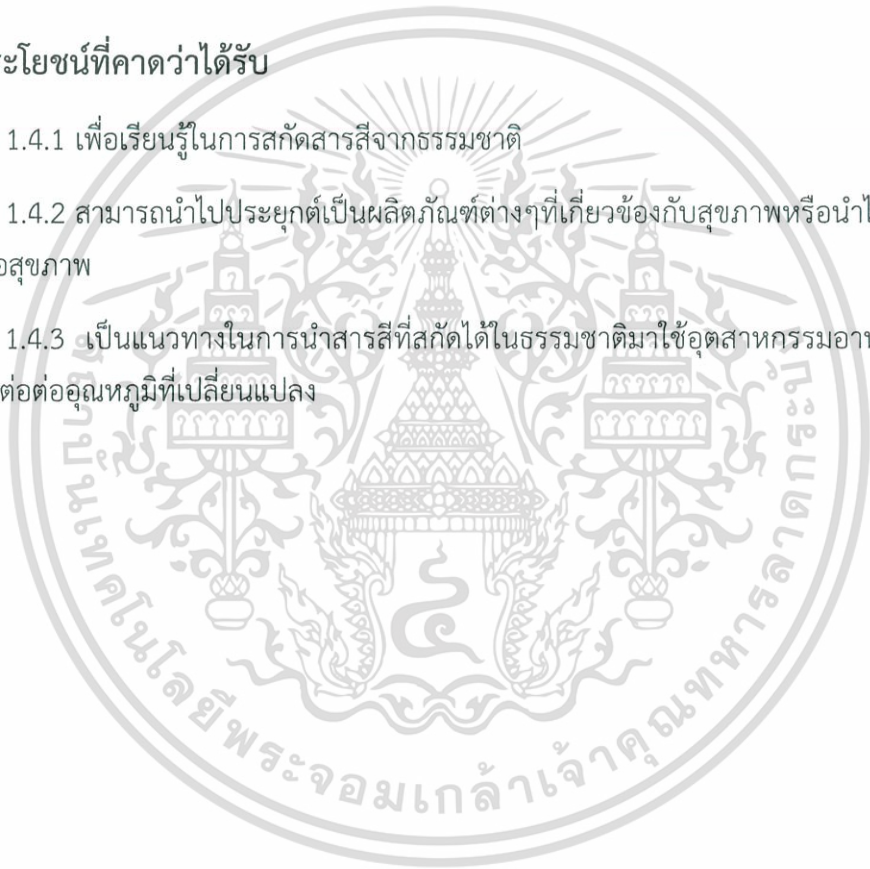
1.3.3 ศึกษาการทดสอบความเสถียรของปริมาณแอนโทไซยานินของสีที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทรินและสีใช้ในการผลิตวันดอกกุหลาบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเรียนรู้ในการสกัดสารสีจากธรรมชาติ

1.4.2 สามารถนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพหรือนำไปผลิตอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ

1.4.3 เป็นแนวทางในการนำสารสีที่สกัดได้ในธรรมชาติมาใช้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อให้มีความคงต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดอกกระเจี๊ยบแดง



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างดอกกระเจี๊ยบแดง
ที่มา: <http://www.mylifetea.com> (17 ม.ค. 2560)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของกระเจี๊ยบแดง

ดอกกระเจี๊ยบมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa* อยู่ในวงศ์ Malvaceae ชื่อสามัญ Jamaica Sorrel Roselle Red Sorrel หรือ Rozelle ดังรูปที่ 2.1 ชื่อท้องถิ่น กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว ผักแก้งเค็ง ส้มแก้งเค็ง ส้มตะเลงเครง ส้มปู้ กระเจี๊ยบแดง หรือ กระเจี๊ยบเปรี้ยว จัดเป็นไม้พุ่มสูง 1-3 เมตร เปลือกต้นเหนียวมีสีเทาปนแดง กิ่งก้านสีม่วงแดง มีขน ใบ เป็นใบเดี่ยวออกสลับ เป็นรูปไข่หรือรูปนิ้วมือ กว้าง 7-12 เซนติเมตร ยาว 8-15 เซนติเมตร ขอบจัก มีดอกเป็นสีเหลืองกลางดอกเป็นสีม่วงแดง ขนาดดอก 4-5 เซนติเมตร ออกดอกเดี่ยวหรือเป็นคู่ตามซอกใบ หลังจากดอกแก่เต็มที่แล้ว กลีบเลี้ยง จะติดกันดอกจะเปลี่ยนสีเป็นแดงอมม่วง เนื้อหนากรอบ ทักง่ายใบประดับมี 10 แฉก รูปใบหอก ยาว 1-2 เซนติเมตร กลีบรองดอกหนา 5 กลีบ เป็นสีแดงเข้มอวบน้ำแผ่ซ้อนกันหุ้มผลไว้ มีเกสรผู้จำนวนมาก ปลายเกสรเมียแยกเป็น 5 แฉก ผลของกระเจี๊ยบค่อนข้างกลมกว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยอดแหลมมีสันตามยาว ผิวผลมีขนขนาดเล็กสีขาวเกาะติดหนาแน่นเมล็ดตรงกลมสีน้ำตาลดำ มีจำนวนมาก และมักใช้เมล็ดนี้ในการขยายพันธุ์ซึ่งจะเริ่มปลูกในฤดูฝนมีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกาตะวันตกนำมาปลูกในประเทศแถบศูนย์สูตรทั่วไปชอบพื้นที่แดดจัดและความชุ่มชื้นพอเหมาะ (Lazze et al., 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การใช้ประโยชน์จากดอกกระเจี๊ยบ

น้ำกระเจี๊ยบแดง มีรสเปรี้ยว นำมาต้มกับน้ำ เติมน้ำตาล ต้มแกั้วร้อนใน กระจายน้ำ และช่วยป้องกันการจับตัวของไขมันในเส้นเลือดได้ และยังสามารถนำมาทำขนมเยลลี่ แยม หรือใช้เป็นสารแต่งสี ใบอ่อน ของกระเจี๊ยบเป็นผักได้ หรือใช้แกงส้มรสเปรี้ยวกำลังดี กระเจี๊ยบเปรี้ยวมีชื่อเรียกอีกชื่อว่า "ส้มพอเหมาะ" ในใบมี วิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา ส่วนกลีบเลี้ยงและกลีบดอก มีสารแคลเซียม ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง โดยกลีบเลี้ยงที่มีสีแดงมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ยอดอ่อนและกลีบเลี้ยงประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายชนิด (Lazze et al., 2004)

2.2 แอนโทไซยานิน (anthocyanin)

แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร ที่สำคัญสารสกัดแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) อีโคไล (Escherichia coli) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย

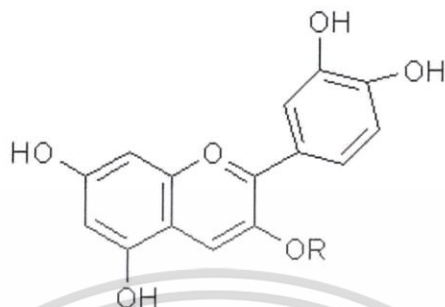
แหล่งของแอนโทไซยานิน ได้แก่ มันเทศสีม่วง ชมพู่แดง ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วแดง ถั่วดำ หอมแดง ดอกอัญชัน น้ำว่านกาบหอย เผือก หอมหัวใหญ่สีม่วง มะเขือม่วง พริกแดง องุ่นแดง-ม่วง แอปเปิลแดง ลูกไหน ลูกพรุน ลูกเกด ลูกหม่อน (มัลเบอร์รี่) บลูเบอร์รี่ เชอร์รี่ แบล็กเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ผลไม้ เช่น องุ่น ทับทิม และผลไม้ในกลุ่มเบอร์รี่ เช่น สตรอเบอร์รี่ (strawberry) ผลหม่อน (mulberry) บลูเบอร์รี่ (blueberry) แครนเบอร์รี่ (cranberry) เชอร์รี่ (cherry) ราสเบอร์รี่ (raspberry) เป็นต้น ผัก เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง (red cabbage) และเรดิชสีแดง (red radish) เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวกล้อง หรือข้าวสีนิล ข้าวโพดสีม่วง พืชหัว ได้แก่ มันเทศสีม่วงดอกไม้ เช่น กระเจี๊ยบแดง และดอกอัญชัน เป็นต้น ดังรูปที่ 2.2 (Lazze et al., 2004)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแหล่งของแอนโทไซยานินนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ : http://www.foodnetworksolution.com/anthocyanin_1.jpg (17 มี.ค. 2560) ปีใช้

2.2.1 โมเลกุลของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล กลุ่มฟอลิฟีนอล ดังรูปที่ 2.3 (Lazze et al., 2004)

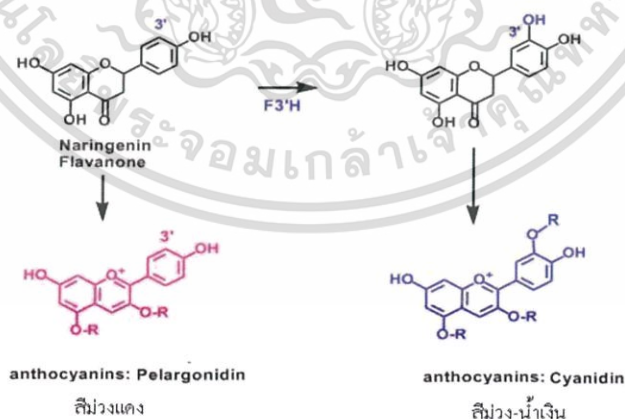


รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของแอนโทไซยานิน

ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/uploaded/Anthocyanin.jpg> (17 ม.ค. 2560)

2.2.2 สีของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้ม ในสภาพที่เป็นกรดมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลางหรือมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 7-8 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินดังรูปที่ 2.4 (Lazze et al., 2004)



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสีจากแอนโทไซยานิน

ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/anthocyanin%20.JPG> (17 ม.ค. 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีการนำแอนโทไซยานินมาใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร เช่น ใช้สีจากดอกอัญชันทำขนมไทย หลายชนิด ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพสีของแอนโทไซยานินเช่นโครงสร้างของแอนโทไซยานินความเข้มข้น ค่าการเป็นกรดเบส อุณหภูมิ ออกซิเจน แสงสว่าง เอนไซม์ กรดแอสคอบิก และน้ำตาล อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แอนโทไซยานินสลายตัวโดยพบว่าแอนโทไซยานินที่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลโดยมีค่าครึ่งชีวิตขึ้นกับอุณหภูมิ ในการเก็บรักษา (Francis, 1989) ที่อุณหภูมิ - 3.5 องศาเซลเซียส มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1,536 วัน และ 38 องศาเซลเซียส เท่ากับ 80 วัน จะเห็นว่าความเสถียรของสารแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Nuzhet และ Erdogan, 2006) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเมื่อเก็บสารแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าการเก็บสารแอนโทไซยานินไว้ที่อุณหภูมิสูง ในอุตสาหกรรมจึงควรเก็บสารแอนโทไซยานินนี้ไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส (Brouillard และ Delaporte, 1977) และศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินสามารถสรุปว่า ปฏิกิริยาสมดุลของโครงสร้างแอนโทไซยานินในรูปแบบต่างๆ ขึ้นกับอุณหภูมิจากทิศทางซ้ายไปขวาดังนี้

blue quinonoid \longrightarrow red flavylum \longrightarrow colorless carbonyl \longrightarrow colorless chalcone

ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินที่สูงขึ้นจะทำให้เสถียรภาพสีมีค่าสูงขึ้นเป็นที่สังเกตได้ว่าความเข้มข้นของแอนโทไซยานินมีความสำคัญในด้านของความสัมพันธ์กับเสถียรภาพสีมากกว่าประเภทที่แตกต่างกันของแอนโทไซยานิน (Skrede et al., 1992) ยิ่งมีการเพิ่มแอนโทไซยานินมากเท่าไรความเข้มข้นของสีก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปตามค่าความเป็นกรดเบสของสารละลายที่แอนโทไซยานินละลายอยู่ (ฉวีวรรณ และ บุศกรณ์, 2531) ในสภาวะที่เป็นกรดแอนโทไซยานินจะอยู่ในรูป flavylum salt เป็นส่วนมาก ทำให้สารมีสีม่วงแดง ส่วนในสภาวะที่เป็นด่างแอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปอื่นที่ไม่ให้สีม่วงแดงความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรดเบสกับสีของแอนโทไซยานิน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเป็นกรดเบสและสีของแอนโทไซยานิน

ค่าการเป็นกรดเบส	สีของแอนโทไซยานิน
1.0 - 4.0	Red
4.0 - 6.0	bluish red
6.0 - 8.0	Purple
8.0 - 12.0	dark blue
12.0 - 13.0	Green
13.0 - 14.0	Yellow

เอกสารที่มา: ฉวีวรรณ และ บุศกรณ์, 2531 (17 ม.ค. 2560) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์จะให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 2 ช่วง คือ 240-285 นาโนเมตร (band II) และช่วง 300-550 นาโนเมตร (band I) ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติและoxygenation patternของโครงสร้างสารประกอบฟลาโวนอยด์

ตารางที่ 2.2 แสดงช่วงค่าดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินและสารประกอบอื่นๆ

band II (nm)	band I (nm)	ประเภทของสารประกอบ
250-280	310-350	Flavone
250-280	330-360	flavonol (3-OH substituted)
250-280	350-385	flavonols (3- OH free)
245-275	310-330	Isoflavones
	320 peak	isoflavones (5- deh.ydroxy-6,7-dioxygenated)
275-295	300-330	flavanonea & dihydroflavanols
230-270	340-390	Chalcones
230-270	380-430	Aurones
270-280	465-560	anthocyanidin & anthocyanins

ที่มา: Markham ,1982 (17 ม.ค. 2560)

2.2.3 ประโยชน์ต่อสุขภาพของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการจัดเป็น functional food เพราะสารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิด โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze et al., 2004)

2.2.4 ผลของการแปรรูปอาหารต่อแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป สีจะเปลี่ยนไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ค่าการเป็นกรดเบส เมื่อมีค่าการเป็นกรดเบสต่ำจะมีสีแดง และหากค่าการเป็นกรดต่ำสูงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (Lazze et al., 2004)

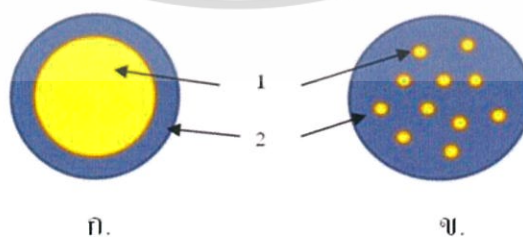
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เอนแคปซูลเลชัน

โครงสร้างของไมโครแคปซูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือสารที่ถูกห่อหุ้มและสารที่ใช้ห่อหุ้ม สารที่ถูกห่อหุ้มมักเป็นของเหลวหรือของแข็งเรียกว่า แกนกลาง (core หรือ active หรือ load หรือ internal phase) เช่น วิตามินต่างๆ เกลือแร่ ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลง ส่วนสารที่เป็นตัวห่อหุ้มมักมีผนังบางๆ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (shell หรือ wall หรือ carrier หรือ coating material) ซึ่งมีความสำคัญในการกำหนดให้ไมโครแคปซูลมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ตัวอย่างของสารห่อหุ้มที่นิยมใช้ เช่น กัมอารบิก โปรตีนไฮโดรไลเสท (protein hydrolysate) ถั่วเหลืองที่อยู่ในรูปละลายน้ำ (soluble soybean) คาราจีแนน (carrageenan) ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) พอลิไวนิลไพโรลิโดน (polyvinylpyrrolidone) เป็นต้น สารห่อหุ้มที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สามารถแผ่เป็นฟิล์มบางๆได้ มีความยืดหยุ่นและมีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถทำให้เกิดอิมัลชันยึดติดกับสารแกนกลางได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง รวมทั้งต้องมีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งและไม่ขึ้นง่าย การทำไมโครแคปซูลต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการที่มีบทบาทต่อคุณสมบัติของไมโครแคปซูลนั้น ปัจจัยที่สำคัญในลำดับต้นๆ คือการเลือกชนิดของสารห่อหุ้มและกลไกในการปลดปล่อยสารที่ถูกห่อหุ้มโดยกลไกดังกล่าวนี้มักขึ้นอยู่กับค่าการเป็นกรดเบส อุณหภูมิ ความดัน และชนิดของเอนไซม์

