



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การห่อหุ้มซีแซนทีนจากดอกดาวเรืองด้วยอนุภาคชีวภาพ
ไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิด

Encapsulation of Zeaxanthin from Marigold Flower with Bio-particle
Chitosan and Polylactid Acid

ผศ.ดร. ณัฏฐภัทร จินดา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การห่อหุ้มซีแซนทินจากดอกดาวเรืองด้วยอนุภาคชีวภาพไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิด
แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 405,000.00 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 31 มีนาคม 2560

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. ณัฏฐภัทร จินดา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการห่อหุ้มซีแซนทินด้วยไคโตซาน และพอลิแลคติกแอซิดโดยวิธีอีมีลชัน และศึกษาประสิทธิภาพในการห่อหุ้ม ปริมาณซีแซนทินที่ถูกห่อหุ้มในอนุภาคไคโตซาน และอนุภาคพอลิแลคติก แอซิด รวมทั้งการศึกษารูปร่าง ขนาด และความเสถียรทางความร้อนของอนุภาคห่อหุ้มซีแซนทินที่ได้ จากผลการทดลองพบว่าอนุภาคไคโตซานสามารถห่อหุ้มซีแซนทินด้วยวิธีอีมีลชัน 1.075% เมื่ออัตราส่วนของไคโตซานต่อซีแซนทินมาตรฐานเท่ากับ 1:0.6 และความเข้มข้นของสารละลายไตรฟอสเฟตเป็น 2% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรอนุภาคห่อหุ้มมีรูปร่างเป็นทรงกลมมีขนาดประมาณ 30-48 นาโนเมตร และสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าซีแซนทินอิสระเล็กน้อย อนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์มีลักษณะเป็นผงละเอียดมีขนาดอยู่ในช่วง 22-42 นาโนเมตร เมื่อวัดด้วยเทคนิค TEM และมีขนาด 5,445-10,100 นาโนเมตร เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค ความจุในการกักเก็บแซนโทฟิลล์ (%LC) และประสิทธิภาพในการเก็บกักแซนโทฟิลล์ พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของพอลิแลคติกแอซิดต่อแซนโทฟิลล์ที่ให้ค่า %LC และ %EE สูงที่สุด คือ 1:1.0 และ 1:5.0 จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของอนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ พบว่า มีลักษณะการสลายตัวแบบ 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ขั้นตอนที่สองเกิดที่อุณหภูมิ 240.7-243.8°C ขั้นตอนที่สามเกิดที่อุณหภูมิ 348.3-370.4°C การตรวจสอบปริมาณการสลายตัวทางความร้อนของอนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ พบว่า อนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มแซนโทฟิลล์มีปริมาณการสลายตัว 12.47-26.01% และ 24.26-38.14% ในขั้นตอนแรก และ ในขั้นตอนที่ 2 ตามลำดับ ส่วนอนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ที่มีอัตราส่วนของพอลิแลคติกแอซิดต่อแซนโทฟิลล์ 1:1.0 1:1.5 1:2.0 และ 1:5.0 มีปริมาณการสลายตัวประมาณ 10.52-25.69% ที่อุณหภูมิ 598°C ขณะที่แซนโทฟิลล์อิสระมีปริมาณการสลายตัว 98.64% อนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองและอนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 5 เดือน และไม่น้อยกว่า 12 เดือน ตามลำดับเมื่อบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอลูมิเนียมฟอยล์

คำสำคัญ: ดอกดาวเรือง ซีแซนทิน การห่อหุ้ม ไคโตซาน พอลิแลคติก แอซิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Encapsulation of zeaxanthin from marigold flower with bio-particle chitosan and polylactid acid

Researcher: Asst. Prof. Nakanyapatthara Jinda , Ph.D.

Faculty: Prince of Chumphon Campus

Department: General Science **Division:** Biotechnology

ABSTRACT

The objective of this research is the studying of zeaxanthin encapsulation with chitosan and polylactic acid (PLA) by emulsion method. The encapsulation efficiency, amount of encapsulated zeaxanthin in chitosan particles and PLA particles as well as shape, size and thermal stability of the encapsulated were evaluated. The results showed that, amount of zeaxanthin encapsulated with chitosan by the emulsion method is 1.075% (w/w) where the ratio of chitosan to standard zeaxanthin was 1: 0.6 and the concentration of tri-polyphosphate solution was 2% (w/v). The encapsulated chitosan particle was spherical shape, approximately 30-48 nm. Its temperature decompose was slightly higher than the free zeaxanthin. The encapsulated PLA particle particles was a fine powder size in the range of 22-42 nm when measured by TEM technique and 5,445-10,100 nm when measured by a particle size analyzer. The ratios of PLA to xanthophyll provided the highest load capacity (% LC) and the encapsulated (%EE) values are 1: 1.0 and 1: 5.0. The decomposition of encapsulated PLA particle of xanthophyll was found by 3-steps. The first step is at temperatures below 100°C. The second step occurs at 240.7-243.8°C and the third step occurs at 348.3-370.4°C. The thermal decomposition of the encapsulated PLA particles of xanthophyll revealed 12.47. -26.01% and 24.26-38.14% in the first step and in step 2, respectively. The encapsulated PLA particles in the ratios of PLA to xanthophyll 1:1.0, 1:1.5, 1:2.0 and 1:5.0 are decomposed 10.52-25.69% at 598°C while the free form was decomposed 98.64%. A shelf life of the encapsulated particles of marigold petals extract with chitosan and PLA kept in aluminum foil with vacuum sealing and stored under room temperature are less than 5 months and at least 12 months, respectively.

Keywords: Marigold flower, zeaxanthin, encapsulation, chitosan, polylactic acid.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย ขอขอบคุณน้องๆพนักงานวิทยาศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ได้การเอื้อเฟื้ออำนวยความสะดวกในการเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบเป็นอย่างดี ตลอดจนเพื่อนร่วมงานและน้องๆ พนักงาน เจ้าหน้าที่ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร ทุกท่านที่ได้เอื้อเฟื้อ ช่วยเหลือ และสนับสนุนการทำโครงการวิจัยนี้ให้ลุล่วงด้วยดี

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ในทำนองนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการทำโครงการวิจัยนี้

ผศ.ดร. ฌักญภัทร จินดา
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	v
สารบัญภาพ.....	vii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	2
1.5 คำสำคัญ.....	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....	3
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย.....	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	19
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	45
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย.....	46
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	54
ภาคผนวก ก การคำนวณปริมาณซีแทนทิน.....	55
ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบสมบัติสารสกัดดอกดาวเรืองด้วยการสแกนค่าดูดกลืนแสง.....	60
300-500 นาโนเมตร ด้วย UV-Vis spectrophotometer	
ภาคผนวก ค ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรืองที่สแกนในช่วงความยาวคลื่น.....	73
300-500 นาโนเมตร	
ภาคผนวก ง สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย.....	78
ประวัตินักวิจัย.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ชนิดและปริมาณรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทิน โดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำร่วมกับการครอสลิงแบบอ็อกซิเจน	15
3.2 ชนิดและปริมาณรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดห่อหุ้มซีแซนทิน โดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ	16
4.1 ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟของค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองอัตราส่วนกลีบดอกดาวเรืองต่อตัวทำละลาย = 1:1 และสารละลายมาตรฐานซีแซนทิน	22
4.2 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคโคโตซานและอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)	26
4.3 ประจุและขนาดเฉลี่ยของอนุภาคโคโตซานและอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ครอสลิงด้วย TPP 2.0% (w/v) ที่วัดด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค	29
4.4 อัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} (I2923) และ 1641 cm^{-1} (I1641) ต่อความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} (I967)	34
4.5 ปริมาณการสลายตัวทางความร้อนของอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองต่างๆ เมื่อ TPP 1.5% ด้วย Thermogravimetric analysis (TGA)	42
ก1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซานเมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และความเข้มข้นของ TPP 0.5%(w/w)	56
ก2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซานเมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และความเข้มข้นของ TPP 1.0%(w/w)	57
ก3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซานเมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และความเข้มข้นของ TPP 2.0%(w/w)	58
ก4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีแซนทินมาตรฐานและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 449 นาโนเมตร	59
ข1 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “นารายณ์ ออเรนจ์ 1:1” (Sample 019)	60
ข2 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “นารายณ์ 1:1 เจือจาง 50%” (Sample 027)	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข3 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “อินคา ดีพ ออเรนจ์ 1:1” (Sample 011)	63
ข4 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “อินคา ดีพ ออเรนจ์ 1:1 เจือจาง 50%” (Sample 022)	64
ข5 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “มูน ดีพ ออเรนจ์ 1:1” (Sample 021)	65
ข6 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “มูน ดีพ ออเรนจ์ 1:1เจือจาง 50%” (Sample 031)	67
ข7 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “ศรีสยาม 1:1” (Sample 014)	69
ข8 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “ศรีสยาม 1:1 เจือจาง 50%” (Sample 025)	70
ข9 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนความเข้มข้น 0.02 mg/ml (Sample 033)	72