2.3.1 การจำแนกประเภทของไมโครแคปซูล

ไมโครแคปซูลมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะของสารแกนกลาง สารห่อหุ้มที่ใช้ และวิธีการผลิต โดยทั่วไปมักจำแนกประเภทของไมโครแคปซูลตามลักษณะของสารแกนกลางเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ไมโครแคปซูลที่แกนกลางทั้งหมดถูกห่อหุ้มด้วยสารห่อหุ้ม เรียกว่า ไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดี่ยว (mononuclear core) ดังรูปที่ 2.5 ก และไมโครแคปซูลที่แกนกลางเล็กๆ จำนวนมากถูกห่อหุ้มด้วยสารห่อหุ้ม เรียกว่า ไมโครแคปซูลแบบหลายแกนกลาง (multinuclear core) ดังรูปที่ 2.5 ข ซึ่งนิยมใช้ในกระบวนการผลิตยา เพราะสามารถค่อย ๆ ปลดปล่อยสารแกนกลางได้ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดี่ยว (บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ, 2557)



รูปที่ 2.5 แสดงไมโครแคปซูลแบ่งประเภทตามลักษณะของสารแกนกลาง

ก. ไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดี่ยว ข. ไมโครแคปซูลแบบหลายแกนกลาง

(หมายเลข 1 คือแกนกลาง และหมายเลข 2 คือผนังห่อหุ้ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา: บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ, 2557 (17 ม.ค. 2560)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยใช้เทคนิคเอนแคปซูลชัน

ไมโครแคปซูลหมายถึงแคปซูลขนาดเล็กหรืออนุภาคที่มีลักษณะทรงกลมมีเปลือกหรือผนังหุ้มแกน (core) ไว้สม่ำเสมอ โดยผนังที่หุ้มมักมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ (wall) ดังรูปที่ 2.5 ไมโครแคปซูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 1-2 ไมโครเมตรถึง 5 มิลลิเมตร (บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ, 2557)

2.4.1 single core หรือ true encapsulation เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูลชันโดยใช้เทคนิค coacervation

2.4.2 multi-core หรือ matrix encapsulation เป็นแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ผลิตในอุตสาหกรรมโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย สเปรย์ซิลลิง สเปรย์คลูลิง เอ็กทราชันในการเอนแคปซูล

2.4.3 multi-wall หรือ control release เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสที่มีการห่อหุ้มผิวครั้งที่สองโดยใช้เทคนิค fluidized bed หรือ centrifugal coating ทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในสภาวะที่ต้องการได้

2.5 แก่นและสารหุ้มของไมโครแคปซูล

โดยทั่วไปแล้วแก่นของไมโครแคปซูลมักอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็ง โดยในทางเภสัชกรรมมักเก็บตัวยาสสำคัญไว้ด้านใน โดยสารสำคัญอาจกระจาย (disperse) หรือละลาย (dissolve) อยู่ในสารห่อหุ้มก็ได้ ซึ่งสารห่อหุ้มจะทำหน้าที่ปกป้องสารสำคัญและกำหนดลักษณะการปลดปล่อยสารสำคัญ (drug release mechanism) สารห่อหุ้มชนิดต่างๆจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ส่งผลให้ลักษณะการปลดปล่อย สารสำคัญไม่เหมือนกัน ดังตารางที่ 2.3 การเลือกใช้สารห่อหุ้มและปริมาณการใช้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการห่อหุ้ม (บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ, 2557)

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างสารห่อหุ้มประเภทต่างๆ

สารห่อหุ้มที่ไม่ละลายน้ำ	สารห่อหุ้มที่ไม่ละลายน้ำ	ห่อหุ้มชนิดไข (wax)
Gelatin	Ethylcellulose	Paraffin
Starch	Polyethylene	Bees wax
Polyvinylpyrrolidone	Polyamide	Stearic acid
Hydroxyethyl Stearyl	cellulose Polymethacrylate(บางกลุ่ม)	alcohol

ที่มา : บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ, 2557 (17 ม.ค. 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสารที่ผ่านการเอนแคปซูลเลท

1. คุณสมบัติทางเคมีของสารที่ต้องการกักเก็บ ได้แก่ โครงสร้างทางเคมี ความมีขี้
2. คุณสมบัติของสารห่อหุ้ม
3. สภาพที่ใช้ในขั้นตอนการเอนแคปซูลเลท (Madene และคณะ, 2006.)

2.7 เทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชัน (Encapsulation techniques)

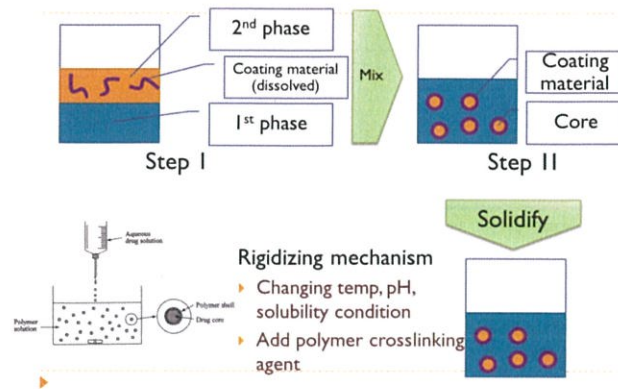
โดยทั่วไปแล้วเราสามารถแบ่งเทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชันได้ 2 ประเภทคือ การห่อหุ้มด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical method) และการห่อหุ้มด้วยวิธีทางเคมี (Chemical method) เทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชันแบบต่างๆจะสามารถเตรียมไมโครแคปซูลได้ขนาดและลักษณะต่างกัน แต่ละเทคนิคเหมาะสมและ สามารถเตรียมไมโครแคปซูลจากสารห่อหุ้มและสารสำคัญบางชนิดเท่านั้น ดังนั้นการเลือกเทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชันจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดลักษณะของไมโครแคปซูล (Rouaud และ D. Poncelet , 2008)

2.7.1 การห่อหุ้มด้วยวิธีทางเคมี (Chemical method)

1. Coacervation-phase separation. Phase separation หรือ coacervation

เป็นวิธีการเตรียมไมโครแคปซูลที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และยาวนาน โดยหลักการของวิธีนี้คือการเปลี่ยนแปลงสภาวะการละลายของระบบคอลลอยด์ซึ่งประกอบด้วย สองวัฏภาค ประกอบด้วยวัฏภาคของสารแก่นและวัฏภาคของสารหุ้ม ทำให้สารหุ้มแข็งตัวและหุ้มสารแก่น ไว้ กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามรูปที่ 2.6 คือ 1) การก่อตัวของระบบที่ประกอบด้วย 2-3 วัฏภาคอันประกอบด้วย วัฏภาคของเหลวที่ไม่เข้ากัน 2 วัฏภาคและ/หรือวัฏภาคของสารแก่น 2) การก่อตัวของสารละลายพอลิเมอร์ในการหุ้มสารแก่น ไมโครแคปซูล 3) การเกิดการแข็งตัวของสารหุ้มเกิดเป็นผนังไมโครแคปซูล ประเภทของ coacervation ประกอบด้วย simple และ complex coacervation โดย simple coacervation จะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงสภาวะการละลายของสารห่อหุ้ม เช่น salting out โดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์ เช่น sodium sulfate ใช้สารละลายที่สารหุ้มมีการละลายต่างกัน (desolvation) เช่น ethanol ใช้การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบ เพื่อทำการตกตะกอนหรือลดค่าการละลายของสารหุ้มเพื่อหวังผลให้เกิดการหุ้มสารแก่น สำหรับ complex coacervation จะเป็นเทคนิคที่ใช้พอลิเมอร์ที่มีประจุตรงข้ามกันทำปฏิกิริยากันจนเกิดผนังหุ้มสารแก่นไว้ ดังรูปที่ 2.6 จะเป็นกระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

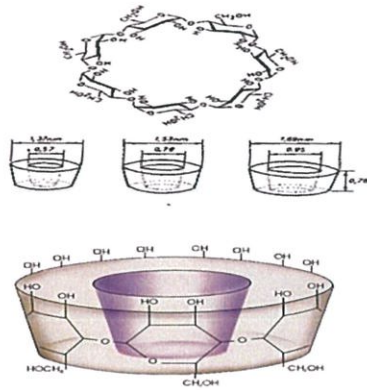
2. Co-crystallization

การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิค co-crystallization เกิดระหว่างการตกผลึกของ ซูโครส ไซรัปในสภาวะอิ่มตัวยิ่งยวด (95-970 Brix) ที่อุณหภูมิสูง (>1200 องศาเซลเซียส) โดยเติมสารให้กลีนิรสลงไประหว่างการเกิดผลึก (spontaneous crystallization) ทำให้เกิดโครงสร้างผลึกที่มีขนาดเล็กล้อมรอบสารให้กลีนิรสอยู่ภายในโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคนี้จะมี low hygroscopicity, good flowability และ dispersion properties (LaBell, 1991; Quellet et al., 2001)

3. Molecular inclusion

เป็นเทคนิคการเอนแคปซูเลทในระดับโมเลกุล วิธีการนี้จะใช้ ไฮโคลเดกซ์ทริน (cyclodextrin) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอนไซม์ไกลโคซิลทรานสเฟอเรส (glycosyl-transferase GCTase) มาทำปฏิกิริยากับสตาร์ช เปลี่ยนเป็น พอลิเมอร์วงแหวนที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส หก เจ็ด หรือ แปดโมเลกุลเรียกว่า แอลฟา- บีตา หรือ แกมมา- ไฮโคลเดกซ์ทรินตามลำดับ บริเวณตรงกลางโมเลกุลของไฮโคลเดกซ์ทรินจะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนที่ผิวนอกจะมีลักษณะเป็น hydrophilic ดังรูปที่ 2.7 เมื่ออยู่ในสารละลายโมเลกุลที่มีขั้วน้อยกว่าจะแทนที่โมเลกุลของน้ำที่อยู่ตรงกลางของโมเลกุลของไฮโคลเดกซ์ทริน สารประกอบที่เกิดขึ้นจะละลายได้น้อยและตกตะกอนแยกตัวออกมาจากสารละลายเทคนิคนี้จะใช้ใน การเอนแคปซูเลทสารให้กลีนิรสที่ไม่เสถียรและ high added value flavor chemicals (Uhlemann et al., 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ β - cyclodextrin

ที่มา : Reineccius ,1994 (17 ม.ค. 2560)

2.7.2 การเอนแคปซูลโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical processes)

1 Air Suspension

หลักการของการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค air suspension คือการกระจายของแข็ง (อนุภาค แก่น) ในอากาศโดยอาศัยแรงดันอากาศ พัดขึ้นด้านบนของถังห่อหุ้ม (coating chamber) จากนั้นทำการพ่นห่อหุ้มสารห่อหุ้มโดยสารห่อหุ้มจะเกาะติดและหุ้มสารแก่น จากนั้นสารห่อหุ้มจะเกิดการแข็งตัวจากการระเหยของสารละลายก่อให้เกิดไมโครแคปซูล การหมุนวนของอากาศ (โดยทั่วไปเป็นลมร้อน) จะพยุ้อนุภาคทำให้เกิดการห่อหุ้มเข้าไปเข้ามาส่งผลให้สามารถกำหนดความหนาของชั้นห่อหุ้มจากระยะเวลาในการพ่น รูปแบบของลมไหลของอากาศหรือการพัดของลมจะเป็นพัดจากล่างขึ้นบนสวนทิศทางการพ่น สารห่อหุ้มจะมี 2 แบบคือ พ่นจากบนลงล่าง (top-down spray) และพ่นจากล่างขึ้นบน (Wurster type) ดังรูปที่ 2.8 โดยเทคนิคนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสารห่อหุ้มหลากหลายประเภท และสามารถใช้ได้กับหลายระบบ อาทิเช่น สารละลายอิมัลชัน สารแขวนตะกอน เป็นต้น โดยไมโครแคปซูลที่ได้จากเทคนิคนี้จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ คือ 50-10,000 ไมโครเมตร (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



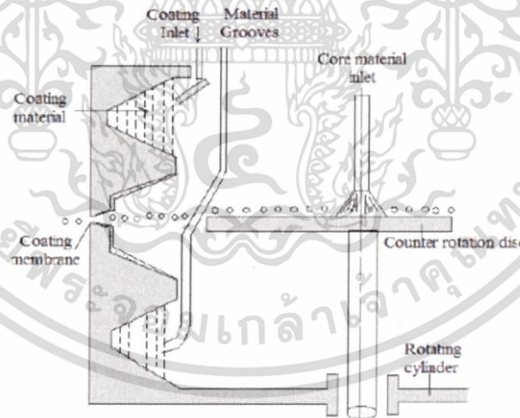
รูปที่ 2.8 แสดงกลไกไมโครเอนแคปซูลชันด้วยเทคนิค air suspension

(ก.) พ่นสารห่อหุ้มจากบนลงล่าง (top-down spray) (ข.) พ่นจากล่างขึ้นบน (Wurster type)

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

2. Multiorifice-centrifugal process

เทคนิคนี้เป็นการห่อหุ้มของเหลวโดยใช้แรงหมุนฉุดของเหลวผ่านหัวฉีดสู่วัฏภาคสารหุ้ม ซึ่งจะเกิดการแข็งตัวของผนังหุ้มทันทีหลังจากสองวัฏภาคสัมผัสกัน ดังรูปที่ 2.9 โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของไมโครแคปซูลประกอบด้วย 1) ความเร็วของจานหมุน 2) อัตราการไหลของสารห่อหุ้มและสารแก่น และ 3) ความเข้มข้น ความหนืด และแรงตึงผิวของสารห่อหุ้มและสารแก่น โดยไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากเทคนิคนี้จะอยู่ในช่วง 400–2,000 ไมโครเมตร (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)



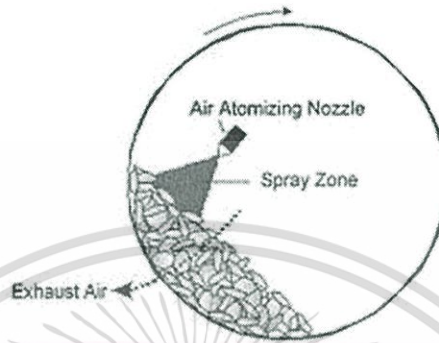
รูปที่ 2.9 แสดงกลไกไมโครเอนแคปซูลชันด้วยเทคนิค Multiorifice-centrifugal process

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

3. Pan coating

Pan coating หรือการห่อหุ้มในหม้อห่อหุ้มเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยา ซึ่งวิธีนี้ดั้งเดิมมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการห่อหุ้มยาเม็ดหรือ pellet หลักการของการห่อหุ้มในวิธีนี้คือการให้อนุภาคแก่น (ของแข็ง) เคลื่อนที่อย่างอิสระในหม้อห่อหุ้มขณะที่เติมหรือฉีดพ่นสารห่อหุ้มอย่างช้าๆ

เพื่อให้สารห่อหุ้มกระจายและเกาะติดที่ผิวของสารแก่น จากนั้นตัวทำละลายของสารห่อหุ้มจะค่อยๆ ระเหยส่งผลให้สารห่อหุ้มแข็งตัวห่อหุ้มอนุภาคแก่นไว้ ไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากวิธีนี้จะมีขนาดใหญ่ มากกว่า 600 ไมโครเมตร ขึ้นไป ดังนั้นมีมักใช้เทคนิค pan coating ในการห่อหุ้มสำหรับการควบคุม การปลดปล่อยยาเพราะสามารถห่อหุ้มอนุภาคได้ครอบคลุมและสามารถปรับความหนาของชั้นห่อหุ้มได้ ดังรูปที่ 2.10 (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)



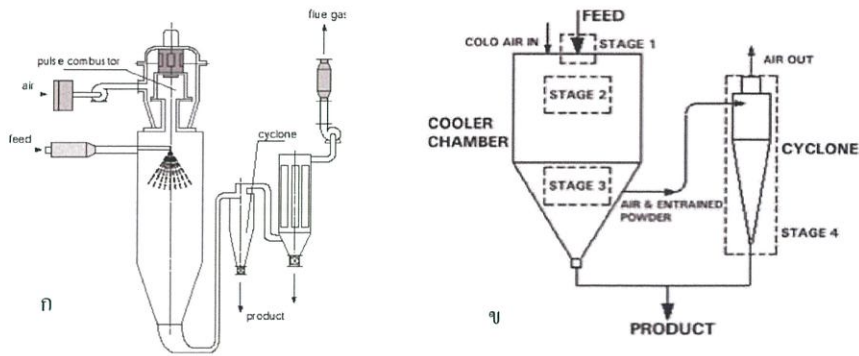
รูปที่ 2.10 แสดงแผนภาพแสดงการทำงานของเครื่อง pan coating

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

4. Spray drying และ spray congealing

Spray drying และ spray congealing หรือการพ่นแห้งและการพ่นเย็นเป็นเทคนิคที่ใช้การพ่นของสารละลายห่อหุ้มที่มีสารแก่นหรือสารสำคัญกระจายหรือละลายอยู่ลงในส่วนทำแห้ง (drying chamber หรือ cooling chamber) เพื่อให้เกิดการระเหยของตัวทำละลายจากความร้อนในส่วนทำแห้ง (spray drying) หรือเกิดการแข็งตัวของสารห่อหุ้มจากความเย็นในส่วนทำแห้ง (spray congealing) ส่งผลให้สารสำคัญถูกหุ้มไว้ในสารห่อหุ้ม จากนั้นไมโครแคปซูลจะถูกอากาศพัดและตกลงในส่วนเก็บผลิตภัณฑ์ (collector) ดังรูปที่ 2.11 ข้อดีของเทคนิคนี้คือสามารถใช้กับสารที่ไม่คงตัวได้เนื่องจากระยะเวลาในการทำไมโครแคปซูลเร็ว ถ้าสารไม่คงมากตัวในความร้อนก็สามารถใช้ spray congealing ได้ สารห่อหุ้มที่เหมาะสมในการใช้ห่อหุ้มด้วยเทคนิค spray congealing ควรเป็นสารที่หลอมเหลวได้ที่อุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะของไมโครแคปซูลคือ ความหนืดของสารที่ถูกพ่น อุณหภูมิในส่วนทำแห้ง ความเร็วในการฉีดพ่นและแรงดันอากาศ (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



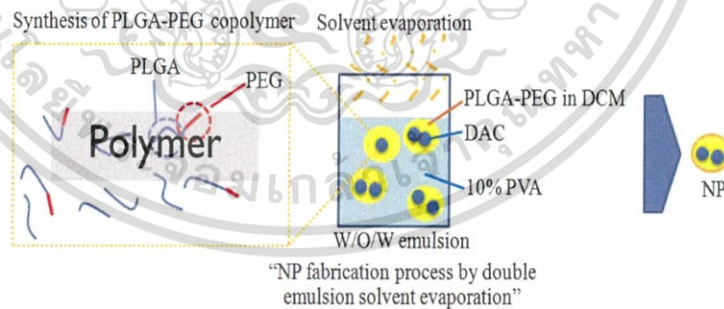
รูปที่ 2.11 แสดงแผนภาพแสดงการทำงานของเครื่อง

(ก.) spray dryer และ(ข.) spray congealing

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

5. Solvent evaporation

เทคนิค solvent evaporation เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการการระเหยของตัวทำละลายส่งผลให้สาร ท่อหุ้มแข็งตัวและหุ้มสารสำคัญ ดังรูปที่ 2.12 โดยที่สารท่อหุ้มจะอยู่คนละวิภาคกับสารแก่น สารท่อหุ้มมักเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถละลายได้ในตัวละลายอินทรีย์ส่วนสารแก่นอาจอยู่ในรูปของเหลว ผงแห้ง หรือสารแขวนตะกอนก็ได้ ในขบวนการระเหยจำเป็นต้องมีการให้แรงปั่นผสมหรือแรงสั่นสะเทือนเพื่อให้วิภาคภายในมีขนาดเล็กและไม่เกาะตัวกัน ในกรณีที่สารแก่นละลายอยู่ในวิภาคเดียวกันกับสารท่อหุ้มผลผลิตที่ได้จะอยู่ในรูปแบบแมทริกซ์ (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)



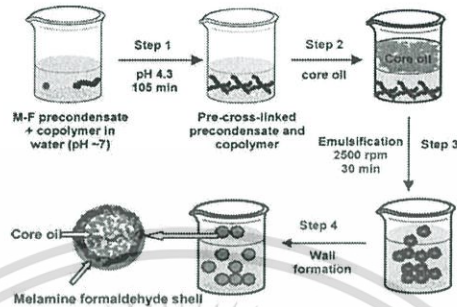
รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Solvent evaporation

ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

6. Polymerization

เทคนิคเอนแคปซูลเช่นนี้ใช้หลักการการเชื่อมต่อสารของโมโนเมอร์หรือโพลิเมอร์สายสั้นที่บริเวณผิวของไมโครแคปซูลทำให้เกิดเปลือกของโพลิเมอร์ท่อหุ้มสารแก่นไว้ ดังรูปที่ 2.13 โมโนเมอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้จะอยู่ในกลุ่ม isocyanates และ acid chlorides โดยจะสามารถใช้แค่โมโนเมอร์ชนิด

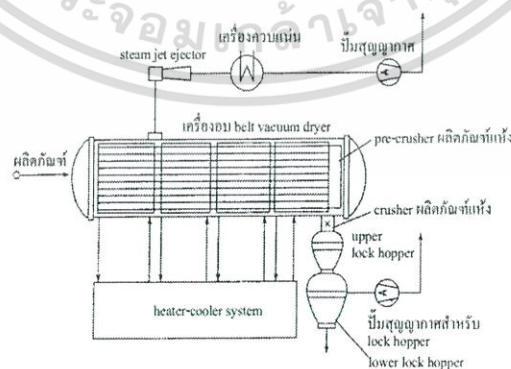
เดี่ยวหรือใช้หลายชนิดรวมกัน โดยการเตรียมเริ่มต้นจากการละลายโมโนเมอร์ในวัฏภาคน้ำที่มีสารแกล่น(ของเหลว)กระจายตัวอยู่จากนั้นเติมสารในกลุ่มเอมีนเพื่อเร่งให้เกิดกระบวนการ polymerization เพื่อสร้างผนังไมโครแคปซูลที่เป็นสาร polyurethane ข้อดีของวิธีนี้คือได้อนุภาคไมโครแคปซูลขนาดเล็กและมีการกระจายของขนาดอนุภาคที่ต่ำ



รูปที่ 2.13 แสดงกระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Polymerization
ที่มา : กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551 (17 ม.ค. 2560)

7. เครื่องอบภายใต้สุญญากาศ (vacuum dryer)

เครื่องอบ vacuum dryer จะใช้หลักการว่า เมื่อวางวัตถุดิบที่จะอบไว้ในสุญญากาศอ่อนๆ แล้วให้ความร้อน ผลต่างความดันระหว่างความดันไอของตัวทำละลายกับสุญญากาศที่ผิวหน้าตัวทำละลาย จะทำให้ตัวทำละลายในวัตถุดิบระเหยเป็นไอออกมา และเนื่องจากอุณหภูมิระเหยจะขึ้นอยู่กับระดับความเป็นสุญญากาศ ดังนั้น จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่เสื่อมสภาพง่ายต่อความร้อน จึงใช้การอบแบบนี้ในอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์และอาหาร โดยทั่วไปอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์จะมีการผลิตเป็นจำนวนไม่มากจึงมักเดินเครื่องอบแบบ batch และใช้การอบบนถาด ส่วนในอุตสาหกรรมอาหารในแง่ของความคุ้มทุนจะต้องผลิตเป็นจำนวนมาก ส่วนมากจึงใช้เครื่องอบต่อเนื่องแบบลำเลียงด้วยสายพาน ดังรูปที่ 2.14 (กัมปนาท และ ธนิกานต์ ,2551)

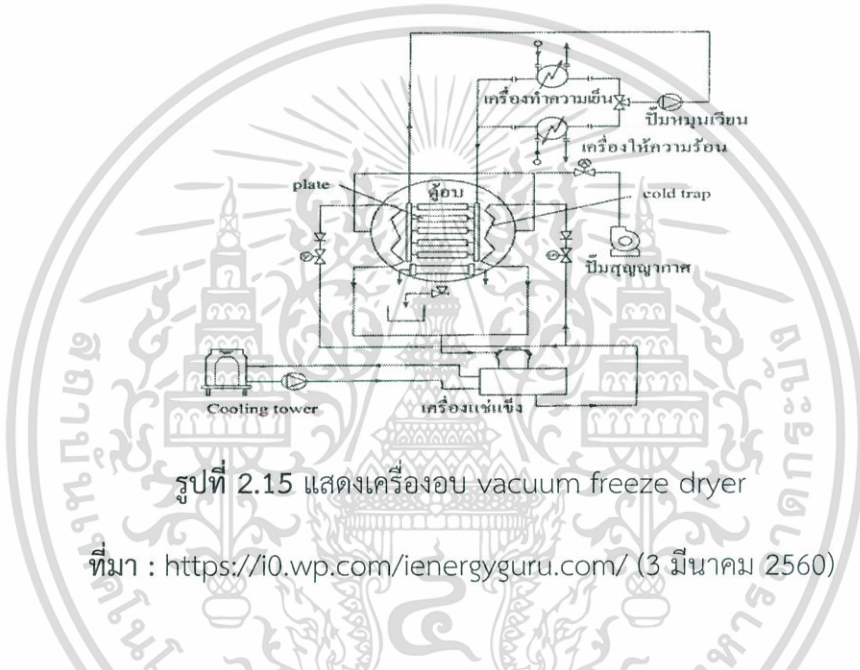


รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องอบ vacuum dryer แบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่
ที่มา : <https://i0.wp.com/ienergyguru.com/wp-content/> (3 มีนาคม 2560) ¹ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 เครื่องอบ freeze dryer

เมื่อนำวัตถุดิบที่มีน้ำอยู่ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำประมาณ -30 องศาเซลเซียส จนน้ำในวัตถุดิบแข็งตัวเป็นน้ำแข็ง แล้วนำไปวางไว้ในสุญญากาศอ่อนๆ แล้วให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ผลึกน้ำแข็งในวัตถุดิบนั้นจะระเหิดกลายเป็นไอในระยะเวลาอันสั้น เครื่องอบที่ใช้ปรากฏการณ์ระเหิดโดยไม่ผ่านสถานะของเหลวนี้ เรียกว่า เครื่องอบ vacuum freeze dryer ดังรูปที่ 2.15 โดยจะทำงานในสภาพที่วัตถุดิบแช่แข็งอยู่ ดังนั้น จึงใช้กับการอบวัตถุดิบที่เสียมสภาพได้ง่ายต่อความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้นำมาใช้กันมากในการอบเวชภัณฑ์ จุลินทรีย์ อาหารที่มีสรรพคุณเฉพาะทางซึ่งไม่ต้องการให้เปลี่ยนสภาพด้วยความร้อนรวมทั้งการอบอาหารที่เน้นเรื่องกลิ่นหอม เช่น กาแฟสำเร็จรูป หรือการอบอาหารที่มีของแข็งรวมอยู่ด้วย เช่น แกงสำเร็จรูป เป็นต้น (กัมปนาท และ ธนิกันต์ ,2551)



รูปที่ 2.15 แสดงเครื่องอบ vacuum freeze dryer

ที่มา : <https://i0.wp.com/ienergyguru.com/> (3 มีนาคม 2560)

2.8 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ (สารที่ใช้ในการห่อหุ้ม)

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลีเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลีเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุล ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลีเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความเสถียร เป็นต้น (PhillipsและWilliams, 2000)

2.8.1 แซนแทนกัม (Xanthan gum)

แซนแทนกัม (Xanthan gum) ใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความเสถียร และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความเสถียรให้กับไอศกรีม ถ้านำแซนแทนกัมผสมกับโกลด์สปีนกัมจะนิยมใช้กับอาหารประเภทขนมหวาน ซอส

มะเขือเทศสำหรับพิซซา ไข่ขนมอบ และไข่พาย เป็นต้น นอกจากนี้ยังผสมกับทั้งโลคัสปิ่นกัม และ กัวร์กัม ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความข้นหนืด และคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการ สำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท frozen desserts, pasteurized, pasteurized process cheese spread, cottage cheese, salad dressing , sour cream และ fruit syrups เป็นต้น ดังรูปที่ 2.16 (PhillipsและWilliams, 2000)

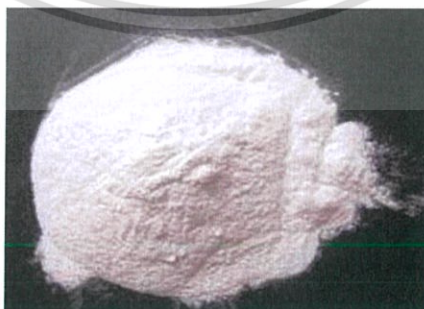


รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างผงของแซมแทนกัม(Xanthan gum)

ที่มา: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyxan.html> (3 มีนาคม 2560)

2.8.2 เมทิลเซลลูโลส (methylcellulose, MC)

เมทิลเซลลูโลสเตรียมได้จากการแช่เส้นใยเซลลูโลสในสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้เซลลูโลสพองตัวก่อน ได้เซลลูโลสที่เป็นด่าง แล้วไปทำปฏิกิริยากับเมทิลคลอไรด์จะได้เป็น เมทิลเซลลูโลส เป็นไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือจะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและ จะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลงความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อ สารละลายได้รับความร้อน ดังรูปที่ 2.17 (PhillipsและWilliams, 2000)



รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างผงของเมทิลเซลลูโลส (methylcellulose, MC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ปล่อยให้เผยแพร่ด้วยการค้า
 ที่มา: <https://www.google.co.th/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source> (3 มีนาคม 2560)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose,CMC)

เป็นไฮโดรคอลลอยด์ คือพอลิเมอร์ ชนิดชอบน้ำ(hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสนั่นเอง ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้ เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมทิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุล (ดุชฎีและน้องนุช, 2555; สุนทร, 2555; นิธิยา และพิมพ์เพ็ญ, 2552) ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างแพร่หลายเช่น อุตสาหกรรมการซักฟอกสี กาว สิ่งทอ กระดาษ เซรามิก อาหารและยา เนื่องจาก CMC มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตราย ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสาร คงสภาพ สำหรับการใช้ประโยชน์คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสในอุตสาหกรรมอาหาร จะใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดใน ไอศกรีม ใช้เป็นสารห่อหุ้มผิวแคปซูลยาหรือเป็นสารก่อให้เกิดการเป็นเจลทางด้านเภสัชกรรม เป็นต้น ดังรูปที่ 2.18 (PhillipsและWilliams, 2000)



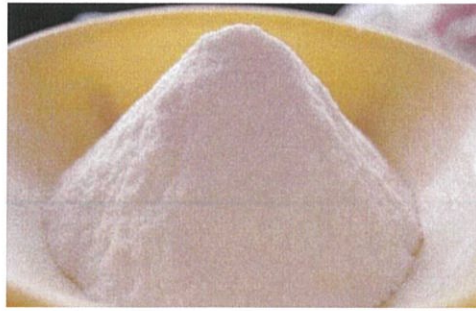
รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่างของผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส(carboxymethylcellulose)

ที่มา : [https://www.google.co.th/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s_\(3 มีนาคม 2560](https://www.google.co.th/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s_(3 มีนาคม 2560)

2.8.4 ไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส (Hydroxyethyl Cellulose ,HEC)

ไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส เป็นโพลิเมอร์ที่ละลายในน้ำ ใช้เป็นตัวเพิ่มความหนืดหรือให้ความหนืด เป็นตัวสร้างเนื้อเจล ในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด มันยังสามารถใช้ในแชมพู สบู่อาบน้ำและเจลอาบน้ำเหมาะสำหรับใช้สร้างเนื้อเจลในสูตรที่มี electrolyte สามารถใช้ในสถานะที่มีค่าการเป็นกรดเบสเท่ากับ 3 และมีลักษณะผงแป้ง สีขาวเหลืองนวล ไม่มีกลิ่น โดยส่วนใหญ่จะมีค่าการเป็นกรดเบสประมาณ 6.7 (ในน้ำ 1 เปอร์เซ็นต์) ค่าการเป็นกรดเบส ประมาณ 6.0-8.5 นิยมใช้ในอัตรา 0.1-3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการละลายจะละลายในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส คนอย่างต่อเนื่องจนก่อเนื้อเจล นิยมนำมาใช้ประโยชน์เป็นตัวสร้างเนื้อเจลหรือเพิ่มความหนืดดังรูปที่ 2.18 (PhillipsและWilliams, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส Hydroxyethyl Cellulose (HEC)
ที่มา : http://www.chemipan.com/images/Hydroxyethyl_CelluloseHEC (3 มีนาคม 2560)

2.8.5 ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (hydroxypropylcellulose,HPC)

มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ละลายน้ำได้ดีในอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส และจะไม่ละลายน้ำเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 40-45 องศาเซลเซียส เมื่อHPC รวมกับพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นยิ่งพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วยดังรูปที่ 2.19 (PhillipsและWilliams, 2000)



รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส(hydroxypropylcellulose,HPC)
ที่มา : <https://sc01.alicdn.comXQ/9004-64-2-Hydroxypropyl-Cellulose> (3 มีนาคม 2560)

2.8.6 ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (hydroxypropylmethylcellulose,HPMC)

คุณสมบัติพิเศษ คือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง จึงนำไปใช้กับอาหารประเภททอดMC และHPMC จะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหรือความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหารด้วย ทั้ง MCและ HPMC สามารถละลายได้ในน้ำเย็นให้สารละลายมีความหนืดและใสเนียน โดยจุดเด่นคือมีคุณสมบัติเกิดเจลได้ขณะร้อนเช่นเดียวกับ MC การเกิดเจลได้ขณะร้อนมีความสำคัญต่อคุณภาพอาหารทอดได้ และสามารถทำให้เกิดความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ระดับต่างๆกันเป็นช่วงกว้างๆและกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิต่ำและจะไม่กลายเป็นเจลในอุณหภูมิที่สูงดังรูปที่ 2.20 (PhillipsและWilliams, 2000) สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างของผงไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส
(hydroxypropylmethylcellulose, HPMC)

ที่มา : <https://www.google.co.th/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s> (3 มีนาคม 2560)

2.8.7 มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin)

แป้งที่ถูกไฮโดรไลซ์ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มอลโตเด็กซ์ตริน มักผลิตออกมาในรูปผลแห้งมากกว่าที่จะผลิตในรูปของสารละลายโดยมีความชื้นน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติค่อนข้างที่จะไม่ดูดความชื้นเมื่อเทียบกับแอมไซ (Corn Syrup) โดยเฉพาะที่มีค่า DE ต่ำๆจะมีความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อยที่สุด นอกจากนี้มอลโตเด็กซ์ตรินยังมีคุณสมบัติให้ลักษณะเป็นเนื้อ (Body) แก่ผลิตภัณฑ์มี Bulk Density อยู่ในช่วง 32-36 ปอนด์ต่อตารางฟุต และมีความหวานเล็กน้อยหรืออาจจะไม่หวานเลย ขึ้นอยู่กับค่า DE ของมอลโตเด็กซ์ตริน เมื่อนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปละลายน้ำ อาจจะได้สารละลายใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้ นอกจากนี้มอลโตเด็กซ์ตรินยังสามารถละลายในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น นม น้ำผลไม้ ซุป และผลิตภัณฑ์อื่นๆที่เป็นสารละลายน้ำได้ดี โดยอาจจะใส่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายในน้ำก่อนซึ่งความสามารถในการละลายของมอลโตเด็กซ์ตรินจะขึ้นอยู่กับค่า DE และชนิดของสารอาหารที่นำมาใช้

มอลโตเด็กซ์ตรินถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเอ็นแคปซูลเพื่อปกป้องและป้องกันการเกิดออกซิเดชัน มีการค้นพบว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ค่า DE สูงและมีมวลโมเลกุลต่ำๆถูกใช้ในการเพิ่มความหนาแน่นซึ่งจะช่วยกันออกซิเจนได้มากขึ้น จึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา แต่ในขณะเดียวกันเนื่องจากว่าถ้าค่ามวลโมเลกุลต่ำๆ อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (glass transition) ก็จะต่ำลง ทำให้ผงที่ได้มีความสามารถในการดูดความชื้นมากขึ้น

การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหารนิยมใช้อย่างกว้างขวาง ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยจัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก เช่น ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (fat substitute) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ไอศกรีม ส่วนอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน มักจะใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) นอกจากนี้ยังนำมาใช้ป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent) เพิ่มเนื้อ (bulking agent) เช่น เพิ่มเนื้อในการทำให้แห้ง (dehydration) อาหารแห้ง ประเภท อาหารผง เครื่องดื่มผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่น-เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝอย (Spray drier) หรือ เครื่องทำแห้งสูญญากาศ (Vacuum drier) และยังใช้เป็นห่อหุ้มสารให้กลิ่น-รส (flavor encapsulation) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.21 (Wang , 1995)



รูปที่ 2.22 แสดงตัวอย่างของผงมอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin)

ที่มา : <http://www.chemipan.com/home/images/maltodextrin-hon> (3 มีนาคม 2560)

2.9 เหตุผลที่เลือกใช้มอลโตเดกซ์ตรินในการทดลอง

1. มีราคาที่เหมาะสมต้นทุนที่ได้ทำการทดลอง
2. มีความเหมาะสมกับการนำมาเป็นสารห่อหุ้มสีของพืชได้ดี
3. มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง หาได้สะดวกและได้รับการยอมรับตามคุณสมบัติ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Assous และคณะ (2014) ได้ทำการการประเมินประสิทธิภาพของเม็ดสีแดงที่สกัดได้จากแครอทสีม่วงและนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสีผสมอาหารจากธรรมชาติ โดยทำการทดสอบสีที่สกัดจากแครอทสีม่วงในสภาวะความเป็นกรดต่างที่แตกต่างกัน (2-10) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และในสภาวะที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที พบว่าเม็ดสีแดงที่สกัดจากแครอทสีม่วงนั้น มีประสิทธิภาพลดต่ำลงหรือเกิดการสลายตัวเมื่อมีค่าการเป็นกรดต่างมีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่เม็ดสีแดงก็ส่งผลทำให้เกิดการสลายตัวถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาการไอออนโทไซยานินเป็นสีผสมอาหารในงานวิจัยของ Arocas และคณะ (2013) โดยการสกัดสีแดงจากธรรมชาติ 3 ชนิดคือ สีจาก cochineal , encyanin และ แครอทดำ นำไปศึกษาในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่าง(3-8) และภายใต้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า สีจากธรรมชาติทั้ง 3 มีความเสถียรภาพลดลงจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาคุณสมบัติของสารที่ใช้ในการห่อหุ้ม Krishnan และคณะ, (2005) พบว่ามอลโตเด็กซ์ทริน เป็นสารที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสดัดแปลงโดยการใช้ความร้อนและเอนไซม์ เพื่อตัดพันธะในสายยาวของพอลิแซคคาไรด์ประกอบด้วย D-glucose ยูนิทหลายๆ ยูนิทต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 และมีค่า DE อยู่ในช่วง 10-15 หรือต่ำกว่า 20 หากนำไปดัดแปลงเข้าสู่กระบวนการทำให้เป็นผง และผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์จะได้มอลโตเด็กซ์ทรินมีความชื้นประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์มีความหนาแน่นปรากฏอยู่ในช่วง 0.3-0.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

Paz Robert และ Carolina Fredes (2015) ได้ศึกษาวิธีการกักเก็บสารแอนโทไซยานินในพืชตระกูลเบอร์รี่ในวิธีที่แตกต่างกะนและชนิดของสารกักเก็บที่แตกต่างกันด้วย ในการกักเก็บแอนโทไซยานินในน้ำทับทิมที่มีการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน DE 12-20 ภายใต้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มอลโตเด็กซ์ทรินแสดงให้เห็นว่าสามารถกักเก็บแอนโทไซยานินในน้ำทับทิมได้ดีที่สุด และในการศึกษาผลกระทบในการกักเก็บน้ำที่สกัดจากเบอรี่ที่มีการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน DE10 ภายใต้อุณหภูมิต่างกัน (4 25 และ 40 องศาเซลเซียส) พบว่าในการทดสอบปริมาณของแอนโทไซยานินจะมีการลดลงเมื่อมีการใช้อุณหภูมิที่สูง

ทิพวดี และคณะ (2550) ได้ทำการการเตรียมและศึกษาสมบัติด้านความเสถียรของสีแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วดำที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน พบว่าสารละลายมีความเสถียรต่อความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ได้ดีกว่า อุณหภูมิและชนิดของ มอลโตเด็กซ์ทริน มีผลต่ออายุการเก็บรักษา(ค่าครึ่งชีวิต)โดยผงสีที่เติมมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 มีค่าครึ่งชีวิตมากที่สุด

Bangs และ Reineccius (1981) พบว่า ความสามารถในการรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสของ มอลโตเด็กซ์ทริน นั้นจะขึ้นอยู่กับค่า Dextrose Equivalent (DE) ซึ่ง พบว่า มอลโตเด็กซ์ทริน DE10 มีความสามารถในการรักษาสารให้กลิ่นรสที่ดีที่สุด แต่เมื่อ DE เพิ่มขึ้น (DE15 DE20 DE25 และ DE36.5) ความสามารถในการรักษากลิ่นรสก็จะลดลงไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าจากผลการทดลองพบว่า มอลโตเด็กซ์ทริน (DE10 และ DE18) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสูญญากาศมีผลต่อการสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีกระเจี๊ยบ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาความเสถียรจากการสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีกว่าผงสีจากสารสกัดกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม) เนื่องจากแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง ในขณะที่ มอลโตเด็กซ์ทริน มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้ง (DE ต่ำ) และน้ำตาล(DEสูง)ซึ่งสามารถเป็นเกิดฟิล์มบางๆที่มีความยืดหยุ่นห่อหุ้มสารเอาไว้(เอนแคปซูลชัน) จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียจากสภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

Paz Robert และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการกักเก็บ โพลีฟีนอลและแอนโทไซยานินที่สกัดจากผลทับทิมและทำให้แห้งโดย ที่มีการห่อหุ้มด้วยมอลโตรเด็กซ์ทริน DE10-20 พบว่า ประสิทธิภาพในการกักเก็บแอนโทไซยานินที่ได้จากน้ำทับทิมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มอลโตเด็กซ์ทรินสามารถปกป้องได้ดีที่สุดถึง 89.4-100 เปอร์เซ็นต์ และและการกักเก็บแอนโทไซยานินนี้จะถูกนำไปใช้ประยุกต์ในอุตสาหกรรมด้านอาหารรวมถึงด้านอื่นๆได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ศึกษา

- 3.1.1 กระจีบบแดงอบแห้ง รับประทานจากตลาด
- 3.1.2 มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) DE10
- 3.1.3 มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) DE18

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

- 3.2.1 เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry)
- 3.2.2 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)
- 3.2.3 บีมลม
- 3.2.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ
- 3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.2.6 ตู้แช่แข็ง
- 3.2.7 water bath
- 3.2.8 หม้อและทัพพีสแตนเลส
- 3.2.9 ถังฟอยล์
- 3.2.10 หลอดไฟลูออเรสเซนต์

3.3 การเตรียม

3.3.1 ขั้นตอนการสกัด

1. นำกระจีบบแห้งจำนวน 200 กรัม ต้มในน้ำปริมาตร 1 ลิตร
2. สกัดสีดอกกระจีบบโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
3. กรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 แยกส่วนที่เป็นน้ำและกากออกและนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงสูงสุด

3.3.2 ขั้นตอนการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

1. นำสารสกัดแอนโทไซยานินจากกระจีบบแดงที่ได้เตรียมไว้ แบ่งเทใส่เพลจำนวน 20 เพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง 2. นำไปแช่ในตู้เย็นที่ -80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงในตู้แช่ไปใส่ในเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นเวลา 40-48 ชั่วโมง

4. เก็บผลิตภัณฑ์บรรจุใส่ถุงฟอยล์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ผล

3.4 ขั้นตอนการเอนแคปซูลชั้น

โดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Assous และคณะ (2014)

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมสาร

การเตรียมมอลโตเด็คซ์ตริน DE10 โดยแบ่งเป็น 3 อัตราส่วน ดังนี้

อัตราส่วน 1:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE10 จำนวน 2 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 2 กรัม)

อัตราส่วน 2:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE10 จำนวน 2 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 1 กรัม)

อัตราส่วน 5:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE10 จำนวน 5 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 1 กรัม)

การเตรียมมอลโตเด็คซ์ตริน DE18 โดยแบ่งเป็น 3 อัตราส่วน ดังนี้

อัตราส่วน 1:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE18 จำนวน 2 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 2 กรัม)

อัตราส่วน 2:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE18 จำนวน 2 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 1 กรัม)

อัตราส่วน 5:1 (มอลโตเด็คซ์ตริน DE18 จำนวน 5 กรัม : สีแอนโทไซยานินจำนวน 1 กรัม)

3.4.2 ขั้นตอนการทำ

นำสารสกัดแอนโทไซยานินในแต่ละอัตราส่วนที่ได้เตรียมไว้ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตรจากนั้นผสมมอลโตเด็คซ์ตรินในแต่ละอัตราส่วน คนให้ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน (ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้ hot plate ที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที) เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทใส่ถาดฟอยล์ จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์บรรจุใส่ถุงฟอยล์

3.4.3 การเตรียมเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry)

ทำการเปิดสวิตช์เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry) รุ่น VD53 S/N :WTB15-14173 จากบริษัท BINDER และเปิดสวิตช์ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) เพื่อสูบอากาศออกให้ระบบภายในเครื่องกลายเป็นระบบสุญญากาศ เมื่อเข็มความดันชี้เลข 0 จากนั้นทำการเซตค่าอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียร

3.5.1 การทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Assous และคณะ (2014) โดยแบ่งการทดสอบเป็นช่วงอุณหภูมิ 2 ช่วง คือ ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

1. ทดสอบสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน

นำสีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นใส่หลอดทดลอง 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร และนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และหม้อต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้วเป็นเวลา 180 นาทีและทำการเก็บผลทุกๆ 30 นาที ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัท SHIMADZU ทำทั้งหมด 2 ชั่วโมง

2. ทดสอบสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบผ่านการเอนแคปซูลชัน

นำสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 โดยที่อัตราส่วน 1:1 (จำนวน 0.5 กรัม) อัตราส่วน 2:1 (จำนวน 0.5 กรัม) และอัตราส่วน 5:1 (จำนวน 0.5 กรัม) ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นนำตัวอย่างทุกๆอัตราส่วนใส่หลอดทดลองอัตราส่วนละ 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร และนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และหม้อต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว แล้วทำการเก็บผลทุกๆ 30 นาที เป็นเวลาทั้งหมด 180 นาที ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัท SHIMADZU ทำทั้งหมด 2 ชั่วโมง

นำสีแอนโทไซยานินที่มาจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 โดยที่อัตราส่วน 1:1 (จำนวน 0.5 กรัม) อัตราส่วน 2:1 (จำนวน 0.5 กรัม) และอัตราส่วน 5:1 (จำนวน 0.5 กรัม) ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นนำสารตัวอย่างทุกๆอัตราส่วนใส่หลอดทดลองอัตราส่วนละ 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร และนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และหม้อต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว แล้วทำการเก็บผลทุกๆ 30 นาที เป็นเวลาทั้งหมด 180 นาที ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัท SHIMADZU ทำทั้งหมด 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่อแสงหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. ทดสอบสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์

นำสีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาใส่หลอดทดลอง 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นทำไปตั้งห่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 5 เซนติเมตร ที่ความเข้มแสงประมาณ 7,000 ลักซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้แสงส่องผ่านเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการเก็บผลทุกๆ 24 ชั่วโมง ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วย UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัทSHIMAPZU ทำทั้งหมด 2 ซ้ำ

2. สีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน (DE10และDE18)

นำสีแอนโทไซยานินที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 อัตราส่วน 1:1 (1 กรัม) อัตราส่วน 2:1 (1 กรัม) และอัตราส่วน 5:1 (1 กรัม) ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างทุกอัตราส่วนใส่หลอดทดลองอัตราส่วนละ 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นทำไปตั้งห่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 5 เซนติเมตร ที่ความเข้มแสงประมาณ 7,000 ลักซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้แสงส่องผ่านเป็นเวลา 48 ชั่วโมงทำการเก็บผลทุกๆ 24 ชั่วโมง ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วย UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัทSHIMAPZU ทำทั้งหมด 2 ซ้ำ

นำสีแอนโทไซยานินที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 อัตราส่วน 1:1 (1กรัม) อัตราส่วน 2:1 (1 กรัม) และอัตราส่วน 5:1 (1 กรัม) ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างทุกอัตราส่วนใส่หลอดทดลองอัตราส่วนละ 6 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร จากนั้นทำไปตั้งห่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 5 เซนติเมตร ที่ความเข้มแสงประมาณ 7,000 ลักซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้แสงส่องผ่านเป็นเวลา 48 ชั่วโมงทำการเก็บผลทุกๆ 24 ชั่วโมง ในการเก็บผลแต่ละครั้งจะต้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วย UV-Vis spectrophotometer รุ่น UV-1800 จากบริษัทSHIMAPZU ทำทั้งหมด 2 ซ้ำ