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ ซีแซนทีน (zeaxanthin) และลูทีน (lutein)	3
2.2 โครงสร้างทางเคมีของโคติน	7
2.3 โครงสร้างทางเคมีของโคโตซาน	7
2.4 อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion)	9
2.5 การครอสลิงค์ระหว่างโคโตซานและโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต	10
4.1 อนุภาคโคโตแซนทีนที่ได้จากการเตรียมโดยวิธีอิมัลชันของน้ำมันมะพร้าว (a) น้ำมันปาล์ม (b) และน้ำมันถั่วเหลือง (c) แบบครอสลิงค์ด้วย TPP	23
4.2 รูปร่างและขนาดของอนุภาคโคโตซานที่เตรียมได้จากอิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลือง แบบครอสลิงค์แบบออนิกด้วยสารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0%(w/v) ภายใต้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า	24
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและความยาวคลื่นของสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนและ อนุภาคสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ห่อหุ้มด้วยอนุภาคโคโตซานในตัวทำละลายเอทานอล(a) และกราฟมาตรฐานของสารละลายซีแซนทีนที่ความยาวคลื่น 449 นาโนเมตร (b)	25
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง และความเข้มข้นของ TPP ต่อขนาดอนุภาคที่มีต่อขนาดของอนุภาคห่อหุ้ม	26
4.5 รูปร่างและขนาดของอนุภาคโคโตซาน (a) อนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทีน เมื่ออัตราส่วน โคโตซานต่อซีแซนทีนเป็น 1:0.6 (b), 1:1.0 (c) 1:1.9 (d) 1:5.6(e) และ 1: 9.4 (f)ความเข้มข้น ของTPPเป็น 0.5% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า	27
4.6 รูปร่างและขนาด ของอนุภาคโคโตซาน (a) อนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทีนเมื่ออัตราส่วน โคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เป็น 1:3 (b) 1:6 (c) และ 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ 1: 9.4 (f) ความเข้มข้นของ TPP 1.5% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง ผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า	28
4.7 รูปร่างและขนาด ของอนุภาคโคโตซาน (a) อนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทีนเมื่ออัตราส่วน โคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เป็น 1:3 (b) 1:6 (c) 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ 1: 9.4 (f) ความเข้มข้นของ TPP 2.0% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง ผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 FTIR-spectra ของโคโตซาน(a) โซเดียมไทรพอลิฟอสเฟต (TPP)(b) และ ซีแซนทินมาตรฐาน (c)	30
4.9 โครงสร้างทางเคมีของโคโตซาน (a) (Nilsen-Nygaard et al., 2015) โซเดียมไทรพอลิฟอสเฟต (b) (Fahim at al, 2013) และ ซีแซนทิน (c) (Arunkumar and Yogamoorthi, 2014)	31
4.10 FTIR-spectra ของอนุภาคโคโตซาน (a) และอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้ TPP ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ในการก่ออนุภาค เมื่อผันแปรอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานต่อปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:3 (b) 1:6 (c) 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ 1: 9.4 (f)	32
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm ⁻¹ (I2923) ต่อความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm ⁻¹ (I967) และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้สารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0% (a), 1.5% (b) และ 2.0% (c)	33
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 1641 cm ⁻¹ (I1641) ต่อความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm ⁻¹ (I967) และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้สารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0% (a), 1.5% (b) และ 2.0% (c)	33
4.13 การแยกชั้นของอิมัลชันของ PLA และ สารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ละลายในน้ำมันถั่วเหลือง (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PLAและ สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง = 1: 0.5) หลังการเติมสารละลาย TPP	35
4.14 อนุภาคพอลิแลคติก แอซิด (a) และ อนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (b)	36
4.15 อนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 ก่อนระเหยคลอโรฟอร์ม (a) และหลังระเหย คลอโรฟอร์ม (b) เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000X	37
4.16 พื้นผิวของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 หลังระเหยคลอโรฟอร์ม ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.17 เทอร์โมแกรม DTG ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (a) ของอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:1.9 และ TPP ความเข้มข้น 1.5%(w/v) และ ของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:0.6 ของ TPP เป็น 0.5% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า	39
4.18 การเปลี่ยนแปลงของค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-600 นาโนเมตรของซีแซนทีนในตัวทำละลายซีเตรตบัฟเฟอร์ (a) สารละลาย PSB บัฟเฟอร์ (b) และ สารละลาย Tris buffer (c)	41
4.19 ปริมาณซีแซนทีนสะสมในสารตัวกลางเอทานอลของอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักไคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:5.6 ที่ใช้สารละลาย TPP 1.5% (a) และ 2.0% (b)	41
4.20 ค่า O.D. ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ปลดปล่อยปลดปล่อยออกจากอนุภาคห่อหุ้มด้วยไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิดในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง	43
4.21 ค่า O.D. ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ปลดปล่อยออกจากอนุภาคห่อหุ้มด้วยไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	44
6.1 Proceeding book และ บทความย่อในนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ เรื่อง Encapsulations of Marigold Extract and Their Properties ในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 1 st International Conference on Natural Medicine: From Local Wisdom to International Research ระหว่างวันที่ 5-6 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร	46
6.2 แสดงผลิตภัณฑ์จากผลงานวิจัยในรูปนิทรรศการ ในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBESTครั้งที่ 3 ในระหว่างวันที่ 24 – 25 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรม Loft mania Boutique Hotel อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร	47
6.3 การอบรมอบรมถ่ายทอดการประยุกต์ใช้อนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในผลิตภัณฑ์สบู่และ โลชั่น ในการอบรมถ่ายทอดการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและการแปรรูป เมื่อ 22-23 กันยายน 2561	48
g1 กราฟมาตรฐานสำหรับคำนวณปริมาณซีแซนทีนในตัวอย่าง	59

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค1 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีเหลือง “ศรีสยาม 1:1”	73
ค2 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีเหลือง “ศรีสยาม 1:1” เจือจาง 50%	73
ค3 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีส้ม “นารายณ์ 1:1”	74
ค4 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีส้ม “นารายณ์ 1:1” เจือจาง 50%	74
ค5 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “อินคา ดีพ ออเรนจ์ 1:1”	75
ค6 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “อินคา ดีพ ออเรนจ์ 1:1” เจือจาง 50%	75
ค7 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “มูน ดีพ ออเรนจ์ 1:1”	76
ค8 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “มูน ดีพ ออเรนจ์ 1:1” เจือจาง 50%	76
ค9 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนความเข้มข้น 0.02 mg/ml	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ซีแซนทิน (Zeaxanthin) เป็นสารสำคัญทางชีวภาพในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่พืชสังเคราะห์ได้และสะสมไว้ที่ใบ ดอก ผล และ senescent leave ซีแซนทินเป็นองค์ประกอบสำคัญในจอตา (retina) โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่า macular ซึ่งเป็นชั้นของเม็ดสี ทำหน้าที่กรองแสงที่จะผ่านเข้าสู่จอตาและช่วยลดการสะท้อนของแสง ป้องกันรังสีจากแสงแดดที่เป็นอันตรายต่อดวงตา ทำให้มีสมบัติช่วยป้องกันโรคหลายชนิด อาทิเช่น โรคต้อกระจก โรคจอรับภาพเสื่อม โรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสารที่เหมาะสมกับผู้ใช้สายตามาก ผู้สูงอายุ ผู้ที่ทำงานอยู่หน้าจอกอมพิวเตอร์ หรืออยู่กับแสงสว่างจ้า กลางแดด ผู้ที่ต้องขับรถกลางคืนบ่อยๆ ผู้ที่โดนแฟลช ดูโทรทัศน์มากและนาน ผู้ป่วยเบาหวาน โรคหัวใจ รวมทั้งมะเร็งเต้านม ช่วยบำรุงสุขภาพดวงตาโดยการลดอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องจอตาจากการถูกทำลายโดยแสงสีฟ้า และแสงใกล้อัลตราไวโอเล็ต (ophthalmoprotective) เช่น แสงจากจอกอมพิวเตอร์

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่เป็นอนุพันธ์ของไคตินซึ่งสกัดได้จากของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลจำพวกเปลือกกุ้ง กระจดองปู กระจดองปลาหมึก ไคโตซานมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เตรียมเป็นสารห่อหุ้ม กักเก็บและเป็นสารนำพาสารสำคัญทางชีวภาพ ได้แก่คุณสมบัติที่สามารถเข้ากันได้กับเซลล์สิ่งมีชีวิต (biocompatible) สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) ไม่มีพิษ (non-toxic) และ ง่ายต่อการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม เจล บีดส์ และอนุภาคได้ ในปัจจุบันมีการนำไคติน-ไคโตซานมาประยุกต์ใช้จริงในเชิงพาณิชย์ทั้งในภาคอุตสาหกรรมอาหาร กิ่งอาหาร เกษตรกรรม การแพทย์ อุตสาหกรรมคอสเมติกส์ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

ในอุตสาหกรรมทางเภสัชกรรมและสารเสริมอาหาร ไคโตซานถูกนำไปใช้เป็นสารห่อหุ้มสารว่องไว (active compound) หลายชนิดเช่นวิตามินซี แกมมาออไรซานอล (γ -oryzanol) และกรดแอลฟา-ลิโปอิก (α -lipoic acid) อินซูลิน (Insulin) เป็นต้น เพื่อให้สารดังกล่าวมีความเสถียรมากขึ้นและให้การปลดปล่อยหรือการออกฤทธิ์เป็นแบบควบคุม

พอลิแลคติก แอซิด (Polylactic acid) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีคุณสมบัติที่สามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อและเซลล์ และมีความสามารถดูดซับ (bio-absorbable) ได้ในระบบชีวภาพ (biological system) ในร่างกาย ปัจจุบันมีการศึกษาการห่อหุ้มสารสำคัญโดยนำพอลิแลคติก แอซิด ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงไปใช้เป็นสารห่อหุ้มทางชีวภาพเพื่อรักษาและควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น การห่อหุ้มสารสำคัญ Asiatic acid และ Asiaticocide ของใบบัวบก

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการห่อหุ้มซีแซนทินด้วยไคโตซาน และพอลิแลคติกแอซิดโดยวิธีอิมัลชัน และศึกษาประสิทธิภาพในการห่อหุ้ม ปริมาณซีแซนทินที่ถูกห่อหุ้มในอนุภาคไคโตซานและอนุภาคพอลิแลคติก แอซิด รวมทั้งการศึกษารูปร่าง ขนาด และความเสถียรทางความร้อนของอนุภาคห่อหุ้มซีแซนทินที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อห่อหุ้มซีแซนทีน จากดอกดาวเรืองด้วยอนุภาคไคโตซานและพอลิแลคติก แอซิด เพื่อรักษา ประสิทธิภาพและควบคุมการปลดปล่อยสาร

1.2.2 เพื่อรักษากิจกรรมชีวภาพและเพิ่มความเสถียรภาพทางความร้อนของซีแซนทีน

1.2.3 เพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ซีแซนทีนจากดอกดาวเรืองอันเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจของประเทศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

เตรียมอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มซีแซนทีน และเตรียมอนุภาคพอลิแลคติก แอซิด ห่อหุ้มซีแซนทีน โดยวิธีอิมัลชัน โดยพิจารณาจากความสำเร็จในการห่อหุ้ม และตรวจวัดปริมาณของซีแซนทีนในอนุภาคห่อหุ้ม ศึกษาลักษณะ ขนาด รูปร่างของอนุภาคห่อหุ้มซีแซนทีนด้วย Transmission electron microscopy (TEM) ศึกษาความเสถียรทางความร้อนของอนุภาคซีแซนทีนที่ห่อหุ้มได้ด้วย Thermogravimetric analysis (TGA) ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของอนุภาคซีแซนทีนที่ห่อหุ้มได้ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) และ ศึกษาการปลดปล่อยซีแซนทีนที่ถูกกักเก็บในอนุภาคที่ถูกห่อหุ้ม

1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ซีแซนทีน (Zeaxanthin) เป็นสารประกอบชีวภาพที่เสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสความร้อน ออกซิเจน ในอากาศ และแสง อันทำให้มีประสิทธิพลดลง การห่อหุ้มซีแซนทีนไว้ในอนุภาคไคโตซาน หรืออนุภาคพอลิแลคติกแอซิดไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มความเสถียรภาพทางความร้อนให้กับซีแซนทีน แต่ยังให้เกิดการปลดปล่อย แบบควบคุมซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานของซีแซนทีนยาวนานขึ้นด้วย

1.5 คำสำคัญ

ดอกดาวเรือง ซีแซนทีน การห่อหุ้ม ไคโตซาน พอลิแลคติก แอซิด

Marigold flower, zeaxanthin, encapsulation, chitosan, polylactic acid

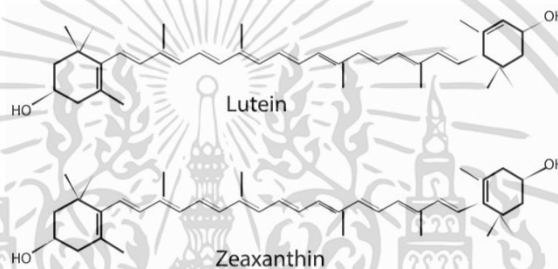
บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ซีแซนทีน (zeaxanthin)

ซีแซนทีน คือ รงควัตถุหรือสารสี (pigment) ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) แต่มีสมบัติแตกต่างจากแคโรทีนอยด์ชนิดอื่น คือไม่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ (vitamin A) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในจอตา มีประโยชน์ในการป้องกันและรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับ สายตา

ซีแซนทีน (zeaxanthin) และลูทีน (lutein) เป็นไอโซเมอร์ (isomer) กัน โครงสร้างมีความแตกต่างกันที่ตำแหน่งพันธะคู่ ตำแหน่งหนึ่งที่อยู่แหวนด้านปลาย ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ ซีแซนทีน (zeaxanthin) และลูทีน (lutein)
ที่มา: Koushan et al. (2013)

ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ซีแซนทีนได้ ผัก ผลไม้ เช่น ผักโขม ปวยเล้ง ข้าวโพด ปาปริก้า (paprika) ไข่แดง สาหร่ายสไปรูลิน่า (spirulina) ผัก และผลไม้ที่มีสีส้ม สีเหลือง และสีแดง เช่น ส้ม พักข้าว มีซีแซนทีนในปริมาณมาก ซีแซนทีนถูกนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร เพื่อเป็นสารให้สี (coloring agent) และสารเสริมอาหารที่สำคัญสำหรับดูแลดวงตาของมนุษย์

ซีแซนทีน เป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็น functional food ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในจอตา (retina) โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่า macular ซึ่งเป็นชั้นของเม็ดสี ทำหน้าที่กรองแสงที่จะผ่านเข้าสู่จอตาและช่วยลดการสะท้อนของแสง ป้องกันรังสีจากแสงแดดที่เป็นอันตรายต่อดวงตา ทำให้มีสมบัติช่วยป้องกันโรคหลายชนิด อาทิเช่น โรคต้อกระจก โรคจอรับภาพเสื่อม โรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสารที่เหมาะสมกับผู้ใช้สายตามาก ผู้สูงอายุ ผู้ที่ทำงานอยู่หน้าจอกอมพิวเตอร์ หรืออยู่กับแสงสว่างจ้า กลางแดด ผู้ที่ต้องขับรถกลางคืนบ่อยๆ ผู้ที่ได้รับแสงสว่างจ้า ดูโทรทัศน์มากและนาน ผู้ป่วยเบาหวาน โรคหัวใจ รวมทั้งมะเร็งเต้านม ช่วยบำรุงสุขภาพดวงตาโดยการลดอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องจอตาจากการถูกทำลายโดยแสงสีฟ้า และแสงใกล้ อัลตราไวโอเลต (ophthalmoprotective) เช่น แสงจากจอกอมพิวเตอร์ แสงจากดวงอาทิตย์ป้องกันการเกิดจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ (age-related macular degeneration; AMD) ซึ่งเป็นภาวะความเสื่อมที่เกิดขึ้นบริเวณ macula ของจอตา ถ้าชั้นเม็ดสีบริเวณนี้ถูกทำลายมากจะทำให้เกิดความเสียหายต่อส่วนที่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบโฆษณานี้ในอินเทอร์เน็ต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพได้ (photoreceptors) อาจส่งผลให้การรับภาพและการมองเห็นสูญเสียไป นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ทั่วร่างกาย

จากรายงานของ Kounshan et al. (2013) ระบุว่า ภายในดวงตามีสารประกอบ คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ลูทีน และ ซีแซนทีน ในความเข้มข้นสูง ซึ่งตรงกันข้ามกับเนื้อเยื่ออื่นๆของมนุษย์ บทบาทของลูทีนและซีแซนทีนคือ การป้องกันการเสียหายของดวงตาเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันและแสง ป้องกันการเสื่อมสภาพตามอายุของเซลล์และเนื้อเยื่อในดวงตา จากการวิจัยด้าน Epidemiologic แสดงให้เห็นว่าระดับของ ลูทีน และซีแซนทีนในเนื้อเยื่อดวงตามีความสัมพันธ์แบบผกผัน และอายุมีความสัมพันธ์กับโรคที่เกิดจากความเสื่อมถอยของดวงตา เช่น โรคจอประสาทตาเสื่อม (macular Degeneration; AMD) และ โรคต้อกระจก (cataracts) ขณะที่ แคโรทีนอยด์ทำหน้าที่เป็นตัวกั้น (blocker) แสงสีฟ้า และเป็นตัวจับอนุมูลอิสระ

2.2 ดาวเรือง (Marigold)

ดาวเรืองมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Tagetes erecta* L. หรือ *Calendula officinalis* เป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 0.5-4 ฟุต ใบเป็นใบประกอบ มีลักษณะยาวเรียวยาว ดอกมีลักษณะเป็นดอกประกอบด้วยดอกย่อยเล็กๆเป็นจำนวนมากอัดซ้อนกันแน่นอยู่บนฐานรองดอก ดอกมีสีเหลืองสด ส้ม ครีม และขาว มีตั้งแต่ขนาดเล็กคือ ประมาณ 1-4 นิ้ว และเมื่อตัดลำต้น กิ่งก้านหรือใบของดาวเรืองจะมีกลิ่นเหม็น ทำให้แมลงไม่ค่อยมารบกวน นอกจากนี้ภายในรากของดาวเรืองยังมีสาร α -terthienyl ซึ่งเป็นสารที่สามารถควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดินได้เป็นอย่างดี จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร (2547) ดาวเรืองที่ปลูกกันอยู่โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 ดาวเรืองอเมริกัน (American Marigolds) เป็นดาวเรืองที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของทวีปอเมริกา มีลำต้นสูงตั้งแต่ 10-40 นิ้ว ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และขาว กลีบดอกซ้อนกันแน่น ดอกมีขนาดใหญ่ประมาณ 3-4 นิ้ว ดาวเรืองชนิดนี้มีหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เดี่ยว สูงประมาณ 10-14 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ปาปาย่า (papaya) ไพน์แอปเปิล (pineapple) บัมพ์กิน (Pumpkin) เป็นต้น พันธุ์สูงปานกลาง สูงประมาณ 14-16 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์อะพอลโล (Apollo) ไวคิง (Ziking) มูนช็อต (Moonshot) เป็นต้น พันธุ์สูง สูงประมาณ 16-36 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Egle) ดับบลูน (Doubloun) ซอฟเวอร์เรน (Sovereign) เป็นต้น

2.2.2 ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigolds) ดาวเรืองฝรั่งเศสเป็นดาวเรืองต้นเล็ก เป็นพุ่มเตี้ย ๆ สูงประมาณ 6-12 นิ้ว ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง น้ำตาลอมแดง และสีแดง ดอกมีขนาดเล็กประมาณ 1.5 นิ้ว นิยมปลูกประดับในแปลงมากกว่าปลูกเพื่อตัดดอก เนื่องจากมีก้านดอกสั้น เป็นดาวเรืองที่สามารถนำไปใช้ลดปริมาณไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดอาการรากปมในรากพืชได้ ตัวอย่างดาวเรืองฝรั่งเศส ได้แก่ พันธุ์ดอกชั้นเดียว ดอกมีขนาด 1.5-2 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์เรด มาเรตต้า (Red Marietta) นอร์ท มาเรตต้า (Naughty Marietta) เอสปานา (España) ลีโอปาร์ด (Leopard) เป็นต้น พันธุ์ดอกซ้อน ดอกมีขนาดตั้งแต่ 1.5-3 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ควีน โซเฟีย (Queen Sophia) สการ์เลต โซเฟีย (Scarlet Sophia) โกลเด้น เกต (Golden Gate) อินคา ดีพ ออเรนจ์ (Inka Deep Orange) และ มูนดีฟอเรนจ์ (Moon Deep Orange) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม (Mule Marigolds หรือ Afro American Marigolds) เป็นดาวเรืองลูกผสมระหว่างดาวเรืองอเมริกันและดาวเรืองฝรั่งเศส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำลักษณะความแข็งแรง มีดอกใหญ่ และมีกลีบซ้อนมากของดาวเรืองอเมริกัน รวมเข้ากับลักษณะต้นเตี้ยทรงพุ่มกะทัดรัดของดาวเรืองฝรั่งเศส ดาวเรืองลูกผสมให้ดอกเร็วมาก คือเพียง 5 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด ดอกมีขนาด 2-3 นิ้ว ดอกดกและอยู่กับต้นได้ดี ดาวเรืองชนิดนี้มีชื่อเสียงก็คือเมล็ดจะลึบ ไม่สามารถนำมาเพาะให้เป็นต้นใหม่ได้จึงเรียกว่า ดาวเรืองล่อเมล็ดจึงมีราคาแพงมาก ดาวเรืองลูกผสมที่นิยมปลูกมีหลายพันธุ์ได้แก่พันธุ์นุกเก็ต (Nugget) ไฟร์เวิร์ก (Fireworks) เรด เซเวน สตาร์ (Red Sevenstar) โชว์โบ๊ต (Showboat) ศรีสยาม (Sri Siam) และ นารายณ์ ออเรนจ์ (Na Rai Orange)

แหล่งปลูกดาวเรืองที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดพะเยา ลำปาง นนทบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาคร อุตรดิตถ์ และกรุงเทพฯ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) พันธุ์ที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์ซอฟเวอร์เรน ดอกสีเหลือง กลีบดอกซ้อนกันแน่น ดอกมีขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร พันธุ์ทอริดอร์ ดอกสีส้ม ขนาดประมาณ 8.5-10 เซนติเมตร พันธุ์ดับเบิล อีเกิล ดอกสีเหลือง ขนาดประมาณ 8.5 เซนติเมตร และมีก้านดอกแข็ง และ พันธุ์ดาวเรืองเกษตร เป็นดาวเรืองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำเข้ามาทดลองปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่โครงการเกษตรที่สูงขึ้นได้ดีในสภาพของประเทศไทยและให้ผลผลิตสูงพอสมควรและได้คัดเลือกพันธุ์ไว้ได้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สีทองเบอร์ 1 และพันธุ์สีทองเบอร์ 4 เป็นพันธุ์ที่มีดอกสีเหลือง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์นุ่ พันธุ์บาบอด้า (Baboda) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ลูกผสมที่มีการผลิตต้นกล้าจำหน่ายเชิงพาณิชย์เพื่อเป็นอาหารสัตว์และเพื่อตัดดอก

สารสำคัญทางชีวภาพและกิจกรรมทางชีวภาพในดอกดาวเรืองมีหลายชนิดเช่น น้ำมันที่สกัดได้จากดาวเรืองประกอบด้วยกรดไขมันที่เป็น C18 conjugated tri-ene fatty acid (calendic acid) สูง 63% ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับที่มีใน tung oil ซึ่งแสดงว่าน้ำมันจากดาวเรืองเหมาะสำหรับการฟอร์มตัวเป็นแผ่นฟิล์มสำหรับเคลือบพื้นผิววัสดุ

Soliman and Badeaa (2002) พบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากดาวเรือง ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้หลายชนิด

น้ำมันหอมระเหย terpenoids ในสารสกัดดาวเรืองสามารถยับยั้งการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยเชื้อรา แบคทีเรีย และแมลงศัตรูพืช มีสมบัติต้าน anti-tumor ช่วยขับไล่มูขี้แห้ง นอกจากนี้ดาวเรืองยังสามารถใช้เป็นสีธรรมชาติ เนื่องจากมีสารประกอบประเภท Flavonoids โดยเฉพาะในกลีบดอกมีถึง 9-22% และมี แคโรทีนอยด์สูงถึง 27% (Vasudevan et al., 1997)

สาร xanthophyll จากดาวเรืองมีสมบัติเป็น antimutagenicity ต่อ 1-NP mutagenicity นอกจากนี้ Zitterl-Eglseer et al. (1997) ยังพบว่า triterpendiol esters จากดาวเรือง มีคุณสมบัติเป็น anti-oedematous อีกด้วย (González de Mejía et al., 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเรืองเป็นแหล่งสำคัญแหล่งหนึ่งของ Lutein และ zeaxanthin ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) โดยมีสูงถึง 86% (Kruger et al., 2002; Breithaupt et al., 2002a,b) และเป็น antioxidant ได้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง (Chaparzadeh et al., 2004) นอกจากนี้ในดาวเรืองยังมีสาร faradiol 3-O-laurate, palmitate และ myristate ซึ่งเป็นสารประกอบประเภท triterpenoid esters สูงถึง 96-98% สารเหล่านี้มีสมบัติเป็น anti-inflammatory และถูกนำไปใช้เป็นยารักษาแผลไฟไหม้ได้ (Hamburger et al. (2003)