3.6 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์วุ้นกระเจี๊ยบ

3.6.1 ส่วนผสม โดยนำสูตรมาจากหนังสือครัวบ้านพิม

1. ผงวุ้นตราเงือก 1.2 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. น้ำตาลทราย 5.625 กรัม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำสีแดงจากกระเจี๊ยบ (ผงสีกระเจี๊ยบละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร)

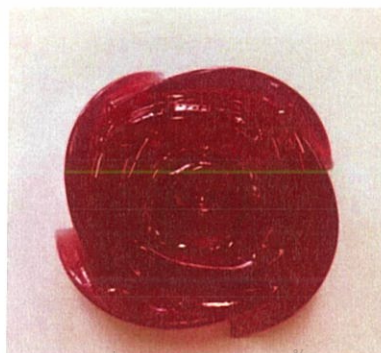
- สีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน(ตัวควบคุม) 0.2 กรัม
- สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินDE10(1:1) 1 กรัม
- สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินDE18(1:1) 1 กรัม

หมายเหตุ น้ำสีแดงจากกระเจี๊ยบ(สีจากกระเจี๊ยบละลายในน้ำ75 มิลลิลิตร) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นที่ 510 นาโนเมตร ก่อนการทำผลิตภัณฑ์

3.6.2 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์

1. ต้มหม้อใส่น้ำและผงวุ้นลงไป (อัตราส่วน:น้ำ 75 มิลลิลิตรต่อผงวุ้น 1.2 กรัม คนไปเรื่อยๆให้ผงวุ้นละลายจนหมด
2. เติมน้ำตาลทรายลงไป 5.625 กรัม (อัตราส่วน:น้ำ 75 มิลลิลิตรและผงวุ้น 1.2 กรัมต่อน้ำตาลทราย 5.625 กรัม) และคนจนน้ำตาลละลาย
3. ต้มทิ้งไว้ประมาณ 10-15 นาที แล้วปิดแก๊ส
4. เทวุ้นที่ต้มใสแม่พิมพ์ซิลิโคน
5. นำเข้าตู้เย็นประมาณ 20 นาที
6. เมื่อวุ้นแข็งตัว แกะวุ้นออกจากแม่พิมพ์ ดังรูปที่3.1-3.3

รูปที่3.1 แสดงตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10(1:1)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ผงสีอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวุ้นที่ใช้สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18(1:1)

3.7 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรหลังทำผลิตภัณฑ์

3.7.1 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรของผลิตภัณฑ์ด้วยการผ่านความร้อน

1. นำสีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม) 0.25 กรัม สีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 (1:1) และ DE18(1:1) ชนิดละ 1 กรัม ละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer จากบริษัทSHIMAPZU ทำการทดลองทั้งหมด 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปผลิตวุ้น
2. ทำการสกัดสีออกจากผลิตภัณฑ์วุ้นโดยการนำมาบดและกรองแยกด้วยผ้าขาวบาง
3. นำน้ำสีที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์วุ้นไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตรด้วย UV-Vis spectrophotometer ทำการทดลองทั้งหมด 2 ชั่วโมง
4. บันทึกผล

3.7.2 ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรของผลิตภัณฑ์ด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์หลังทำผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์วุ้นที่ทำจากสีที่ไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.4 นำมาตั้งให้ห่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 5 เซนติเมตร ที่ความเข้มแสงประมาณ 7,000 ลักซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้แสงส่อง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วย UV-Vis spectro-photometer รุ่น UV-1800 จากบริษัทSHIMAPZU ทำการทดลองทั้งหมด 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างวุ้นจากสีแอนโทไซยานินที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน(ตัวควบคุม)และสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินDE10และDE18 (1:1) ก่อนการทดสอบ

3.8 การวิเคราะห์ร้อยละการสลายตัวของสี

$$\text{ร้อยละการสลายตัวของสีแอนโทไซยานิน} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้น} - \text{ค่าดูดกลืนแสงสุดท้าย}}{\text{ค่าดูดกลืนแสงเริ่มต้น}} \times 100$$

3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.9.1 การวิเคราะห์ผลความเสถียรของปริมาณแอนโทไซยานินต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

สีจากกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10และDE18 ในอัตราส่วน 1:1 2:2 และ 5:1 ที่ผ่านการทดสอบภายใต้อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.9.2 การวิเคราะห์ผลความเสถียรของสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

สีจากกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10และDE18 ในอัตราส่วน 1:1 2:2 และ 5:1 ผ่านการทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.9.3 การวิเคราะห์ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินDE10และDE18 ต่อการรักษาความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ก่อนและหลังทำผลิตภัณฑ์และต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

การวิเคราะห์ผลของสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10และDE18 อัตราส่วน 1:1 ต่อการรักษาความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่ออุณหภูมิก่อนและหลัง ที่ใช้ในการกระบวนการผลิต โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's ค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multiple RangeTest (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ผลของสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10และDE18 อัตราส่วน 1:1 ต่อการรักษาความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple RangeTest (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 สีจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry)

จากกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง(Freeze drying) ใช้ดอกกระเจี๊ยบแห้ง 200 กรัม สกัดด้วยน้ำปริมาตร 1 ลิตร จะได้ผงสี 4.138 กรัม จากนั้นนำสีแอนโทไซยานินที่ผ่านการทำแห้งแล้ว ไปห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10และDE18 ในอัตราส่วน 1:1 (มอลโตเด็กซ์ตริน 2กรัมต่อสีแอนโทไซยานิน 2 กรัม) อัตราส่วน 2:1 (มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัมต่อสีแอนโทไซยานิน 1 กรัม) และอัตราส่วน 5:1 (มอลโตเด็กซ์ตริน 5 กรัมต่อสีแอนโทไซยานิน 1กรัม) แล้วให้แต่ละอัตราส่วนละลายในน้ำ 75 มิลลิลิตร คนให้ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน (ให้ความร้อนโดยใช้ hot plate อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15นาท) เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทใส่ถาดฟอยล์ จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืนหรือจนกว่าน้ำหนักของสีจะคงที่จากนั้นทำการเก็บผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผงสีจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศ

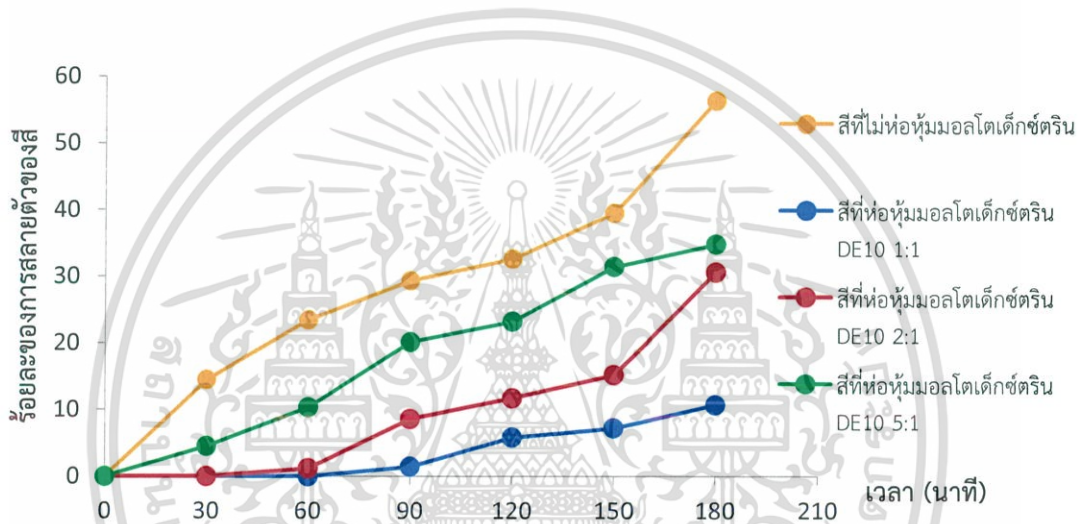
- ก. ผงสีที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน ข. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10(1:1)
 ค. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10(2:1) ง. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10(5:1)
 จ. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE18(1:1) ฉ. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE18(2:1)
 ช. ผงสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE18(5:1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน

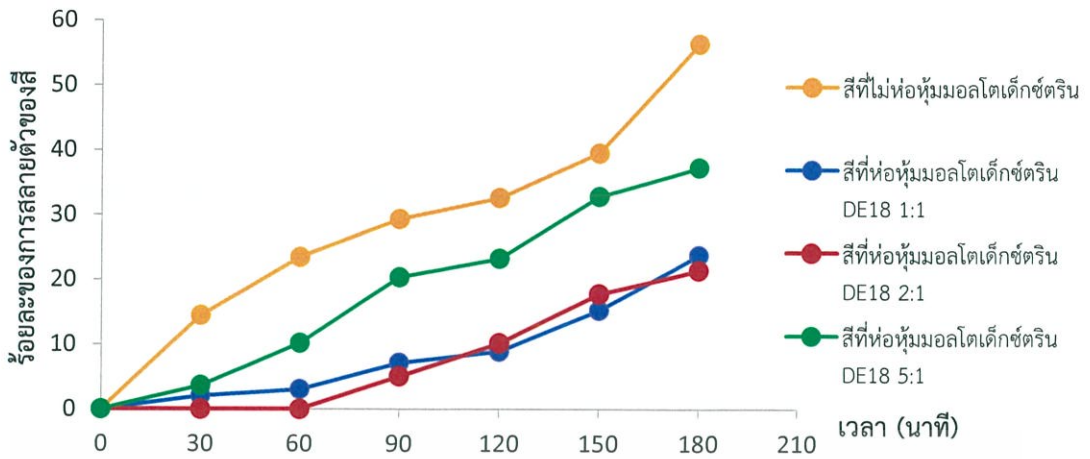
4.2.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน

จากการทดลอง(ตารางที่4.1)พบว่าสีจากกระเจียบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการสลายตัวของสีที่เวลา 180 นาที เท่ากับร้อยละ 10.73 30.63 และ 34.83 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน อัตราส่วน 1:1 ช่วยชะลอการสลายตัวของสีของแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด โดยมีการสลายตัวของสีเพียงร้อยละ 10.73 ดังรูปที่4.2 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$)



รูปที่4.2 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิดDE10 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

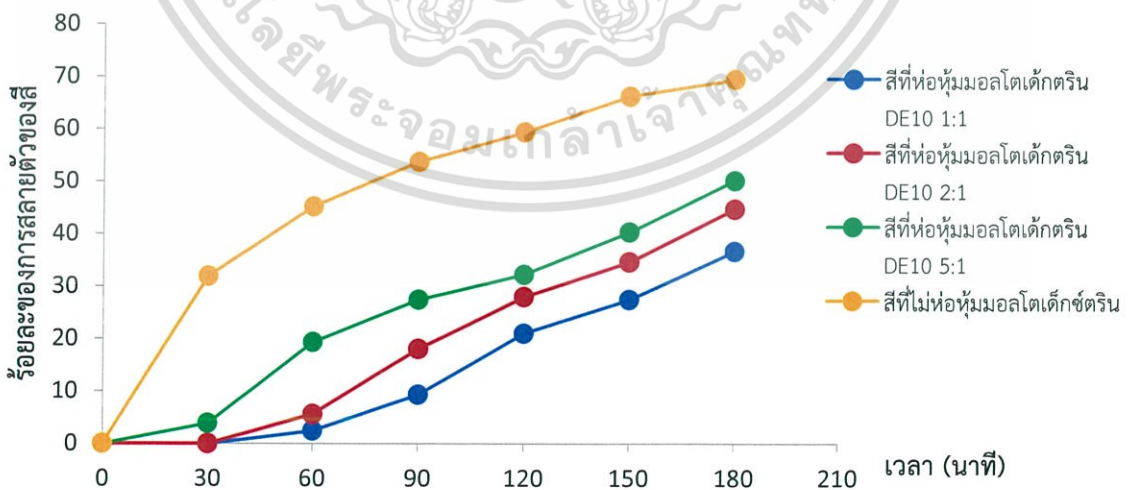
จากการทดลอง(ตารางที่4.1)พบว่าสีจากกระเจียบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ5:1 เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการสลายตัวของสีที่เวลา 180 นาที เท่ากับร้อยละ 23.75 21.41 และ 37.26 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินที่อัตราส่วน 1:1 ช่วยชะลอการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด โดยมีการสลายตัวของสีเพียงร้อยละ 23.75 ดังรูปที่4.3 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE18 ต่อลิกนินโศไซยานินต่อการสลายตัวของลิกนินโศไซยานินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน

จากการทดลอง(ตารางที่ 4.1)พบว่าสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าการสลายตัวของสีที่เวลา 180 นาที ร้อยละ 36.64 44.70 และ 50.16 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน อัตราส่วน 1:1 ช่วยชะลอการสลายตัวของลิกนินโศไซยานินได้ดีที่สุด มีค่าการสลายตัวเพียงร้อยละ 36.64 ดังรูปที่ 4.4 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

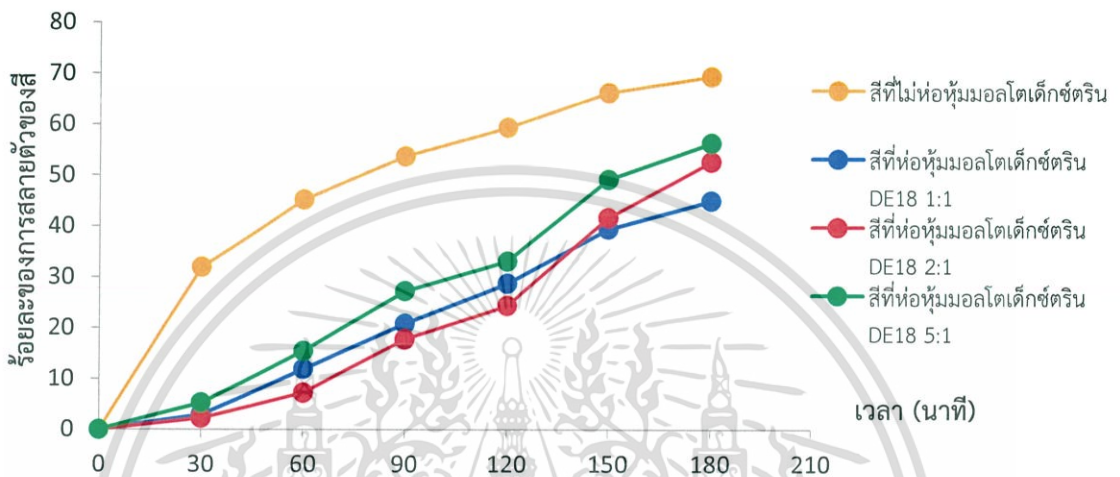


รูปที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 ต่อลิกนินโศไซยานินต่อการสลายตัวของ

ลิกนินโศไซยานินที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง(ตารางที่4.1)พบว่าสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีการสลายตัวของสีที่เวลา 180 นาที ร้อยละ 45.01 52.71 และ56.36 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน อัตราส่วน 1:1 ช่วยชะลอการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด มีค่าการสลายตัวเพียงร้อยละ 45.01 ดังรูปที่4.5 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่4.5 ผลของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ยังพบว่ามอลโตเด็กซ์ตริน (DE10 และ DE18) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศมีผลต่อการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบ มีช่วยรักษารักษาความเสถียรของสีแอนโทไซยานินได้ดีกว่าสีจากกระเจี๊ยบที่ไม่ผ่านห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน(ตัวควบคุม) เนื่องจากแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียรสลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง ในขณะที่ มอลโตเด็กซ์ตริน มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้ง(DEต่ำ) และน้ำตาล(DEสูง) ซึ่งสามารถเป็นเกิดฟิล์มบางๆที่มีความยืดหยุ่นห่อหุ้มสารเอาไว้(เอนแคปซูเลชัน) จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียสีแอนโทไซยานินจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็นอย่างดี

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bangs และ Reineccius (1981) พบว่าความสามารถในการรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสของมอลโตเด็กซ์ตริน นั้นจะขึ้นอยู่กับค่า Dextrose Equivalent (DE) ซึ่ง พบว่า มอลโตเด็กซ์ตริน DE10 มีความสามารถในการรักษาสารให้กลิ่นรสดีที่สุด แต่เมื่อค่า DE เพิ่มขึ้น (DE15 DE20 DE25 และ DE36.5) ความสามารถในการรักษากลิ่นรสก็จะลดลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลร้อยละการสลายตัวของสีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน (ตัวควบคุม) และสีที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที

เวลา (นาที)	ร้อยละการสลายตัว ของสีตัวควบคุม		ร้อยละการสลายตัวของสีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10						ร้อยละการสลายตัวของสีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18					
			อัตราส่วน 1:1		อัตราส่วน 2:1		อัตราส่วน 5:1		อัตราส่วน 1:1		อัตราส่วน 2:1		อัตราส่วน 5:1	
	80° C	100° C	80° C	100° C	80° C	100° C	80° C	100° C	80° C	100° C	80° C	100° C	80° C	100° C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	14.47	31.94	0	0	0	0	4.52	3.87	2.05	2.93	0	2.31	3.66	5.25
60	23.45	45.2	0	2.48	1.16	5.63	10.32	19.35	3.07	11.87	0	7.24	10.19	15.44
90	29.35	53.73	1.46	9.34	8.6	18.05	20.16	27.42	7.18	20.82	5.1	17.79	20.38	27.22
120	32.61	59.38	5.84	21.02	11.75	27.98	23.22	32.26	8.94	28.73	10.21	24.38	23.24	33.12
150	39.52	66.23	7.22	27.45	15.23	34.6	31.45	40.32	15.25	39.44	17.79	41.68	32.8	49.2
180	56.37 ^x	69.44 ^x	10.73 ^{z,c}	36.64 ^{z,c}	30.63 ^{z,b}	44.7 ^{z,b}	34.83 ^{z,a}	50.16 ^{z,a}	23.75 ^{y,c}	45.01 ^{y,c}	21.41 ^{y,b}	52.71 ^{y,b}	37.26 ^{y,a}	56.36 ^{y,a}

ผลของการทดสอบแสดงค่า Mean±SD และ ^{x,y,z} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.05) ของชนิดสีที่ใช้ในการทดสอบ ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และ ^{a,b,c} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.05) ของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ในการห่อหุ้มสี

4.3 การศึกษาผลของแสงฟลูออเรสเซนซ์ต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน

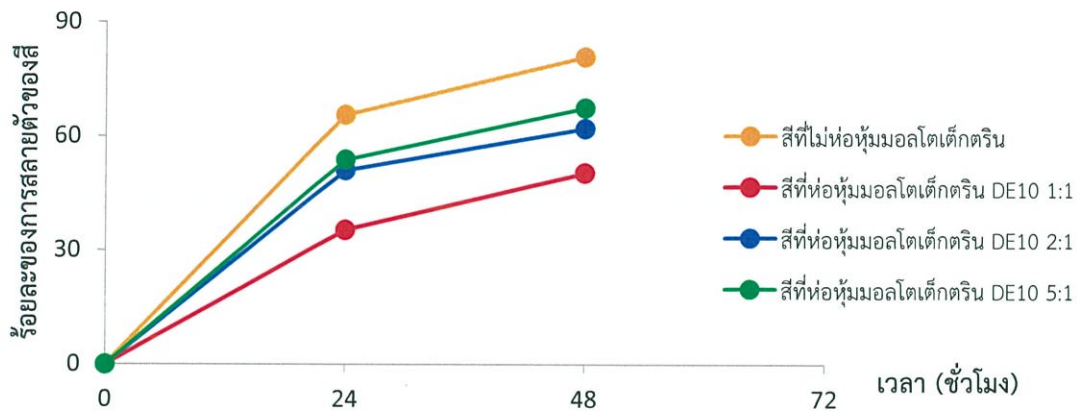
จากผลการทดลอง(ตารางที่4.2) เมื่อนำสีจากกระเจี๊ยบที่ไม่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน (ตัวควบคุม) และสีจากกระเจี๊ยบที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน นำมาทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์โดยตั้งทิ้งไว้ให้แสงส่องผ่านเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโน-เมตร พบว่าสีจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 พบว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 มีการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 50.32 ตามด้วยที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 มีการสลายตัวของแอนโทไซยานินร้อยละ 51.42 เมื่อเทียบกับผงสีจากสารสกัดกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$) ดังรูปที่4.6และ4.7

ตารางที่4.2 ผลของชนิดมอลโตเด็กซ์ตรินและอัตราส่วนต่อสีที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์

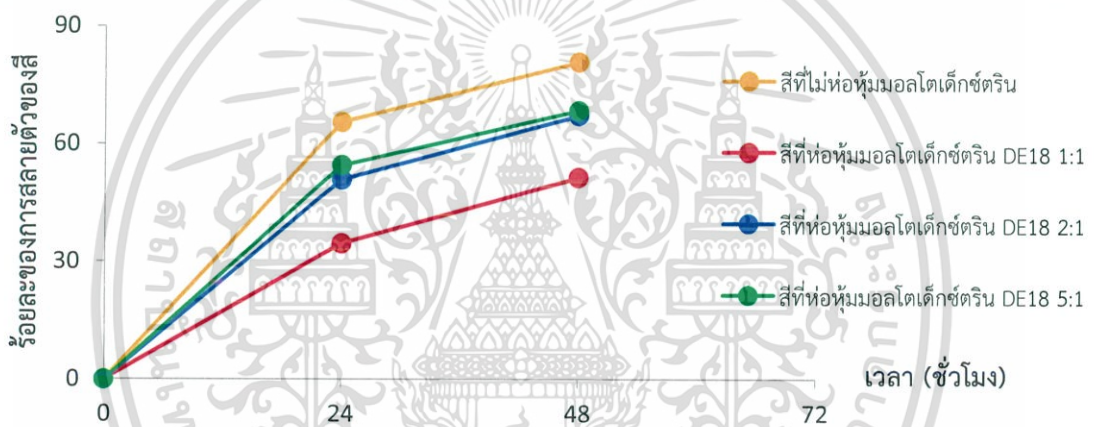
เวลา (ชั่วโมง)	ร้อยละการ สลายตัว ของสีตัว ควบคุม	ร้อยละการสลายตัวของสีที่ห่อหุ้ม มอลโตเด็กซ์ตรินDE 10			ร้อยละการสลายตัวของสีที่ห่อหุ้ม มอลโตเด็กซ์ตรินDE 18		
		อัตราส่วน	อัตราส่วน	อัตราส่วน	อัตราส่วน	อัตราส่วน	อัตราส่วน
		1:1	2:1	5:1	1:1	2:1	5:1
0	0	0	0	0	0	0	0
24	65.50	35.32	50.98	53.78	34.6	50.87	54.53
48	80.84 ^{a,x}	50.32 ^{c,z}	62 ^{b,z}	67.43 ^{a,z}	51.42 ^{c,y}	67.2 ^{b,y}	68.45 ^{a,y}

ผลของการทดสอบแสดงค่า Mean±SD และ ^{x,y,z} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P \leq 0.05$) ของชนิดสีที่ใช้ในการทดสอบ และ ^{a,b,c} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P \leq 0.05$) ของอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ที่ใช้ในการห่อหุ้มสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE10 ต่อไซลีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์



รูปที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE18 ต่อไซลีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์

4.4 การศึกษาผลของความเสถียรของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์วันดอกกุหลาบ

จากการศึกษาความเสถียรของแอนโทไซยานินจากสภาวะต่างๆ พบว่ามอลโตเด็กซ์ทริน DE10 และ DE18 ที่อัตราส่วน 1:1 ยังคงช่วยรักษาความคงตัวต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินจากสภาวะที่ใช้ในการทดสอบได้เป็นดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ จึงเลือกใช้สีจากกระเจี๊ยบทั้งสองชนิดนี้มาประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ พบว่าในการผลิตวันดอกกุหลาบที่ใช้สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน (ตัวควบคุม) มีการสลายตัวของแอนโทไซยานินจากการผ่านกระบวนการผลิตถึงร้อยละ 49.49 และสังเกตได้จากสีแดงที่อ่อนลง เมื่อเทียบกับสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 และ DE18 การ

สลายตัวของแอนโทไซยานินมีเพียงร้อยละ 24.36 และ 25.72 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
 นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.3

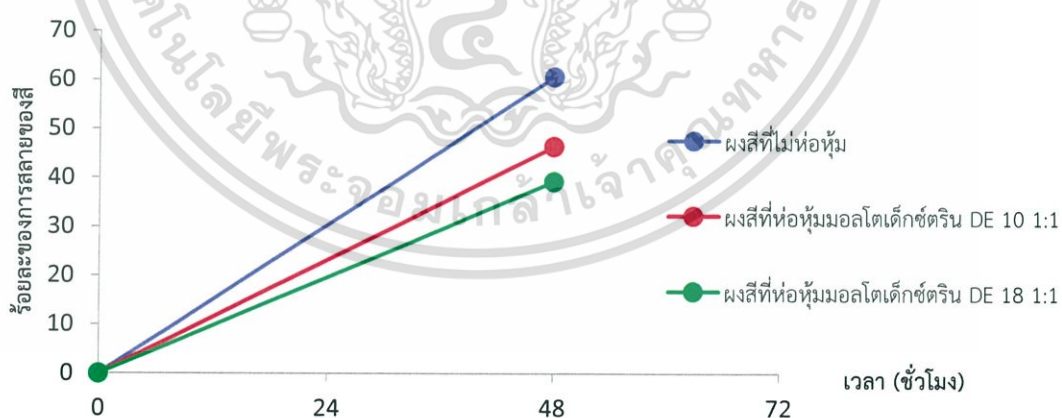
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลร้อยละระหว่างชนิดมอลโตเด็กซ์ทรินต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของสีก่อนและหลังในการผลิตวุ้นดอกกุหลาบ

เวลา	ร้อยละการสลายตัวของสีที่ไม่ห่อหุ้ม	ร้อยละการสลายตัวของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 (1:1)	ร้อยละการสลายตัวของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 (1:1)
ก่อน	0	0	0
หลัง	49.49 ^a	24.36 ^b	25.72 ^b

ผลของการทดสอบแสดงค่า Mean±SD และ ^{a,b} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P \leq 0.05$) ของชนิดสีที่ใช้ในการทดสอบ

จากการการศึกษาความเสถียรของสีกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน(ตัวควบคุม) และสีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE10และDE18 ที่อัตราส่วน 1:1 ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ วุ้นดอกกุหลาบ ในการทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่า วุ้นดอกกุหลาบที่มีการใช้สีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทรินชนิด DE10และDE18 ที่อัตราส่วน 1:1 จะมีสีที่ชัดเจนกว่าสีที่ไม่ผ่านการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งมีการช่วยชะลอการสลายตัวของสีแอนโทไซยานิน และมีค่าการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินร้อยละ 46.35 และ 39.24 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) ดังรูปที่4.8



รูปที่4.8 ผลของอัตราส่วนระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินชนิดDE10และDE18 ต่อสีแอนโทไซยานินต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่ทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

กระบวนการผลิตสีจากดอกกระเจี๊ยบเริ่มต้นจากสกัดสีด้วยน้ำ ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ในการทำแห้งที่มีการห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dry) มอลโตเด็กซ์ตรินจะช่วยรักษาความเสถียรของแอนโทไซยานินจากสภาวะแวดล้อมได้ เพราะมอลโตเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติเป็นเอนแคปซูเลท โดยจะเกิดเป็นลักษณะฟิล์มบางๆ ห่อหุ้มที่แกนของสี และภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูงมอลโตเด็กซ์ตรินที่ห่อหุ้มจะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปทำลายสีได้ง่าย ในการศึกษาความเสถียรของสีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าสีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 ช่วยรักษาความเสถียรของแอนโทไซยานินได้ดีกว่าสีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 ในอัตราส่วน 1:1 โดยพบการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เพียงร้อยละ 10.7 และ 36.64 ตามลำดับ และสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 เท่ากับร้อยละ 23.75 และ 45.01 ตามลำดับ และการทดสอบความเสถียรของสีด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมงพบว่า สีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 มีความสามารถช่วยรักษาความเสถียรของสีได้ดีกว่าสีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 เช่นกัน ในอัตราส่วน 1:1 มีการสลายตัวของแอนโทไซยานินร้อยละ 50.32 และ 53.78 ตามลำดับ และในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์วันดอกกุหลาบ พบว่าวันที่มีใช้สีที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และ DE18 อัตราส่วน 1:1 ยังคงช่วยชะลอการสลายตัวของแอนโทไซยานินในวันดอกกุหลาบหลังผ่านกระบวนการผลิตและการทดสอบต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์ได้ดี

จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดร.อรุษา เขาวนลิขิต และคณะที่ทำ การศึกษาสีจากธรรมชาติจากเปลือกมังคุด โดยการเอนแคปซูเลชันผงสีจากเปลือกมังคุดด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 และ DE18 อัตราส่วนต่างๆ ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย และทำแห้งแบบสุญญากาศ พบว่ามอลโตเด็กซ์ตรินมีส่วนช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีเมื่อผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี โดยที่การทำแห้งแบบสุญญากาศ สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด และในการทำแห้งแบบพ่นฝอย สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด เมื่อนำสีไปทดสอบความร้อนที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียสพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับ Assouf และคณะ ได้ทำการการประเมินประสิทธิภาพของเม็ดสีแดงที่สกัดได้จากแครอทสีม่วงและนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสีผสมอาหารจากธรรมชาติ โดยทำการทดสอบสีที่สกัดจากแครอทสีม่วงในสภาวะค่าการเป็นกรดที่ต่างกัน 2-10 และทดสอบที่อุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา

120 นาที พบว่าเม็ดสีแดงที่สกัดจากแครอทสีม่วงนั้น มีประสิทธิภาพลดต่ำลงหรือเกิดการสลายตัวเมื่อมีค่าความเป็นกรดเบสมีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่เม็ดสีแดงส่งผลต่อการสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน มอลโตเด็กซ์ตรินจะมีส่วนช่วยชะลอการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินได้ จากการเกิดลักษณะเป็นฟิล์มบางๆห่อหุ้มที่แกรนูลของสีและภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูงมอลโตเด็กซ์ตริน ห่อหุ้มสีจะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปทำลายสีได้ง่าย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าในการกักเก็บสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน มอลโตเด็กซ์ตรินนั้นมีส่วนช่วยในการรักษาความเสถียรของแอนโทไซยานินและชะลอการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้ดี ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเทคนิคต่างๆให้มากยิ่งขึ้นเพื่อที่จะสามารถพัฒนาและต่อยอดการกักเก็บสีจากกระเจี๊ยบให้ดีขึ้น รวมถึงการกักเก็บสีจากธรรมชาติชนิดอื่นๆให้มีความหลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตึงจนถึงการพัฒนาเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สีจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยในระดับอุตสาหกรรมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ภุชญา ศิริเลิศมุกด. (2547). เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2555, จาก <http://www.material.chula.ac.th/RADIO47/September/radio9-4.htm>

ฉวีวรรณ จันทขรินทรและ บุศกรณมหาโยธี. 2531. การศึกษาเสถียรภาพของรงควัตถุแอนโทไซยานินสึมน้ำกระเจี๊ยบแดง. โครงการวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชัยเสฏฐ์ พรหมศรี. (2549). การทำวุ้นแพนซี, ครั้วบ้านพิมพ์, 26(3), 20-25.

ดุขฎิ อุดภาพ และน้องนุช เจริญกุล.(2555). บทที่ 4สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต Carbohydrate Technology สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2555,จาก<http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning /chapter4.html>

ทิพวดี จิตพิศทธิ. 2550. การสกัดแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วดำและประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.

บัณฑิต พรหมรักษา และคณะ. 2557.ชื่อเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันและบทบาททางการแพทย์บัณฑิต. ศีรนครินทร์เวชสาร 1, 29 (มกราคม):90-97.

นิธิยา รัตนাপนนท์และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์.(2552).carboxy methyl cellulose cmc.ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2555,จาก <http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/1439/CMC>

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนापนนท์. 2550. การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. ค้นเมื่อ.27 มิถุนายน 2559,จาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3133/freeze-drying>.

สุนทร ตรีนันทวัน.2555. फिल्मเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว CMC .ค้นเมื่อ15 ธันวาคม 2555,จาก<http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/18-2011-08-09-06-29-06/372-2012-07-09-02-32-53>

อุษา เขาวนลิขิตและธีรารัตน์ อธิธิโสภณกุล. 2554. สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ

Anandaraman, S and Reineccius, G.A. 1986. Stability of encapsulated orange peel oil. Food Technology.40:88-94.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assous M.T.M , M.M. Abdel-Hady and Ghada M. Medany. Evaluation of red pigment extracted from purple carrots and its utilization as antioxidant and natural food colorants. Food Technology Research Institute, Agriculture Research Center, Giza, Egypt. (2014). *Annals of Agricultural Science* (2014) 59(1), 1–7

Bangs, W.E. and Reineccius G.A., 1981. Influence of dryer infeed matrices on the retention of volatile flavour compounds during spray drying, *Journal of Food Science* . 47, 254– 259.