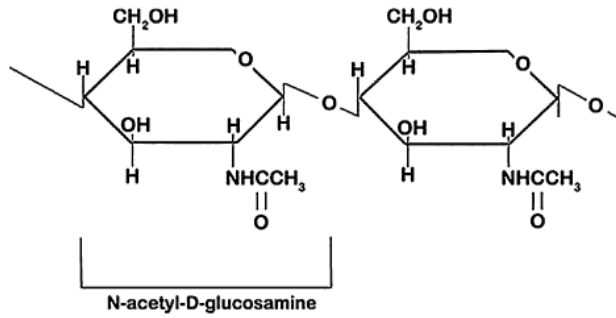
การสกัดสารสำคัญทางชีวภาพจากดาวเรืองด้วยวิธีต่างๆ เช่น เทคนิคการสกัดแคโรทีนอยด์จากดอกดาวเรืองสดโดยใช้เอนไซม์ผสม cellulase, hemicellulase และ pectinase และศึกษาไอโซเมอร์ของ lutein ที่สกัดได้ (Delgado-Vargas and Paredes-López, 1997a,b) การใช้เอนไซม์ผสมหลายชนิดได้แก่ เอนไซม์ pectinase, protease, Colorase, Neutrase และ hemicellulase ย่อยสลายโครงสร้างผนังเซลล์ของเซลล์กลีบดอกดาวเรืองก่อนการสกัดด้วย hexane เพื่อศึกษาจลนศาสตร์ของการสกัดแคโรทีนอยด์ (Barzana et al., 2002) เช่นเดียวกับการใช้เอนไซม์ไลเปสและจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ไลเปสย่อยสลาย carotenoid esters ของดอกดาวเรืองใน submerge reactor (Zorn et al., 2003) การใช้เอนไซม์เซลลูเลสและจุลินทรีย์ชนิดต่างๆย่อยสลายผนังเซลล์ของดาวเรืองก่อนการสกัดแซนโทฟิลล์ ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Navarrete-Bolaños et al., 2004a,b; 2003)

2.3 ไคตินและไคโตซาน (Chitin and Chitosan)

ไคติน (chitin) หรือ poly [β -(1 \rightarrow 4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นสารประกอบชีวภาพในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างเป็นเส้นใย (ภาพที่ 2.2) พบได้ในเปลือกของแมลงและสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทมีข้อและปล้อง เช่น กุ้ง ปู และแกนปลาหมึก และในผนังของจุลินทรีย์เช่นเห็ด รา (Mourya and Inarmdar, 2008; Wang et al., 2008) ไคตินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่ถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและในร่างกายสิ่งมีชีวิต ดังนั้นไคตินจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นผลึกแข็งแรง จึงไม่สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้

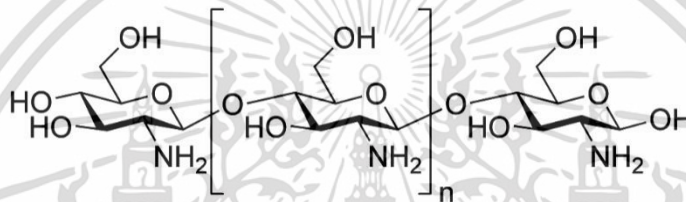
ไคตินมีการจัดเรียงตัว 3 ลักษณะ คือ แอลฟาไคติน (α -chitin) พบในเปลือกกุ้งและเปลือกปู เบต้าไคติน (β -chitin) พบในแกนปลาหมึก และ แกมมาไคติน (γ -chitin) พบในผนังเห็ด รา ดังภาพที่ 2.2 (Nagahama et al., 2008)

ไคโตซาน (Chitosan) มีชื่อทางเคมีว่า Poly[β 1 \rightarrow 4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose) ดังภาพที่ 2.3 เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคติน โดยมีระดับของการถอดหมู่อะซิติล (degree of deacetylation) อยู่ระหว่าง 48-98% (Mourya and Inamdar, 2008) และมีสมบัติสามารถละลายได้ในกรดอ่อน



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของโคติน

ที่มา: Ering et al. (2012)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของโคโตซาน

ที่มา: Ering et al. (2012)

ทั้งโคตินและโคโตซาน เป็นโคพอลิเมอร์ที่อยู่ร่วมกันในธรรมชาติ มีสมบัติพื้นฐานที่เข้ากันได้กับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (biocompatible) ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (biodegradable) ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีการนำโคตินและโคโตซานมาประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรม การเกษตร (Cho et al., 2008) การปศุสัตว์ (Beverly et al., 2008) อาหาร (Klinkesorn et al., 2005) การแพทย์ (Nagahama et al., 2008) และเภสัชกรรม (Meanwell and Shama, 2008)

2.4 พอลิแลคติก แอซิด (Polylactic acid, PLA)

พอลิแลคติก แอซิด เป็นพอลิเอสเทอร์แบบโซ่สายตรง สังเคราะห์จากกรดแลคติก (lactic acid) หรือกรดแลคไทด์ (lactide) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนได้เช่นมันสำปะหลัง (<http://www/thaibioplast.com/doc/chapter3.doc>, 14 June 2014) พอลิแลคติก แอซิดมีลักษณะใส มีความแวววาวสูง สามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับพอลิเมอร์พื้นฐานทั่วไปที่มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก สามารถกักเก็บกลิ่นและรสชาติได้ดี มีความต้านทานต่อน้ำมันและไขมันสูง แต่มีความคงทนต่อการกระแทก (Impact strength) ต่ำ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเมอร์โวนิลคลอไรด์ที่ไม่มีการเติมสารเสริมสร้างพลาสติก มีความแข็งแรง ความคงทนต่อการกระแทกและความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนเทเลฟาทาเลท และพอลิสไตรีน สามารถนำไปดัดแปรให้มีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนหรือโพรพิลีนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิแลคติก แอซิดเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ดีในโรงหมักขยะอินทรีย์ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่ย่อยสลายทันทีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพอลิแลคติก แอซิดมีอุณหภูมิคล้ายแก้ว (T_g) ใกล้เคียง 60 องศาเซลเซียส มีการนำพอลิแลคติก แอซิดไปประยุกต์ใช้และเพิ่มมูลค่าในด้านต่างๆหลายด้านเช่น

-ด้านการแพทย์ เนื่องจากพอลิแลคติก แอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จึงสามารถถูกดูดซึมได้โดยระบบชีวภาพในร่างกาย จึงมีการนำพอลิแลคติก แอซิดมาผลิตเส้นไหมเย็บแผล (sutures) อุปกรณ์ฝังในร่างกาย (surgical implants) อุปกรณ์สำหรับยึดกระดูก (orthopedic fixation devices) วัสดุสำหรับนำพาหรือปลดปล่อยตัวยาซึ่งสามารถควบคุมอัตราและระยะเวลาในการปลดปล่อยยาหรือสารสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ

-ด้านการเกษตร มีการนำพอลิแลคติก แอซิดไปผลิตภาชนะปลูกพืช วัสดุห่อหุ้มและปลดปล่อยยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืชรหรือปุ๋ยตามช่วงเวลาที่กำหนด วัสดุคลุมดิน

-ด้านบรรจุภัณฑ์เช่น บรรจุภัณฑ์ประเภทใช้แล้วทิ้ง ภาชนะบรรจุอาหาร ขวดน้ำ ถุงพลาสติก กล่องโฟม พลาสติกสำหรับหีบห่อ เม็ดโฟมกันกระแทก ใช้เป็นสารเคลือบภาชนะกระดาษ

-ด้านสิ่งทอ ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อเนกประสงค์ ผ้าอ้อมสำเร็จรูป เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม เส้นใยสำหรับการบรรจุในเครื่องนอน

-ด้านยานยนต์ เช่นอุปกรณ์ลดแรงกระแทก (bumpers) แผ่นรองพื้น (floor mats) และอุปกรณ์ตกแต่งภายใน และการใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์ การสื่อสารเช่น ชิ้นส่วนประกอบในโทรศัพท์เคลื่อนที่ สมาร์ทโฟน ชิ้นส่วนประกอบในคอมพิวเตอร์ แผ่นซีดี เป็นต้น

การห่อหุ้มและการควบคุมการปลดปล่อยสารด้วยพอลิแลคติก แอซิด ก่อนหน้านี้ การห่อหุ้มสารสำคัญทางชีวภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของสารสำคัญจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ต่อมาเมื่อนำพอลิเมอร์ชีวภาพและพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้เช่น พอลิแลคติก แอซิด โคพอลิเมอร์พอลิแลคติก แอซิด เช่น พอลิแลคติกโคไกลโกลิกแอซิด (polylactic-co-glycolic acid) มาใช้ในการนำส่งยา (Wischke and Schwendeman, 2008) ปัจจุบันมีการนำพอลิเมอร์ดังกล่าวมาใช้ในการห่อหุ้มและการควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญทางชีวภาพมากยิ่งขึ้น

2.5 การห่อหุ้มหรือการกักเก็บสารสำคัญด้วยเทคนิคอิมัลชัน

(Bioactive compound encapsulation by emulsion technique)

2.5.1 การห่อหุ้มหรือการกักเก็บสาร (Encapsulation)

การห่อหุ้มหรือการกักเก็บสารสำคัญในอนุภาคพอลิเมอร์ ด้วยเทคนิคนาโน/ไมโครเอ็นแคปซูลชัน (nano/micro encapsulation) เป็นการห่อหุ้มสารสำคัญที่ไวต่อการเสื่อมสลายหรือสารสำคัญที่มีกิจกรรมทางชีวภาพไว้ในฟิล์ม ซึ่งปกติเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างต่ำ เช่นเทคนิคการห่อหุ้มด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย ของ Weerakody et al. (2008) การทำแห้งเยือกแข็ง (freeze drying) ของ Sowasod et al. (2005) หรือด้วยเทคนิคอิมัลชันของ Higuera-Ciapara et al. (2004) เทคนิคนาโน/ไมโครเอ็นแคปซูลชัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นเป็นเทคนิคที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร (Homayouni et al., 2008) เกสซ์กรรม (Yoo et al., 2005) และเครื่องสำอาง (Kasting et al., 2008) สำหรับการใส่โคโตซานเป็นสารห่อหุ้มสารสำคัญทางชีวภาพนิยมใช้เพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารอย่างช้าๆ เทคนิคที่ใช้สำหรับการห่อหุ้มด้วยโคโตซาน เช่น เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Weeraody et al., 2008) เทคนิคเอ็กทรูชัน (Anjani et al., 2007) เทคนิคโคอะ-เซอเวชัน (coacervation) (Huang et al., 2007) และ การทำแห้งเยือกแข็ง (Heinzalman et al., 2000) และอิมัลชัน (Higuera-Ciapara et al., 2004)

2.5.2 อิมัลชัน (Emulsion)

อิมัลชันเป็นการกระจายตัวของหยดของเหลวชนิดในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง โดยของเหลวทั้งสองชนิดไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน อิมัลชันมี 2 ชนิดได้แก่ อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion, o/w) และอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion, w/o) การเตรียมอิมัลชันที่นิยมกันอย่างแพร่หลายคือ การทำให้ของเหลวทั้งสองชนิดกระจายตัวโดยอาศัยแรงกลเช่น การกวนด้วยความเร็วสูง และการใช้อัลตราโซนิก การเตรียมอนุภาคห่อหุ้มด้วยอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำจะได้ระบบอิมัลชันที่มีสารละลายพอลิเมอร์เป็นเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) และ สารสำคัญที่ละลายในน้ำมันเป็นเฟสกระจาย (dispersed phase) ดังภาพที่ 2.4

Continuous phase (chitosan solution)