Bohm, V., Kuhnert, S., Rohm H & Scholze, G. 2006. Improveing the Nutrition Quality of microwave-Vacuum Dried Strawberries: A Preliminary Study. *Food Science and Technology International*.12: 67.

Brouillard ,R. and Delaporte,B.(1997) Anthocyanin molecular interactions : the first step in the formation of new pigments during wine aging. *Food Chem* 51,365-371.

Cai, Y.Z. and Corke, H. 2000. Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. *Journal of Food Science*. 65: 1248-1252.

Cevallos-Casals , B.A. and Cisneros-Zevallos, L. 2004. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry*. 86:69-77.

Chandra, A., Nair, M. G. & Iezzoni, A. F. 1993. Isolation and stabilization of anthocyanins from tartcherries (*Prunus cerasus* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 41, 1062.

Desorby, S.A., Netto, F.M. and Labuza, T.P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for beta carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*. 62:1159-1162.

Duangmal, K., Saicheua, B. & Sueprasarn, S., 2004. Roselle anthocyanins as a natural food colorant and improvement of its colour stability. In *Proceeding of AIC 2004 (Color and Paints) International Interim Meeting in Porto Alegre, Brazil, 3-5 November 2004*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ersus, S. & Yurdage, U. 2007. Microencapsulation of Anthocyanin Pigment of Black Carrot (*Daucuscarota L.*) by Spray Dryer. *Journal of Food Engineering*. 80: 805-812.

Giusti, M.M. & Wrolstad, R.E. 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, F1.2.1-F.1.2.13. [Online]. Available: <http://www.does.org/masterli/facครั้งที่.htm>. Retrieved 30 August 2007.

Godshall, M. A. 1997. How carbohydrates influence food flavour. *Food Technology* 51: 63-67.

Huanbutta, K., et al., 2008. Factors affecting preparations of chitosan microcapsules for colonic drug delivery *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 18(2): 79-83.

Kirca, A., Ozkan, M. and Cemeroglu, B. 2007. Effects of Temperature, Solid Content and pH on the Stability of Black Carrot Anthocyanins. *Food Chemistry*. 101: 212-218.

Krishnan, S., Bhosale R. & Singhal S. R. 2005. Microencapsulation of Cardamom Oleoresin: Evaluation of Blends of Gum Arabic, Maltodextrin and a Modified Starch as Wall Materials. *Carbohydrate Polymers*, 61: 95-102.

Kwork, B.H.L., Hu, C., Durance, T. & Kitts, P.D. 2004. Dehydration Techniques Affect Phytochemical Content and Free radical Scavenging Activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia Nutt.*). *Journal of Food Science*. 69: 3.

Lazze, M.C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A.I., Stivala, L.A., Bianchi, L. (2004). Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. *Carcinogenesis*, 25: 1427-1433.

Lohanchoompol, V., Srzednicki, G. & Craske, J. 2004. The Change of Total Anthocyanin in Blueberries and Their Antioxidant Effect After Drying and Freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 5: 248-252.

Li, M., O. Rouaud, and D. Poncelet. 2008. Microencapsulation by solvent evaporation: State of the art for process engineering approaches. *International Journal of Pharmaceutics*, 363(1-2): 26-39.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Majchrzak, D., Mitter, S., and Elmadfa, I. 2004. The effect of ascorbic acid on total antioxidant activity of black and green teas. *Food Chemistry*. 88:447-451.

Markakis, P. 1974. Anthocyanins and Their Stability in Foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*. 437-456.

Metallinos-Katsaras, E., Sherry, B., & Kallio, J. (2009). Food insecurity is associated with overweight in children younger than 5 years of age. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(10), 1790-1794.

Nuzhet, T. and F. Erdogdu. 2006. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carotavar. L.*). *Journal of food Engineering*. 76 : 579 - 583.

Nixon, J.R., 1985. Preparation of microcapsules with possible pharmaceutical use. *Endeavour*, 9(3): 123-128.

Paz Robert and Carolina Fredes. The Encapsulation of Anthocyanins from Berry-Type Fruits. *Trends in Foods*. Universidad de Chile, Independencia. *Molecules* 2015, 20, 5875-5888; doi:10.3390.

Paz Robert, Tamara Gorená, Nalda Romero, Elena Sepulveda, Jorge Chavez and Carmen Saenz. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. Universidad de Chile, Casilla. (2010). *International Journal of Food Science and Technology* 2010, 45, 1386-139

Phillips, G.O. and Williams, P.A., 2000. *Handbook of hydrocolloids*. New York, CRC press, 87-213.

Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J.O., Stevenson, J. 2007. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*. 370: 1560-1567

Rodríguez-Hernández, R. González-García, A. Grajales-Lagunes, M.A. Ruiz-Cabrera and M. Abud-Archilla, 2005. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Technology*, 23, 955-973.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

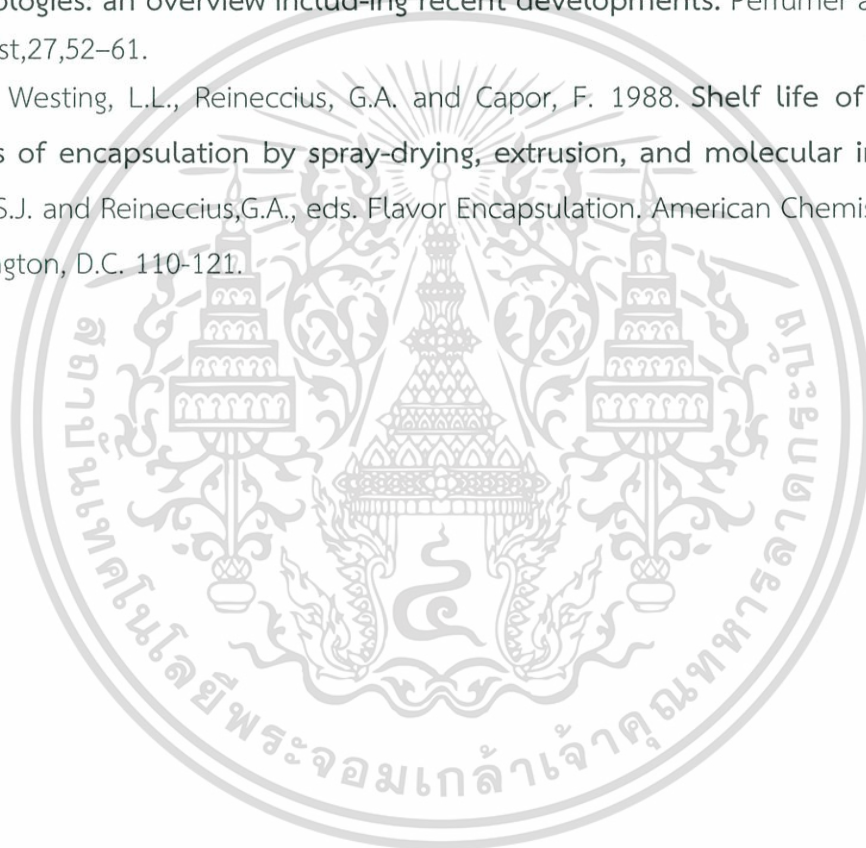
Seeram, N.P., Bourquin, L.D., Nair, M. G. 2001. Degradation products of cyanidin glycosides from tart cherries and their bioactivities. *Journal of agricultural and food chemistry*. 49: 4924-4929.

Shahidi, F. and Han, X.-Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 33: 501-547.

Skrede, G., Wrolstad, R. E., Lea, P. and Enersen, G. (1992) Color stability of strawberry and blackcurrant syrups. *J. Food Sci.* 57, 172–177.

Uhlemann, J., Schleifenbaum, B. & Bertram, H.J. (2002). Flavor encapsulation technologies: an overview including recent developments. *Perfumer and Flavorist*, 27, 52–61.

Westing, L.L., Reineccius, G.A. and Capor, F. 1988. Shelf life of orange oil effects of encapsulation by spray-drying, extrusion, and molecular inclusion, In Risch, S.J. and Reineccius, G.A., eds. *Flavor Encapsulation*. American Chemistry Society, Washington, D.C. 110-121.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ค่าเฉลี่ย
0	0.644	0.644	0.644
30	0.551	0.55	0.5505
60	0.49	0.496	0.493
90	0.455	0.455	0.455
120	0.435	0.433	0.434
150	0.389	0.39	0.3895
180	0.366	0.36	0.363

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ค่าเฉลี่ย
0	0.656	0.656	0.656
30	0.449	0.444	0.4465
60	0.358	0.361	0.3595
90	0.307	0.3	0.3035
120	0.268	0.265	0.2665
150	0.223	0.22	0.2215
180	0.201	0.2	0.2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.685	0.685	0.685	0.685	0.685
30	0.726	0.729	0.726	0.723	0.726
60	0.696	0.699	0.698	0.696	0.69725
90	0.677	0.678	0.675	0.672	0.6755
120	0.643	0.645	0.643	0.649	0.645
150	0.638	0.635	0.635	0.634	0.6355
180	0.61	0.611	0.614	0.611	0.6115

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604
30	0.627	0.626	0.626	0.628	0.62675
60	0.599	0.6	0.6	0.59	0.59725
90	0.544	0.55	0.556	0.556	0.5515
120	0.537	0.531	0.53	0.533	0.53275
150	0.515	0.512	0.515	0.509	0.51275
180	0.495	0.49	0.495	0.486	0.4915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน DE 10 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่	เฉลี่ย
0	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
30	0.59	0.59	0.6	0.59	0.5925
60	0.558	0.555	0.558	0.553	0.556
90	0.489	0.492	0.5	0.5	0.49525
120	0.456	0.45	0.459	0.54	0.47625
150	0.515	0.512	0.515	0.509	0.51275
180	0.495	0.49	0.495	0.486	0.4915

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.685	0.685	0.685	0.685	0.685
30	0.705	0.7	0.701	0.7	0.7015
60	0.665	0.66	0.665	0.669	0.66475
90	0.621	0.622	0.62	0.62	0.62075
120	0.539	0.538	0.538	0.539	0.5385
150	0.5	0.492	0.495	0.499	0.4965
180	0.434	0.43	0.436	0.436	0.434

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604
30	0.609	0.61	0.61	0.609	0.6095
60	0.57	0.572	0.57	0.57	0.5705
90	0.497	0.498	0.49	0.495	0.495
120	0.435	0.437	0.435	0.433	0.435
150	0.4	0.393	0.393	0.394	0.395
180	0.333	0.335	0.335	0.334	0.33425

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
30	0.592	0.597	0.592	0.597	0.5945
60	0.487	0.507	0.49	0.5	0.496
90	0.447	0.448	0.444	0.448	0.44675
120	0.422	0.422	0.421	0.422	0.42175
150	0.373	0.363	0.367	0.366	0.36725
180	0.304	0.302	0.31	0.32	0.309

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
30	0.68	0.669	0.66	0.663	0.668
60	0.667	0.656	0.661	0.66	0.661
90	0.632	0.634	0.632	0.634	0.633
120	0.62	0.628	0.619	0.62	0.62175
150	0.576	0.579	0.578	0.579	0.578
180	0.519	0.516	0.522	0.522	0.51975

ตารางที่ ก.10 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607
30	0.627	0.629	0.63	0.63	0.629
60	0.606	0.609	0.609	0.607	0.60775
90	0.576	0.579	0.576	0.572	0.57575
120	0.543	0.548	0.545	0.543	0.54475
150	0.498	0.505	0.496	0.5	0.49975
180	0.478	0.475	0.481	0.475	0.47725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628
30	0.6	0.607	0.604	0.607	0.6045
60	0.568	0.56	0.568	0.56	0.564
90	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
120	0.483	0.481	0.483	0.481	0.482
150	0.423	0.425	0.42	0.42	0.422
180	0.388	0.393	0.398	0.398	0.39425

ตารางที่ ก.12 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาท)	ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
30	0.669	0.665	0.657	0.657	0.662
60	0.601	0.606	0.599	0.6	0.6015
90	0.54	0.539	0.539	0.539	0.53925
120	0.486	0.488	0.485	0.485	0.486
150	0.415	0.417	0.409	0.409	0.4125
180	0.377	0.375	0.374	0.374	0.375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 2:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607
30	0.596	0.594	0.59	0.59	0.5925
60	0.565	0.565	0.561	0.562	0.56325
90	0.498	0.499	0.499	0.501	0.49925
120	0.46	0.463	0.463	0.451	0.45925
150	0.352	0.362	0.355	0.35	0.35475
180	0.285	0.289	0.287	0.287	0.287

ตารางที่ ก.14 ผลของการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย
0	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628
30	0.59	0.594	0.598	0.598	0.595
60	0.53	0.532	0.53	0.531	0.53075
90	0.459	0.459	0.456	0.456	0.4575
120	0.415	0.42	0.422	0.424	0.42025
150	0.318	0.318	0.32	0.323	0.31975
180	0.273	0.279	0.272	0.272	0.274

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลร้อยละที่คงเหลือของแอนโทไซยานินและร้อยละที่คงเหลือของแอนโทไซยานิน จากการค่า การดูดกลืนแสงในการทดสอบความเสถียรของสีที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างการคำนวณ

สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาที่ ที่ 0

$$\text{ร้อยละการสลายตัวของแอนโทไซยานิน} = \frac{0.644 - 0.644}{0.644} \times 100$$

$$= 0$$

$$\text{ร้อยละที่คงเหลือของแอนโทไซยานิน} = 100 - 0$$

$$= 100$$

ดังนั้น สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาที่ ที่ 0 มีการสลายตัวของ แอนโทไซยานินร้อยละ 0 และมีแอนโทไซยานินที่คงเหลือร้อยละ 100

สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาที่ ที่ 30

$$\text{ร้อยละการสลายตัวของแอนโทไซยานิน} = \frac{0.644 - 0.5505}{0.644} \times 100$$

$$= 14.47$$

$$\text{ร้อยละที่คงเหลือของแอนโทไซยานิน} = 100 - 14.47$$

$$= 85.53$$

ดังนั้น สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกซ์ตริน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาที่ ที่ 0 มีการสลายตัวของ แอนโทไซยานินร้อยละ 14.47 และมีแอนโทไซยานินที่คงเหลือร้อยละ 85.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีต่อความร้อน (ตัวควบคุม) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	85.53	14.47
60	76.55	23.45
90	70.65	29.35
120	67.39	32.61
150	60.48	39.52
180	56.37	56.37

ตารางที่ ก.16 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีต่อความร้อน (ตัวควบคุม) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	68.06	31.94
60	54.80	45.20
90	46.27	53.73
120	40.62	59.38
150	33.77	66.23
180	30.56	69.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 1:1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	100	0
60	100	0
90	98.54	1.46
120	94.16	5.84
150	92.7	7.3
180	98.27	10.83

ตารางที่ ก.18 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 2:1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	100	0
60	98.84	1.16
90	91.4	8.60
120	88.25	11.75
150	84.77	15.23
180	69.37	30.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 5:1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	95.48	4.52
60	89.68	10.32
90	79.84	20.16
120	76.78	23.22
150	68.55	31.45
180	65.17	34.83

ตารางที่ ก.20 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 1:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	100	0
60	97.52	2.48
90	90.66	9.34
120	78.98	21.02
150	72.55	27.45
180	63.36	36.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.21 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 2:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	100	0
60	94.37	5.63
90	81.95	18.05
120	72.02	27.98
150	65.4	34.60
180	55.3	44.70

ตารางที่ ก.22 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 5:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	96.13	3.87
60	80.65	19.35
90	72.58	27.42
120	67.74	32.26
150	59.68	40.32
180	49.84	50.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.23 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 1:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	97.94	2.05
60	96.92	3.07
90	92.81	7.18
120	91.05	8.94
150	84.75	15.25
180	76.25	23.75

ตารางที่ ก.24 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 2:1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	100	0
60	100	0
90	94.9	5.10
120	89.79	10.21
150	82.20	17.79
180	78.58	21.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.25 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 5:1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	96.34	3.66
60	89.81	10.19
90	79.61	20.38
120	76.75	23.24
150	67.19	32.80
180	62.73	37.26

ตารางที่ ก.26 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 1:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	97.06	2.93
60	88.12	11.87
90	79.18	20.82
120	71.26	28.73
150	60.56	39.44
180	54.98	45.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.27 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 2:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	97.69	2.31
60	92.75	7.24
90	82.20	17.79
120	75.61	24.38
150	58.31	41.68
180	47.28	52.71