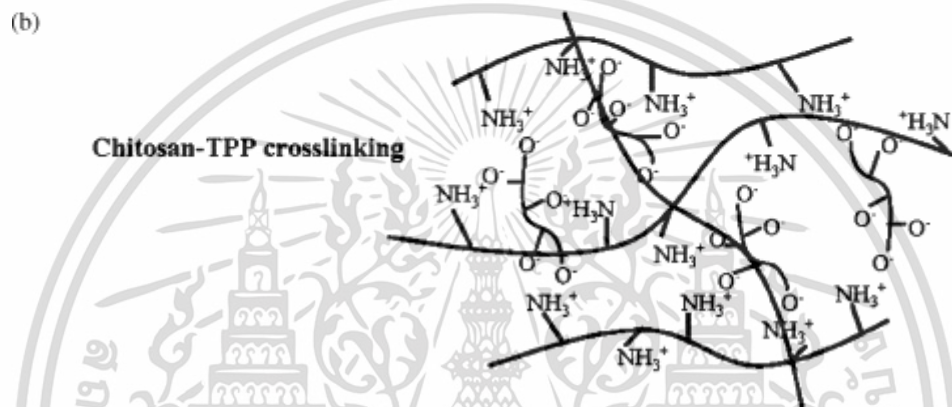
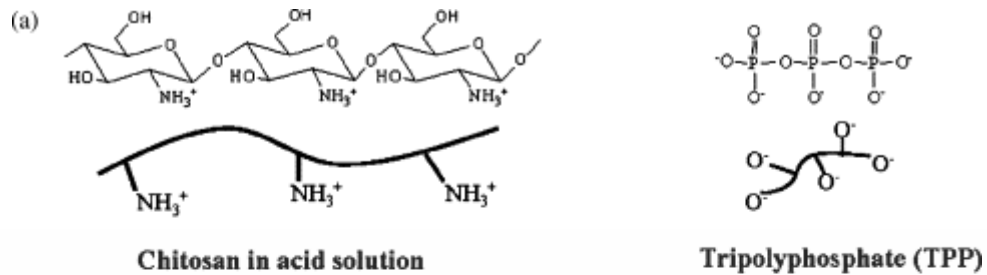
Dispersed phase (bioactive compound in oil)

ภาพที่ 2.4 อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion)

การครอสลิงค์เป็นการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลที่มีประจุบวกและโมเลกุลที่มีประจุลบ ส่งผลให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลของสายโซ่พอลิเมอร์ และพอลิเมอร์ที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น การครอสลิงค์แบบอไอออนระหว่างอนุภาคโคโตซานและโซเดียมไทรพอลิฟอสเฟตนั้นจะเกิดที่ตำแหน่ง NH_3^+ ของโคโตซาน และ O^- ของโซเดียมไทรพอลิฟอสเฟต (Ko et al., 2002) ดังภาพที่ 2.5 ซึ่งระดับของความเป็นประจุลบของโซเดียมไทรพอลิฟอสเฟตขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายโซเดียมไทรพอลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสเฟต เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตลดลงจะทำให้การครอสลิงค์เพิ่มขึ้น โดยทั่วไป



ภาพที่ 2.5 การครอสลิงค์ระหว่างไคโตซานและโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต
ที่มา: Hsieh et al. (2008)

สารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.9 สามารถแตกตัวให้ OH^- , HPO_3^{4-} , และ PO_3^{5-} โดย OH^- ที่เกิดขึ้นจะไปขัดขวางการครอสลิงค์ระหว่างไคโตซานและโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต แต่ถ้าสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงที่เป็นกรดจะมีเพียง PO_3^{5-} เท่านั้น

ตัวอย่างการครอสลิงค์แบบอไอออนิกระหว่างไคโตซานและโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตด้วยเทคนิคต่างเช่น การห่อหุ้ม acyclovir ด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างพอลิเมอร์กับ acyclovir ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของอนุภาค (Stulzer et al., 2008) และการห่อหุ้มแอสไพริน (aspirin) และ โพรบูคอลล (probuco) ด้วยเทคนิคอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 สารเคมี

- 3.1.1 chitosan MW=100,000-300,000 (Acros Oraganics, USA)
- 3.1.2 Tween 60 (AR grade, Sigma Aldrich, France)
- 3.1.3 Tween 80 (AR grade, Sigma Aldrich, France)
- 3.1.4 Tween 80 (Commercial grade)
- 3.1.5 Span 60 (AR grade, Sigma, USA)
- 3.1.6 Span 60 (Commercial grade)
- 3.1.7 Sodium triphosphate pentabasic (TPP) (AR grade, Sigma Aldrich, Germany)
- 3.1.8 Ethanol 95% (AR grade, Merck, Germany)
- 3.1.9 Ethanol 95% (Cosmetic grade)
- 3.1.10 Acetone (AR grade, Merck, Germany)
- 3.1.11 Methanol (AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- 3.1.12 Chloroform (AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- 3.1.13 Acetic acid (AR grade, Merck, Germany)
- 3.1.14 Vinegar 5% (Food grade, Thailand)
- 3.1.15 Hydrochloric acid (AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- 3.1.16 Zeaxanthin (HPLC grade, Sigma Aldrich, USA)
- 3.1.17 Virgin coconut oil (Cosmetic grade, Thailand)
- 3.1.18 Rice bran oil (Food grade, Thailand)
- 3.1.19 Soy bean oil (Food grade, Thailand)
- 3.1.20 Polylactic acid (PLA), MW = 6,000 (Polymer Source Inc., Canada)
- 3.1.21 Tris-(Hydroxyl methyl)-amino methane (Sigma Aldrich, Switzerland)
- 3.1.22 Citric acid (Univar, Australia)
- 3.1.23 Potassium bromide (Univar, Australia)
- 3.1.24 Tri-sodium citrate (Univar, Australia)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.2.1 Homogenizer (Laboratory Series X10 , Ystral, Germany)
- 3.2.2 Hotplate stirrer (HTS-1003, LMS, Japan)
- 3.2.3 UV-vis spectrophotometer (LIBRA S70, BioChrom, United Kingdom)
- 3.2.4 pH meter (HI221, Hanna, Italy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 Vortex mixer (Vortex Mixer GENIE 2, model G560E, Scientific Industries, USA.)

3.2.6 Refrigerate centrifuge (6K15, Sigma, Germany)

3.2.7 Fourier transform onfrared soectrophotometer (Nexus 670 Nicolet, Thermal Fisher Science, USA.)

3.2.8 Thermogravimetric analyzer (Pyris1, Perkin Elmer, USA.)

3.2.9 Transmission electron microscope (Zero A H-7650, Hitachi Hi-Technologies corporation, Japan)

3.2.10 เครื่องแก้วสำหรับงานวิเคราะห์ (Pyrex, USA)

3.2.11 ตู้เย็น

3.3 การเตรียมสารสกัดดอกดาวเรือง

3.3.1 ดอกดาวเรือง

ดอกดาวเรืองที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 สายพันธุ์คือ ดาวเรืองลูกผสม 2 สายพันธุ์ได้แก่ ดาวเรืองสีเหลืองพันธุ์ศรีสยาม ดาวเรืองสีส้มพันธุ์นารายณ์ออเรนจ์ ดาวเรืองฝรั่งเศสสีส้ม 2 สายพันธุ์ได้แก่ มุนดีฟออเรนจ์ และ อินคาดีฟออเรนจ์ ซึ่งปลูก ณ แปลงปลูกดาวเรือง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร โดยมีลักษณะการปลูกในถุงเพาะชำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. บรรจุดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูง 30 ซม. ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์วันละ 2 ครั้ง ไม่ใช้ยาฆ่าแมลง และปุ๋ย หรือฮอร์โมนเร่งดอก

3.3.2 การตัดดอก

ทำการตัดดอกเมื่อดอกบานเต็มที่ในตอนเช้า โดยตัดให้มีก้านดอกยาวประมาณ 2 เท่าของขนาดดอก จากนั้นสะบัดดอกเพื่อให้เศษดิน ทราหยหลุดออกจากดอก แล้วบรรจุถุงพลาสติกเจาะรูเพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่มีฝนตกในขณะที่เก็บดอกหรือก่อนการเก็บดอก หลังจากเก็บดอกแล้ว นำมาจุ่มในน้ำสะอาดเพื่อให้เศษดินและทราหยหลุด จากนั้นสะบัดให้น้ำออกจากดอกให้มากที่สุด แล้วนำไปผึ่งลม โดยเป่าด้วยพัดลมให้ดอกแห้ง จึงจะบรรจุถุงพลาสติกเจาะรูเพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการ

3.3.3 การสกัดกลีบดอกดาวเรือง

การสกัดกลีบดอกดาวเรืองใช้วิธีการแช่ในตัวทำละลาย (Maceration) ตัวทำละลายที่ใช้คือ สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 47.5% (v/v) โดยแช่กลีบดอกดาวเรืองสด 2.0 กิโลกรัม ในตัวทำละลาย 2.0 ลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงจนกลีบดอกละเอียด จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่โดนแสงเป็นเวลา 3 เดือน

เมื่อครบ 3 เดือน จึงกรองแยกกากกลีบดอกดาวเรืองด้วยผ้าขาวบาง และนำส่วนที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเซนตริฟิว (centrifuge) ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที นำส่วนใสไปประเหยบนอ่างน้ำเดือด (water baht) ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง ขูดสารสกัดออกจากขวดแก้วแล้วบรรจุสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ได้ในขวดสีชา และเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปศึกษาในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รีเอเจนต์

3.4.1 สารละลาย 1% (v/v) acetic acid เตรียมโดยละลายกรดอะซิติกเข้มข้น (AR grade) 2.5 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 247.5 มิลลิลิตร

3.4.2 สารละลายไคโตซานเข้มข้น 1.2% (w/v) เตรียมโดย ละลายไคโตซาน 3.0 กรัมใน สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1%(v/v) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็ก หุ้มปากปิกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม และ ปิดทับอีกชั้นด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ กวนให้ไคโตซานละลายบน Hotplate stirrer ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเหียงแยกตะกอนไคโตซานที่ไม่ละลายด้วยเครื่องเซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บส่วนใส (Supernatant) ที่ได้ไปทำใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.4.3 สารละลาย 0.5% 1.0% และ 2% (w/v) Sodium triphosphate pentabasic (TPP) เตรียมโดย ละลาย TPP 5 10 และ 15 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ตามลำดับ กวนให้ TPP ละลาย จนกระทั่งสารละลายใส

3.4.4 สารละลาย 0.1% (v/v) tween 60 เตรียมโดย ละลาย Tween 60 1 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ตามลำดับ กวนให้ TPP ละลาย จนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

3.4.5 สารละลาย 0.2% และ 0.4% (w/v) Polylactic acid เตรียมโดย ละลาย PLA 0.4 และ 0.8 กรัม ในคลอโรฟอร์มปริมาตร 200 มิลลิลิตร ตามลำดับ กวนให้ PLA ละลาย จนกระทั่งสารละลายใส บรรจุในขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

3.5 การทดลอง

3.5.1 ศึกษาปริมาณซีแซนทีนในสารสกัดดอกดาวเรือง 4 สายพันธุ์

ละลายสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองทั้ง 4 สายพันธุ์ที่สกัดได้ จากวิธีในข้อ 3.3.3 จำนวน 0.1 กรัม ใน เอทานอล 95% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน กรองแยกตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1) นำส่วนที่กรองได้ไปประเมินปริมาณซีแซนทีนโดยการสแกนค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของซีแซนทีนมาตรฐาน จากนั้นจึงทำการ คัดเลือกสายพันธุ์ดอกดาวเรืองที่มีพื้นที่ได้กราฟในช่วงค่าดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับของซีแซนทีนมาตรฐานมากที่สุด

3.5.2 ศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดดอกดาวเรืองด้วยไคโตซานโดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำร่วมกับ การครอสลิงแบบอออนิก

เนื่องจากซีแซนทีนสามารถละลายในน้ำมันซึ่งเป็นเฟสที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic phase) จึงใช้น้ำมันพืชเป็นตัวทำละลาย ขณะที่อนุภาคไคโตซานที่ถูกใช้เป็นการห่อหุ้มเตรียมได้โดยการละลายไคโตซาน ซึ่งเป็นเฟสน้ำ (hydrophilic phase) ในสารละลายอะซิติกเข้มข้น 1% (v/v) ให้มีความเข้มข้นของไคโตซาน 1.2% (w/v) ดังนั้นอิมัลชันที่ใช้ในการทดลองนี้จึงเป็นแบบน้ำมันในน้ำ (oil in water; o/w) โดยมีสารลดแรงตึงผิวสองชนิดคือ Span 60 และ Tween 60 ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ในเฟสน้ำมันและน้ำตามลำดับ ในอัตราส่วน 28:72 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ค่า Hydrophilic-Lipophilic Balance (HLB) = 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.1 การเตรียมเฟสน้ำมัน (Oil phase) ละลายสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในน้ำมันพืช 50 มิลลิลิตร และ อิมัลซิฟายเออร์ Span 60 จำนวน 0.14 กรัม จากนั้นกวนผสมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือจนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยผันแปรปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเป็น 0.00 0.12 0.25 0.45 1.35 และ 2.25 กรัม และชนิดของน้ำมันพืช 3 ชนิดคือ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และ น้ำมันถั่วเหลือง

3.5.2.2 การเตรียมเฟสน้ำ (Aqueous phase) ละลายอิมัลซิฟายเออร์ Tween 60 จำนวน 0.73 กรัม ในสารละลาย 1.2% chitosan ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.5.2.3 การห่อหุ้ม ประกอบเครื่องปั่นผสมกำลังสูง (Homogenizer) โดยให้หัวปั่นอยู่ปีกเกอร์ เติมเฟสน้ำ 60 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดเครื่องให้มีอัตราการกวนในระดับ 1 (10,950 รอบ/นาที) ค่อยๆหยดเฟสน้ำมันลงในเฟสน้ำ อย่างสม่ำเสมอจนหมด (20 มิลลิลิตร) และกวนผสมต่อจนเกิดเป็นอิมัลชัน จากนั้นจึงเติมสารละลาย TPP แล้วกวนผสมต่อนาน 2 นาที จึงหยุดการกวนผสม นำส่วนผสมที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวทิ้งและล้างตะกอนด้วยสารละลาย 0.1%(v/v) Tween 60 โดยเติม สารละลาย 0.1%(v/v) Tween 60 ลงในหลอดเซนตริฟิวก์ แล้วนำไปปั่นผสมด้วย vortex ด้วยความแรงระดับ 4 นาน 1 นาที จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที อีกครั้ง เทของเหลวทิ้งและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง ทำการล้างตะกอนด้วยสารละลาย 0.1%(v/v) Tween 60 สลับกับน้ำกลั่น จนกระทั่ง ไม่พบน้ำมันในส่วนใส (Supernatant) ที่เป็นน้ำกลั่น แสดงว่า อนุภาคตะกอนที่แยกได้ปราศจากน้ำมันแล้ว จากนั้นจึงเก็บอนุภาคที่ได้ แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปทำแห้งในระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในโถดูดความชื้น ส่วนที่ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การทดลองในการศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดดอกดาวเรืองด้วยโคโตซานโดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำร่วมกับการครอสลิงแบบอไอออนิกนี้แสดงดังตารางที่ 3.1

3.5.3 การเตรียมอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดห่อหุ้มซีแซนทินโดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ

3.5.3.1 การเตรียมเฟสน้ำมัน (Oil phase) ละลายสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในสารละลาย 2.0% (w/v) PLA 50 มิลลิลิตร และ อิมัลซิฟายเออร์ Span 60 จำนวน 0.14 กรัม จากนั้นกวนผสมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยผันแปรปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเป็น 0.00 0.12 0.25 0.45 1.35 และ 2.25 กรัม

3.5.3.2 การเตรียมเฟสน้ำ (Aqueous phase) ละลายสารลดแรงตึงผิว Tween 80 จำนวน 1.0 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.5.3.3 การห่อหุ้ม ประกอบเครื่องปั่นผสมกำลังสูง (Homogenizer) โดยให้หัวปั่นอยู่ปีกเกอร์ เติมเฟสน้ำ 50 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดเครื่องให้มีอัตราการกวนในระดับ 1 (10,950 รอบ/นาที) ค่อยๆหยดเฟสน้ำมันลงในเฟสน้ำ อย่างสม่ำเสมอจนหมด (20 มิลลิลิตร) และกวนผสมต่อจนเกิดเป็นอิมัลชัน (มีสีขุ่นขาว)

ตารางที่ 3.1 ชนิดและปริมาณรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มซีแซนทิน โดยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำร่วมกับการครอสลิงแบบอออนิค

Treatment	Oil	ไคโตซาน (Ch.) (กรัม)	สารสกัดกลีบดอก ดาวเรือง (ME.) (กรัม)	Ch:ME: (โดย น้ำหนัก)	TPP (%, w/v)
1	Coconut	0.24	0	1:0.0	0.5
2		0.24	0.12	1:0.5	1.0
3		0.24	0.25	1:1.0	2.0
4		0.24	0.45	1:1.9	0.5
5		0.24	1.35	1:5.6	1.0
6		0.24	2.25	1:94	2.0
7	Rice bran	0.24	0	1:0.0	0.5
8		0.24	0.12	1:0.5	1.0
9		0.24	0.25	1:1.0	2.0
10		0.24	0.45	1:1.9	0.5
11		0.24	1.35	1:5.6	1.0
12		0.24	2.25	1:94	2.0
13	Soy bean	0.24	0	1:0.0	0.5
14		0.24	0.12	1:0.5	1.0
15		0.24	0.25	1:1.0	2.0
16		0.24	0.45	1:1.9	0.5
17		0.24	1.35	1:5.6	1.0
18		0.24	2.25	1:94	2.0

จากนั้นนำอิมัลชันที่ได้ไปเขย่าบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที ระเหยตัวทำละลาย จนกระทั่งแห้ง

การทดลองในการศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดดอกดาวเรืองพอลิแลคติก แอซิด แสดงดังตารางที่

3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดห่อหุ้มซีแซนทิน โดยวิธี อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ

Treatment	PLV (กรัม)	สารสกัดกลีบดอก ดาวเรือง (กรัม)	PLA:สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (โดย น้ำหนัก)	1% (w/v)Tween 80 (มิลลิลิตร)	Span 60 (กรัม)
1	1.00	0.20	1.00:0.20	50	0.14
2	1.00	0.40	1.00:0.40	50	0.14
3	1.00	0.60	1.00:0.60	50	0.14
4	1.00	0.80	1.00:0.80	50	0.14
5	1.00	1.00	1.00:1.00	50	0.14

3.6 การวิเคราะห์และตรวจสอบ

3.6.1 การตรวจสอบความสำเร็จในการห่อหุ้มซีแซนทินในอนุภาคโคโคซาน และอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดด้วย UV-Vis spectrophotometry

ละลายซีแซนทินมาตรฐาน 0.1 กรัม ในเอทานอล 30.0 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ในโหมดสแกน ในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐาน

ซังอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยโคโคซาน และอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยพอลิแลคติกแอซิด 0.1 กรัม ในเอทานอล 2.0 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วย vortex mixer ความแรงระดับ 4 เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้อนุภาคกระจายตัว แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 30 และ 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารผสมของอนุภาคห่อหุ้ม มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนใสไปตรวจสอบปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคที่ห่อหุ้มด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ในโหมดสแกน ในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร นำกราฟที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.6.2 ตรวจสอบขนาด รูปร่าง ของอนุภาคโคโคซาน และอนุภาคพอลิแลคติก แอซิด ที่ห่อหุ้มซีแซนทินด้วย Transmission electron microscopy (TEM)

ซังอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยโคโคซาน อนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยพอลิแลคติก แอซิด อนุภาคโคโคซานที่ปราศจากซีแซนทิน และ อนุภาคพอลิแลคติก แอซิดที่ปราศจากซีแซนทิน อย่างละ 0.1 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่น ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร เขย่าบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นดูดส่วนใสที่ยังคงมีอนุภาคขนาดเล็กมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วดูดของเหลวปริมาตร 5 ไมโครลิตร นำไปทำแห้งในโถดูดความชื้น เมื่อแห้งสนิทแล้ว จึงนำไปตรวจสอบขนาดและรูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscopy, TEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 โครงสร้างทางเคมีของอนุภาคไคโตซาน และอนุภาคพอลิแลคติก แอซิด ที่ห่อหุ้มซีแซนทิน ด้วย Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR)

นำอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยไคโตซาน อนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยพอลิแลคติก แอซิด อนุภาคไคโตซานที่ปราศจากซีแซนทิน และ อนุภาคพอลิแลคติก แอซิดที่ปราศจากซีแซนทิน ไปตรวจสอบ โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrophotometer โดยคลุกผสมตัวอย่าง อนุภาค ด้วยผง Potassium bromide (KBr) โดยใช้ในปริมาณมากกว่าปริมาณอนุภาคประมาณ 10 เท่า แล้ว นำมาอัดขึ้นรูปให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ด้วยแรงกดอัน 10,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงนำไปตรวจสอบโครงสร้าง

3.6.4 ความเสถียรทางความร้อนของอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มไคโตซาน และอนุภาคซีแซนทินที่ ห่อหุ้มพอลิแลคติก แอซิด ด้วย Thermogravimetric analysis (TGA)

นำอนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยไคโตซาน อนุภาคซีแซนทินที่ห่อหุ้มด้วยพอลิแลคติก แอซิด อนุภาคไคโตซานที่ปราศจากซีแซนทิน และ อนุภาคพอลิแลคติกแอซิดที่ปราศจากซีแซนทิน มาทำให้แห้ง จากนั้นนำไปทดสอบความเสถียรทางความร้อนด้วยเครื่องวิเคราะห์เทอร์โมกราวิเมเตอร์ ตั้งแต่ช่วงอุณหภูมิ 30-600 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ซึ่งมีอัตราการไหลของไนโตรเจนเท่ากับ 20 ปอนด์/ตารางนิ้ว/นาที่ โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส/นาที่

3.6.5 การตรวจสอบการปลดปล่อยซีแซนทินจากอนุภาคที่ห่อหุ้มด้วยไคโตซาน และ จากอนุภาคที่ ห่อหุ้มด้วยพอลิแลคติก แอซิด

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาสภาวะการปลดปล่อยซีแซนทินในตัวกลาง 3 ชนิด คือ เอทานอล สารละลายบัฟเฟอร์ทริส (Tris-buffer) สารละลายซิเตรตบัฟเฟอร์ โดยซึ่งอนุภาคห่อหุ้ม 0.1 กรัม ใส่ลงใน หลอดทดลองที่มีสารละลายตัวกลาง 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผสมด้วย vortex mixer ความแรงระดับ 4 เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้อนุภาคกระจายตัว แล้ววางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 และ 30 นาที เมื่อครบ เวลาที่กำหนด นำสารผสมของอนุภาคห่อหุ้มมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที่ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนใส 100 ไมโครลิตรไปตรวจสอบปริมาณซีแซนทินที่ถูก ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคที่ห่อหุ้มด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ในโหมดสแกน ในช่วงความ ยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร หลังจากนั้นเติมตัวกลางกลับคืนปริมาตรเท่ากับปริมาตรที่ดูดขึ้นมาของ สารละลายที่เหลือทุกครั้งที่มีการดูดสารละลายส่วนใส เพื่อให้มีปริมาตรคงเดิม ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่ สามารถวิเคราะห์พบปริมาณหรือความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของซีแซนทินในตัวกลางได้

3.7 การศึกษาอายุการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้ม

3.7.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้มในสภาพเร่ง

นำอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซาน และพอลิแลคติกแอซิด บรรจุในถุง อลูมิเนียมพอยล์แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง และเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ (cycle) ทำซ้ำจำนวน 10 รอบ เก็บ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างตัวอย่างที่เก็บรักษาในสภาพแรงๆรอบ มาวิเคราะห์ปริมาณซีแซนทิน โดยแช่อนุภาคห่อหุ้มในเอทานอล มาทำการปั่นผสมด้วยเครื่องผสม vortex ระดับความแรงเบอร์ 4 นาน 1 นาที แล้ววางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารผสมของอนุภาคห่อหุ้ม มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนใส 100 ไมโครลิตรไปตรวจสอบปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคที่ห่อหุ้มด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 434.0 นาโนเมตร

3.7.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้มในสภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

นำอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซาน และพอลิแลคติกแอซิด บรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35-40 องศาเซลเซียส) นาน 12 เดือน (พฤศจิกายน 2560- พฤศจิกายน 2561) เก็บตัวอย่างตัวอย่างทุกๆ 1 เดือนมาวิเคราะห์ปริมาณซีแซนทิน โดยแช่อนุภาคห่อหุ้มในสารละลายตัวกลางเอทานอล ทำการปั่นผสมด้วยเครื่องผสม vortex ระดับความแรงเบอร์ 4 นาน 1 นาที แล้ววางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารผสมของอนุภาคห่อหุ้ม มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนใส 100 ไมโครลิตรไปตรวจสอบปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคที่ห่อหุ้มด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 434.0 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คัดเลือกสายพันธุ์ดอกดาวเรืองที่มีปริมาณซีแซนทีนสูง

จากการตรวจวัดปริมาณซีแซนทีนในสารสกัดหยาบกลีบดอกดาวเรือง 4 สายพันธุ์ได้แก่ ดอกดาวเรืองสีเหลือง พันธุ์ศรีสยาม ดอกดาวเรืองสีส้มสายพันธุ์ นารายณ์ ออเรนจ์ ดอกดาวเรืองฝรั่งเศสสายพันธุ์ มุนดิฟออเรนจ์ และ อินคาดีฟออเรนจ์ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้น 45% (v/v) ด้วยการสแกนวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับผลการสแกนวัดค่าความยาวคลื่นในช่วงเดียวกันของสารมาตรฐานซีแซนทีน พบว่าสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 476.5 นาโนเมตร รองลงมาคือที่ความยาวคลื่น 476.5 นาโนเมตร และตรวจไม่พบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นมากกว่า 476.5 นาโนเมตร (ตารางภาคผนวก ข และ ตารางภาคผนวก ค) โดยสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีส้ม สายพันธุ์นารายณ์ออเรนจ์ ซึ่งมีกลีบดอกสีส้ม และมีดอกขนาดใหญ่ มีค่าดูดกลืนแสงระหว่าง 2.3143-2.3470 ที่ความยาวคลื่น 403.5-422.5 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข1) และยังตรวจพบค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400.5-407.5 นาโนเมตรของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 2 เท่า (ภาคผนวก ข2)

สารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์ฝรั่งเศสสีส้ม อินคาออเรนจ์ มีค่าการดูดกลืนแสงระหว่าง 3.0813-3.0547 ที่ความยาวคลื่น 408.5-416.0 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข4) และนำสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์มุนดิฟออเรนจ์เจือจาง 2 เท่า ไปทำการสแกนค่าการดูดกลืนแสงตั้งแต่ความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตรอีกครั้ง ยังคงพบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงระหว่าง 2.7814-2.8848 โดยมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 397.0 นาโนเมตร สำหรับที่ความยาวคลื่น 410.5-429.5 นาโนเมตรมีค่าดูดกลืนแสง 2.7814-2.8118 (ภาคผนวก ข3) การดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 403-417 นาโนเมตร เพียงแต่ค่าการดูดกลืนแสงลดลงเท่านั้น (ภาคผนวก ข4)

สำหรับสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์ มุนดิฟออเรนจ์ ซึ่งเป็นดอกดาวเรืองฝรั่งเศสสีส้ม ค่าดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่น 405-434 นาโนเมตร โดยมีค่าการดูดกลืนแสงสูงระหว่าง 3.9762-4.5075 โดยมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุด 4.5075 ที่ความยาวคลื่น 431 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข5) และเมื่อนำสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์มุนดิฟออเรนจ์เจือจาง 2 เท่า ไปทำการสแกนค่าการดูดกลืนแสงตั้งแต่ความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตรอีกครั้ง ยังคงพบการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 403-417 นาโนเมตร เพียงแต่ค่าการดูดกลืนแสงลดลงเท่านั้น (ภาคผนวก ข6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์ศรีสยาม ซึ่งมีกลีบดอกสีเหลือง มีค่าดูดกลืนแสงระหว่าง 2.7865-2.9462 ที่ความยาวคลื่น 342-430 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข7) โดยมีพื้นที่ใต้กราฟสูงสุดที่ความยาวคลื่น 372.5 นาโนเมตร อย่างไรก็ตาม พื้นที่ใต้กราฟของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 404.5-430.0 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นในช่วง 400-500 นาโนเมตร เช่นเดียวกับของสารละลายมาตรฐานซีแซนทีน (ภาคผนวก ข7) นอกจากนี้ยังสามารถตรวจพบค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400.5 นาโนเมตรของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 2 เท่า (ภาคผนวก ข8)

ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟของค่าดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 300.0-500.0 นาโนเมตร ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองและสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นว่าสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่มีค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้เคียงกับของสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนมากที่สุดคือ สารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสายพันธุ์มุนดิฟออเรนจ์ (405.0-434.0 นาโนเมตร) ซึ่งแสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่ในสารสกัดมีสารประกอบซีแซนทีนเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรืองในช่วงความยาวคลื่นสูงสุด พบว่าดอกดาวเรืองสีส้มสายพันธุ์ มุนดิฟออเรนจ์ มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 434.0 นาโนเมตร โดยมีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 3.9762 รองลงมาคือดอกดาวเรืองสายพันธุ์ ศรีสยาม มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 430.0 นาโนเมตร โดยมีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.7865 ซึ่งใกล้เคียงกับสารสกัดดอกดาวเรืองสีส้มสายพันธุ์ อินคาดีฟออเรนจ์ ที่มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 429.5 นาโนเมตร โดยมีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.7814 ส่วนสารสกัดดอกดาวเรืองสีส้มสายพันธุ์ นารายร์ออเรนจ์ มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 368.0 นาโนเมตร โดยมีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.46465 (ตารางภาคผนวก ข.)

จากผลการศึกษาของ Hojnik et al. (2008) พบว่าขนาดอนุภาคของกลีบดอกดาวเรืองและชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อจลนศาสตร์ของการสกัดลูทีน (Lutein) ขนาดอนุภาคกลีบดอกดาวเรืองเล็กกว่า 0.315 มิลลิเมตร และ hexane ได้มีประสิทธิภาพมากกว่า tetrahydrofuran petrolether acetone acetonitrile และ ethanol ตามลำดับ นอกจากนี้ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (pretreatment) กลีบดอกดาวเรืองก็มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด xanthophyll ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาของ Navarrete-Bolanos et. al. (2005) ด้วยแนวคิดที่ว่าหากสามารถทำให้ความสามารถในการยอมผ่านของผนังเซลล์มีมากได้ก็จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเทมวลสารระหว่าง immiscible phases ในระหว่างกระบวนการ lixiviation process จึงได้เพิ่มสามารถทำให้ความสามารถในการยอมผ่านของผนังเซลล์ด้วย microbial hydrolytic enzymes แล้วทำการสกัดด้วย hexane ซึ่งจะสามารถทำให้ recovery xanthophyll ในกลีบดอกดาวเรืองได้เกือบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการสกัด xanthophylls จากกลีบดอกดาวเรืองขึ้นกับปัจจัยต่างๆหลายปัจจัย อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ได้มุ่งคัดเลือกสายพันธุ์ดอกดาวเรืองที่จะนำมาสกัดเพื่อใช้ในการศึกษาการห่อหุ้มในขั้นตอนต่อไปมากกว่าการมุ่งเน้นศึกษาวิธีการสกัด จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเชิงคุณภาพของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองแต่ละสายพันธุ์โดยใช้ตัวทำละลายที่มีราคาย่อมเยา ซึ่งจากผลการศึกษาได้คัดเลือกสารสกัดจากดอกดาวเรืองสีส้ม สายพันธุ์มุนดิฟ ออเรนจ์ สำหรับในการศึกษาขั้นต่อไป

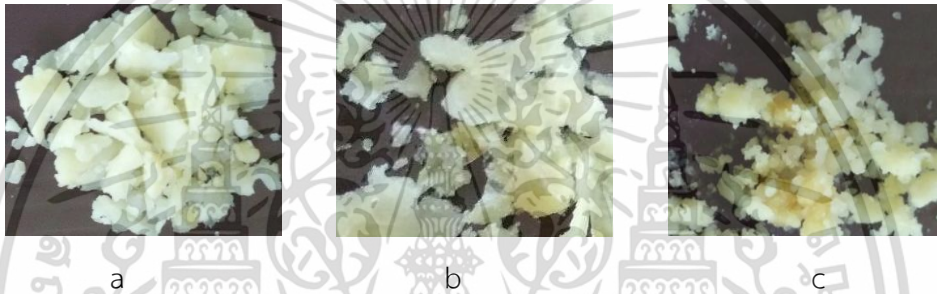


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การห่อหุ้มอนุภาคซีแซนทินด้วยโคโตซานด้วยวิธีอิมัลชัน

4.2.1 ชนิดของน้ำมันพืชที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดอิมัลชัน

จากการศึกษาชนิดของน้ำมันพืชที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดอิมัลชันพบว่า น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองสามารถนำเตรียมอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทินด้วยวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำร่วมกับ การคอสติงค์แบบอออนิคได้ สำหรับน้ำมันมะพร้าวนั้นเมื่อนำมาเตรียมอนุภาคโคโตซาน จะมีลักษณะเป็นก้อนไขมันเหนียว คล้ายขี้ผึ้ง และไม่สามารถบดให้เป็นอนุภาคละเอียดได้ (ภาพที่ 4.1a) สำหรับอนุภาคที่ได้จากอิมัลชันของน้ำมันปาล์ม อนุภาคที่ได้จับกันเป็นก้อน ร่วนเมื่อบีบหรือกดจะแตกเป็นอนุภาคเล็กๆ (ภาพที่ 4.1b) ส่วนอนุภาคที่ได้จากอิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆ ร่วน เมื่อบีบหรือกดจะแตกเป็นอนุภาคเล็กๆ ได้ง่ายและมีสีเข้มกว่าอนุภาคที่ได้จากอิมัลชันของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม



ภาพที่ 4.1 อนุภาคโคโตแซนที่ได้จากการเตรียมโดยวิธีอิมัลชันของน้ำมันมะพร้าว (a) น้ำมันปาล์ม (b) และน้ำมันถั่วเหลือง (c) แบบคอสติงค์ด้วย TPP

จากลักษณะทางกายภาพของอนุภาคโคโตซานที่เตรียมจากอิมัลชันของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันถั่วเหลือง จะเห็นว่า อิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลืองมีลักษณะเป็นอนุภาคเล็กๆที่มีการกระจายตัวได้ดีกว่า จึงนำอนุภาคโคโตแซนที่เตรียมโดยอิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลืองแบบคอสติงค์แบบอออนิคไปตรวจลักษณะอนุภาคด้วย transmission electron microscope ภายใต้กำลังขยาย 30000x พบว่าอนุภาคมีรูปร่างเป็นทรงกลมมีขนาด 25-37 นาโนเมตร (ภาพที่ 4.2) ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นในการศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองจึงเลือกใช้น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับเตรียมอิมัลชันในการศึกษาขั้นต่อไป