ตารางที่ ก.28 ผลร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่และที่สลายไปของสีแอนโทไซยานินที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18 5:1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่เหลือ	ร้อยละของแอนโทไซยานินที่สลายไป
0	100	0
30	94.74	5.25
60	84.56	15.44
90	72.77	27.22
120	66.87	33.12
150	50.79	49.20
180	43.63	56.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. ผลการทดสอบความเสถียรของสีแอนโทไซยานินต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความเสถียรของสีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
0	0.655	0.655	0.655
24	0.221	0.231	0.226
48	0.121	0.13	0.1255

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตรของสีที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ทริน DE10								
	อัตราส่วน 1:1			อัตราส่วน 2:1			อัตราส่วน 5:1		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
0	0.62	0.62	0.62	0.612	0.612	0.612	0.608	0.61	0.609
24	0.402	0.4	0.401	0.3	0.3	0.3	0.283	0.28	0.2815
48	0.307	0.309	0.308	0.219	0.219	0.219	0.203	0.19	0.1965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความเสถียรของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18								
	อัตราส่วน 1:1			อัตราส่วน 2:1			อัตราส่วน 5:1		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
0	0.63	0.63	0.63	0.625	0.625	0.625	0.618	0.618	0.618
24	0.423	0.401	0.412	0.304	0.305	0.3045	0.284	0.278	0.281
48	0.312	0.306	0.309	0.209	0.201	0.205	0.201	0.189	0.195

2. ผลร้อยละการสลายตัวของแอนโทไซยานิน จากการค่าการดูดกลืนแสงในการทดสอบความเสถียรของสีต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

การคำนวณหาค่าการสลายตัวจะใช้สูตรและวิธีการเช่นเดียวกับการทดสอบความเสถียรของสีต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความเสถียรของสีที่ไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 และ DE18 อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 5:1 ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

เวลา (ชั่วโมง)	ร้อยละการสลายตัวของแอนโทไซยานิน						
	ผงสีที่ไม่ห่อหุ้ม มอลโตเด็กซ์ตริน	ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน DE10			ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน DE18		
		อัตราส่วน 1:1	อัตราส่วน 2:1	อัตราส่วน 5:1	อัตราส่วน 1:1	อัตราส่วน 2:1	อัตราส่วน 5:1
0	0	0	0	0	0	0	0
24	65.50	35.32	50.98	53.78	34.6	50.87	54.53
48	80.84	50.32	62	67.43	51.42	67.2	68.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

1. ผลการทดสอบสีไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินและสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ED10และ DE18ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

ตารางที่ค.1 ผลการทดสอบสีไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินและสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ED10 และ DE18 ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ก่อนและหลังทำผลิตภัณฑ์

เวลา	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร								
	ผงสีที่ไม่ห่อหุ้ม			ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน DE10(1:1)			ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน DE18(1:1)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
ก่อน	0.637	0.64	0.6385	0.683	0.688	0.6855	0.62	0.624	0.622
หลัง	0.325	0.32	0.3225	0.52	0.517	0.5185	0.464	0.46	0.462

ตารางที่ ค.2 ผลการทดสอบสีไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินและสีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ED10และ DE18 ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ประเภทสีที่ใช้	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร					
	ชั่วโมงที่ 0			ชั่วโมงที่ 48		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริน	0.684	0.684	0.684	0.312	0.213	0.2625
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 อัตราส่วน 1:1	0.665	0.664	0.6645	0.334	0.378	0.3565
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18 อัตราส่วน 1:1	0.671	0.672	0.6715	0.419	0.395	0.407

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลร้อยละการสลายตัวของแอนโทไซยานิน จากการค่าการดูดกลืนแสงในการทดสอบความเสถียรของสีต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

การคำนวณหาค่าการสลายตัวจะใช้สูตรและวิธีการเช่นเดียวกับการทดสอบความเสถียรของสีต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ค.3 ผลร้อยละการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริ ED10 และ DE18 ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ก่อนและหลังทำผลิตภัณฑ์

เวลา	ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน		
	ผงสีที่ไม่ห่อหุ้ม	ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริ DE10(1:1)	ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริ DE18(1:1)
ก่อน	0	0	0
หลัง	49.49	24.36	25.72

ตารางที่ ค.4 ผลร้อยละการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินไม่ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริ ED10 และ DE18 ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

เวลา	ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน		
	ผงสีที่ไม่ห่อหุ้ม	ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริ DE10(1:1)	ผงสีที่ห่อหุ้มด้วย มอลโตเด็กซ์ตริ DE18(1:1)
0	0	0	0
48	60.62	46.35	39.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสถียรของการสลายตัวของแอนโทไซยานินในสีจากที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10 และ DE18 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

1.1 Univariate Analysis of Variance.

ตารางที่ ง.1 Between-Subjects Factors.

		N
ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	DE10	12
	DE18	12
อัตราส่วน	1:1	8
	2:1	8
	5:1	8

ตารางที่ ง.2 Descriptive Statistics.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
DE10	1:1	10.3900	.28355	4
	2:1	11.6675	.41524	4
	5:1	34.6700	.18475	4
	Total	18.9092	11.65624	12
DE18	1:1	26.3125	5.41564	4
	2:1	52.5500	.18475	4
	5:1	37.2175	.76159	4
	Total	38.6933	11.59824	12
Total	1:1	18.3513	9.22172	8
	2:1	32.1088	21.85464	8
	5:1	35.9438	1.45514	8
	Total	28.8012	15.21261	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 Levene's Test of Equality of Error Variances^a.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

F	df1	df2	Sig.
7.638	5	18	.001

การทดสอบความแปรปรวนที่สมมติฐานหลักของปัจจัยในแต่ละกลุ่ม

- a. Design: Intercept + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน + อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

ตารางที่ ง.4 Tests of Between-Subjects Effects.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5232.048 ^a	5	1046.410	207.688	0.000	0.983
Intercept	19908.288	1	19908.288	3951.328	0.000	0.995
ชนิดMD	2348.480	1	2348.480	466.118	0.000	0.963
อัตราส่วน	1369.259	2	684.629	135.883	0.000	0.938
ชนิดMD * อัตราส่วน	1514.310	2	757.155	150.277	0.000	0.943
Error	90.691	18	5.038			
Total	25231.027	24				
Corrected Total	5322.739	23				

- a. R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 Estimated Marginal Means.

ตารางที่ ง.5 Grand Mean.

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
28.801	0.458	27.839	29.764

ตารางที่ ง.6 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
DE10	18.909	.648	17.548	20.271
DE18	38.693	.648	37.332	40.055

ตารางที่ ง.7 อัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1:1	18.351	.794	16.684	20.019
2:1	32.109	.794	30.441	33.776
5:1	35.944	.794	34.276	37.611

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดมอลโต-เด็กซ์ตริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
DE10	1:1	10.390	1.122	8.032	12.748
	2:1	11.668	1.122	9.310	14.025
	5:1	34.670	1.122	32.312	37.028
DE18	1:1	26.313	1.122	23.955	28.670
	2:1	52.550	1.122	50.192	54.908
	5:1	37.217	1.122	34.860	39.575

1.3 การทดสอบ Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ตารางที่ ง.9 อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Duncan^{a,b}

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
1:1	8	18.3513 ^c		
2:1	8		32.1088 ^b	
5:1	8			35.9438 ^a
Sig.		1.000	1.000	1.000

Mean Square(Error) = 5.038.

a. Harmonic Mean Sample Size = 8.000

b. Alpha = .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสียรของการสลายตัวของแอนดทไชนานินในผงสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 และ DE18 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

2.1 Univariate Analysis of Variance

ตารางที่ ง.10 Between-Subjects Factors

		N
ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	DE10	12
	DE18	12
อัตราส่วน	1:1	8
	2:1	8
	5:1	8

ตารางที่ ง.11 Descriptive Statistics

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
DE10	1:1	36.5000	.16166	4
	2:1	44.6625	.15756	4
	5:1	51.2475	.20597	4
	Total	44.1367	6.30236	12
DE18	1:1	45.0125	.20742	4
	2:1	52.7175	.26538	4
	5:1	56.6200	.08246	4
	Total	51.4500	5.04046	12
Total	1:1	40.7563	4.55338	8
	2:1	48.6900	4.31032	8
	5:1	53.9337	2.87539	8
	Total	47.7933	6.71563	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.12 Levene's Test of Equality of Error Variances^a.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

F	df1	df2	Sig.
.376	5	18	.858

การทดสอบความแปรปรวนที่สมมติฐานหลักของปัจจัยในแต่ละกลุ่ม

- a. Design: Intercept + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน + อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

ตารางที่ ง.13 Tests of Between-Subjects Effects.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1036.653 ^a	5	207.331	5822.985	.000	.999
Intercept	54820.865	1	54820.865	1539671.667	.000	1.000
ชนิดMD	320.909	1	320.909	9012.893	.000	.998
อัตราส่วน	704.234	2	352.117	9889.386	.000	.999
ชนิดMD * อัตราส่วน	11.510	2	5.755	161.629	.000	.947
Error	.641	18	.036			
Total	55858.159	24				
Corrected Total	1037.294	23				

- a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Estimated Marginal Means

ตารางที่ ง.14 Grand Mean.

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
47.793	.039	47.712	47.874

ตารางที่ ง.15 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดของมอลโต- เด็กซ์ตริน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
DE10	44.137	.054	44.022	44.251
DE18	51.450	.054	51.336	51.564

ตารางที่ ง.16 อัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1:1	40.756	.067	40.616	40.896
2:1	48.690	.067	48.550	48.830
5:1	53.934	.067	53.794	54.074

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ทริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดของมอลโตเด็กซ์ทริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
DE10	1:1	36.500	.094	36.302	36.698
	2:1	44.662	.094	44.464	44.861
	5:1	51.247	.094	51.049	51.446
DE18	1:1	45.012	.094	44.814	45.211
	2:1	52.717	.094	52.519	52.916
	5:1	56.620	.094	56.422	56.818

2.3 การทดสอบ Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ตารางที่ 18 อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Duncan^{a,b}

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
1:1	8	40.7563 ^c		
2:1	8		48.6900 ^b	
5:1	8			53.9337 ^a
Sig.		1.000	1.000	1.000

Mean Square(Error) = 0.36

a. Harmonic Mean Sample Size = 8.000

b. Alpha = .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสถียรของการสลายตัวของแอนดโทไซยานินในผงสีจากกระเจี๊ยบที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 และ DE18 ต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์

3.1 Univariate Analysis of Variance

ตารางที่ ง.19 Between-Subjects Factors

		N
ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	DE10	6
	DE18	6
อัตราส่วน	1:1	4
	2:1	4
	5:1	4

ตารางที่ ง.20 Descriptive Statistics.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
DE10	1:1	50.3200	.22627	2
	2:1	64.2200	.00000	2
	5:1	67.7350	1.50614	2
	Total	60.7583	8.26500	6
DE18	1:1	50.9550	.67175	2
	2:1	67.2000	.90510	2
	5:1	68.4500	1.37179	2
	Total	62.2017	8.76558	6
Total	1:1	50.6375	.54945	4
	2:1	65.7100	1.79811	4
	5:1	68.0925	1.24653	4
	Total	61.4800	8.15742	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.21 Levene's Test of Equality of Error Variances^a.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

F	df1	df2	Sig.
0.0	5	6	0.0

การทดสอบความแปรปรวนที่สมมติฐานหลักของปัจจัยในแต่ละกลุ่ม

- a. Design: Intercept + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน + อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี + ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

ตารางที่ ง.22 Tests of Between-Subjects Effects.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	726.506 ^a	5	145.301	159.324	.000	.993
Intercept	45357.485	1	45357.485	49734.993	.000	1.000
ชนิดMD	6.250	1	6.250	6.853	.040	.533
อัตราส่วน	716.711	2	358.356	392.941	.000	.992
ชนิดMD * อัตราส่วน	3.545	2	1.773	1.944	.223	.393
Error	5.472	6	.912			
Total	46089.463	12				
Corrected Total	731.978	11				

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Estimated Marginal Means

ตารางที่ ง.23 Grand Mean.

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
61.480	.276	60.805	62.155

ตารางที่ ง.24 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดของมอลโตเด็กซ์ตริน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
DE10	60.758	.390	59.804	61.712
DE18	62.202	.390	61.248	63.156

ตารางที่ ง.25 อัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1:1	50.637	.477	49.469	51.806
2:1	65.710	.477	64.542	66.878
5:1	68.092	.477	66.924	69.261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 ชนิดของมอลโตเด็กซ์ทริน*อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดมอลโตเด็กซ์ทริน	อัตราส่วน	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
DE10	1:1	50.320	.675	48.668	51.972
	2:1	64.220	.675	62.568	65.872
	5:1	67.735	.675	66.083	69.387
DE18	1:1	50.955	.675	49.303	52.607
	2:1	67.200	.675	65.548	68.852
	5:1	68.450	.675	66.798	70.102

3.3 การทดสอบ Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ตารางที่ 27 อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Duncan^{a,b}

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
1:1	4	50.6375 ^c		
2:1	4		65.7100 ^b	
5:1	4			68.0925 ^a
Sig.		1.000	1.000	1.000

Mean Square(Error) = 0.912

a. Harmonic Mean Sample Size = 4.000

b. Alpha = .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสถียรของสีกระเจี๊ยบที่ไม่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินและที่ห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และ DE18 จากการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังกระบวนการผลิต

4.1 Univariate Analysis of Variance.

ตารางที่ ง.28 Between-Subjects Factors.

		N
ชนิดผงสี	สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	2
	สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	2
	สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	2

ตารางที่ ง.29 Descriptive Statistics

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดผงสี	Mean	Std. Deviation	N
สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	50.5100	.72125	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	75.6400	.69296	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	74.2800	.79196	2
Total	66.8100	12.65344	6

ตารางที่ ง.30 Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

F	df1	df2	Sig.
0.0	2	3	0.0

การทดสอบความแปรปรวนที่สมมติฐานหลักของปัจจัยในแต่ละกลุ่ม

Design: Intercept + ชนิดผงสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.31 Tests of Between-Subjects Effects.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	798.920 ^a	2	399.460	736.286	.000	.998
Intercept	26781.457	1	26781.457	49363.707	.000	1.000
ชนิดผงสี	798.920	2	399.460	736.286	.000	.998
Error	1.628	3	.543			
Total	27582.004	6				
Corrected Total	800.547	5				

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

4.2 Estimated Marginal Means

ตารางที่ ง.32 ชนิดผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

ชนิดผงสี	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	50.510	.521	48.852	52.168
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	75.640	.521	73.982	77.298
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	74.280	.521	72.622	75.938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบ Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ตารางที่ ง.33 ชนิดผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Duncan^{a,b}

ชนิดผงสี	N	Subset	
		1	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	2	24.3600 ^b	
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	2	25.7200 ^b	
สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	2		49.4900 ^a
Sig.		.162	1.000

Mean Square(Error) = 0.543

a. Harmonic Mean Sample Size = 2.000

b. Alpha = .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการทดสอบความเสถียรของสีกระเจี๊ยบที่ไม่ผ่านการห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน และที่ถูกห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตรินชนิด DE10 และ DE18 ในผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาทดสอบด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์

5.1 Univariate Analysis of Variance.

ตารางที่ ง.34 Between-Subjects Factors

		N
ชนิดผงสี	สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	2
	สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	2
	สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	2

ตารางที่ ง.35 Descriptive Statistics.

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
สีที่ไม่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน	54.3150	.10607	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE10	46.4200	4.73762	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน DE18	39.4200	2.63044	2
Total	46.7183	7.09230	6

ตารางที่ ง.36 Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

F	df1	df2	Sig.
0.0	2	3	0.0

การทดสอบความแปรปรวนที่สมมติฐานหลักของปัจจัยในแต่ละกลุ่ม

Design: Intercept + ชนิดผงสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.37 Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model ^a	222.128 ^a	2	111.064	11.343	.040	.883
Intercept	13095.616	1	13095.616	1337.404	.000	.998
ชนิดผงสี	222.128	2	111.064	11.343	.040	.883
Error	29.375	3	9.792			
Total	13347.120	6				
Corrected Total	251.503	5				

a. R Squared = .883 (Adjusted R Squared = .805)

5.2 Estimated Marginal Means

ตารางที่ ง.38 ชนิดผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
46.718	1.277	42.653	50.784

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดสอบ Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ตารางที่ ง.39 อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อผงสี

Dependent Variable: ร้อยละของการละลายตัวของแอนโทไซยานิน

Duncan^{a,b}

ชนิดผงสี	N	Subset	
		1	2
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE18	2	39.4200 ^b	
สีที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน DE10	2	46.4200 ^b	
สีที่ไม่ห่อหุ้ม	2		54.3150 ^a
Sig.		.111	1.000

Mean Square(Error) = 9.792

a. Harmonic Mean Sample Size = 2.000

b. Alpha = .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้