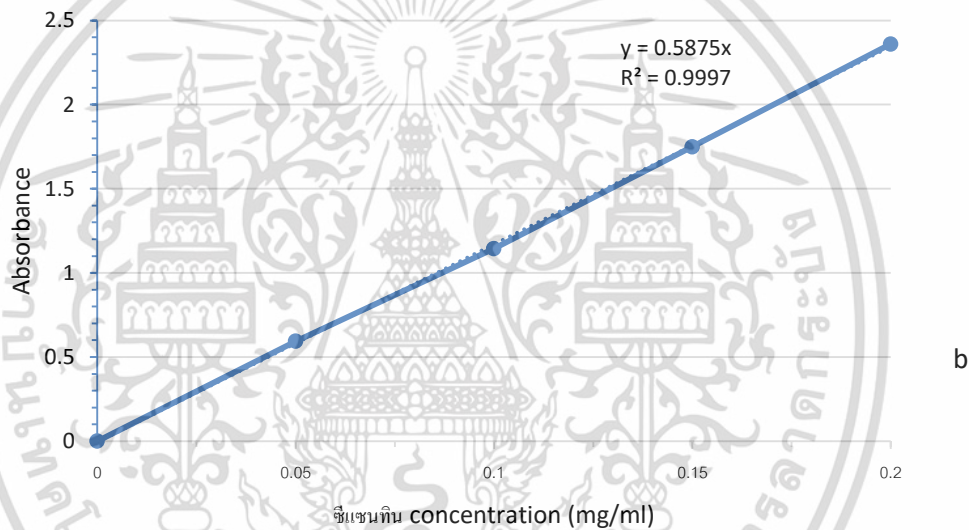
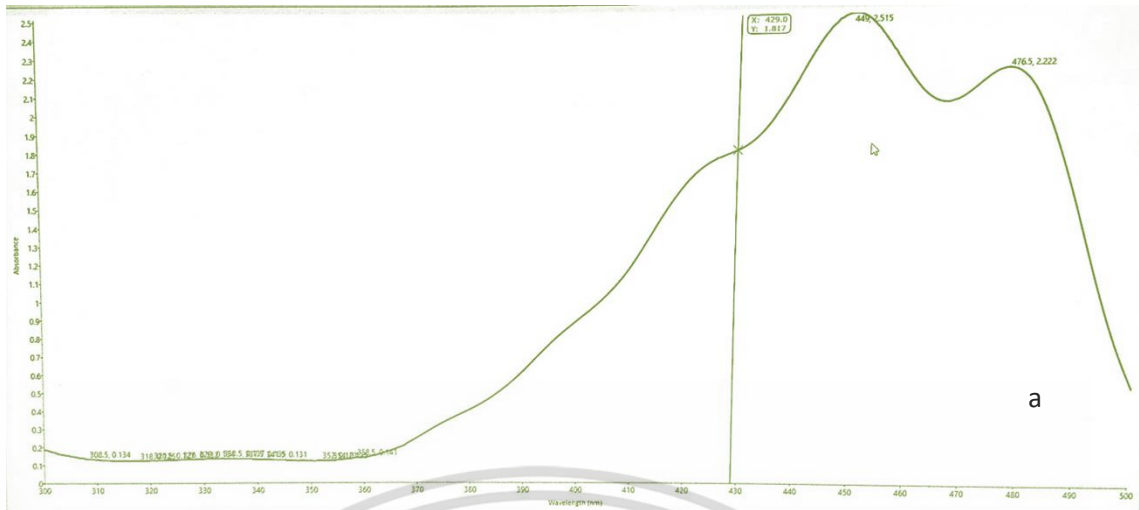
ภาพที่ 4.2 รูปร่างและขนาดของอนุภาคไคโตซานที่เตรียมได้จากอิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลืองแบบครอสลิงก์แบบอออนิกด้วยสารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0%(w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า

4.2.2 ความสำเร็จของการห่อหุ้มสารสกัดในการห่อหุ้มซีแซนทีนในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอนุภาคไคโตซาน

เมื่อทำการตรวจสอบการห่อหุ้มและปริมาณซีแซนทีนในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ถูกห่อหุ้มในอนุภาคสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ห่อหุ้มด้วยไคโตซาน และอนุภาคซีแซนทีนมาตรฐานที่ห่อหุ้มด้วยไคโตซานด้วยวิธีอิมัลชันร่วมกับการครอสลิงก์แบบอออนิกด้วยสารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.5% (w/v) ด้วย UV-Vis spectrophotometry พบ peak ของซีแซนทีนบนสเปกตรัมของอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (ภาพที่ 4.3) ซึ่งแสดงว่าการห่อหุ้มซีแซนทีนในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอนุภาคไคโตซานเป็นผลสำเร็จ (Wang et al., 2006) จากการทดลองพบว่า สารละลายซีแซนทีนในเอทานอลให้ค่าดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 376-435 นาโนเมตร (ภาพที่ 4.3a) และเมื่อนำสารละลายมาตรฐานซีแซนทีนในเอทานอลที่มีความเข้มข้น 0.020-0.040 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 449 นาโนเมตร แล้วนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน พบว่าความเข้มข้นของสารละลายซีแซนทีน และค่าดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังภาพที่ 4.3b

4.2.3 ผลของความเข้มข้นของ TPP ต่อขนาดของอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซานด้วยวิธีอิมัลชัน

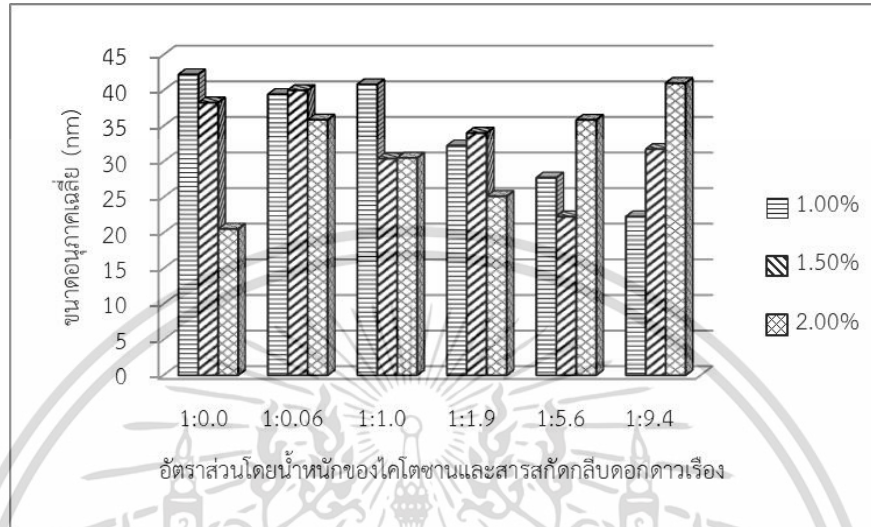
จากการศึกษาการห่อหุ้มอนุภาคสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยวิธีอิมัลชันของน้ำมันถั่วเหลืองร่วมกับการครอสลิงก์แบบอออนิกด้วยสารละลาย TPP ความเข้มข้น 0.5% 1.0% และ 1.5% (w/v) ในการห่อหุ้มสารสกัดจากกลีบดอกดาวเรืองในปริมาณ 0.12 0.25 และ 0.45 กรัม ต่อไคโตซาน 0.24 กรัม และทำ



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและความยาวคลื่นของสารละลายมาตรฐานซีแซนทินและอนุภาคสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ห่อหุ้มด้วยอนุภาคโคโตนานในตัวทำละลายเอทานอล(a) และกราฟมาตรฐานของสารละลายซีแซนทินที่ความยาวคลื่น 449 นาโนเมตร (b)

การครอสลิงก์ด้วยสารละลายTPP ความเข้มข้น 1.0% 1.5%และ 2.0% (w/v) พบว่าสามารถห่อหุ้มสารสกัดดาวเรืองในปริมาณ 0.12-2.25 กรัมต่อโคโตนาน 0.24 กรัม หรือในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตนาน: สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 1:1.10 1:1.10 1:1.9 1:5.6 และ1:9.4 ได้ เมื่อใช้ตรวจสอบขนาด รูปร่างของอนุภาคโคโตนานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนต่างๆด้วยสารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0% และ 2.0% (w/v) เป็นสารก่อนอนุภาค เมื่อตรวจสอบขนาดของอนุภาคด้วย Transmission electron microscope ที่กำลังขยาย 30,000X พบว่าอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลม มีสีเหลือง-สีเหลืองเข้มตามปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นและมีขนาดตั้งแต่ 22.27-42.21 นาโนเมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ตารางที่ 4.2) จากภาพที่ 4.4 ซึ่งเป็นผลการตรวจสอบขนาดของอนุภาคที่ได้จะเห็นว่าขนาดของอนุภาคโคโตนานที่ไม่มีสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลาย TPP เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกับอนุภาคโคโตนานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนต่างๆที่ปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย TPP ไม่มีผลต่อขนาดของอนุภาคอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง และความเข้มข้นของ TPP ต่อขนาดอนุภาคที่มีต่อขนาดของอนุภาคห่อหุ้ม

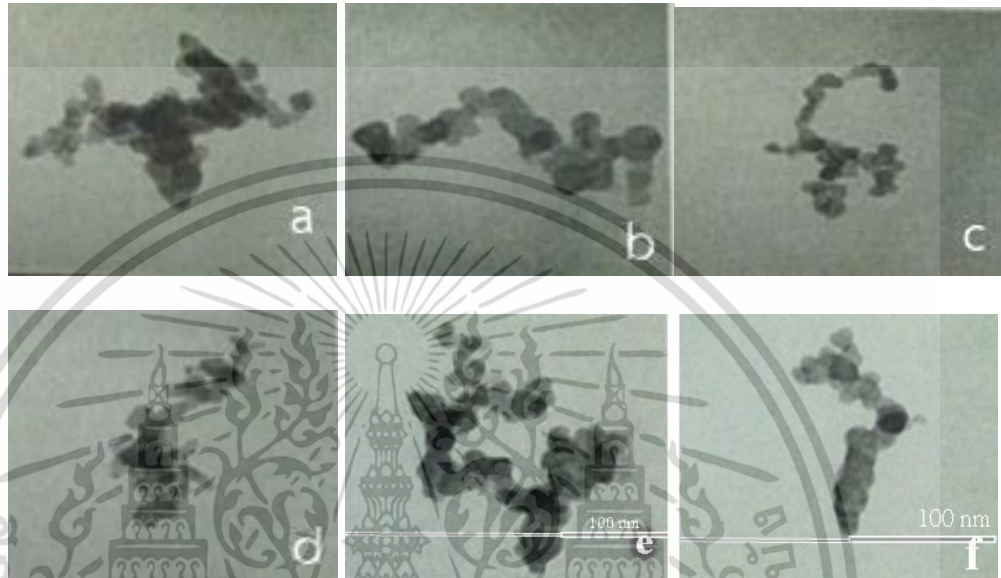
ตารางที่ 4.2 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคโคโตนานและอนุภาคโคโตนานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตนาน:สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง	ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (นาโนเมตร)*		
	1.0%TPP	1.5%TPP	2.0%TPP
1:0.0	42.21±6.00	38.27±5.18	20.54±4.66
1:0.6	39.43±3.12	40.01±11.24	35.87±10.23
1:1.0	40.83±5.56	30.42±2.08	30.51±5.12
1:1.9	32.22±6.05	34.01±11.24	25.14±5.23
1:5.6	27.74±4.09	22.27±7.43	35.84±2.57
1:9.4	26.14±3.05	31.75±2.47	41.02±4.55

หมายเหตุ * เฉลี่ยจากการทดลอง 10 ซ้ำ จำนวนอนุภาคเฉลี่ย 50 อนุภาค

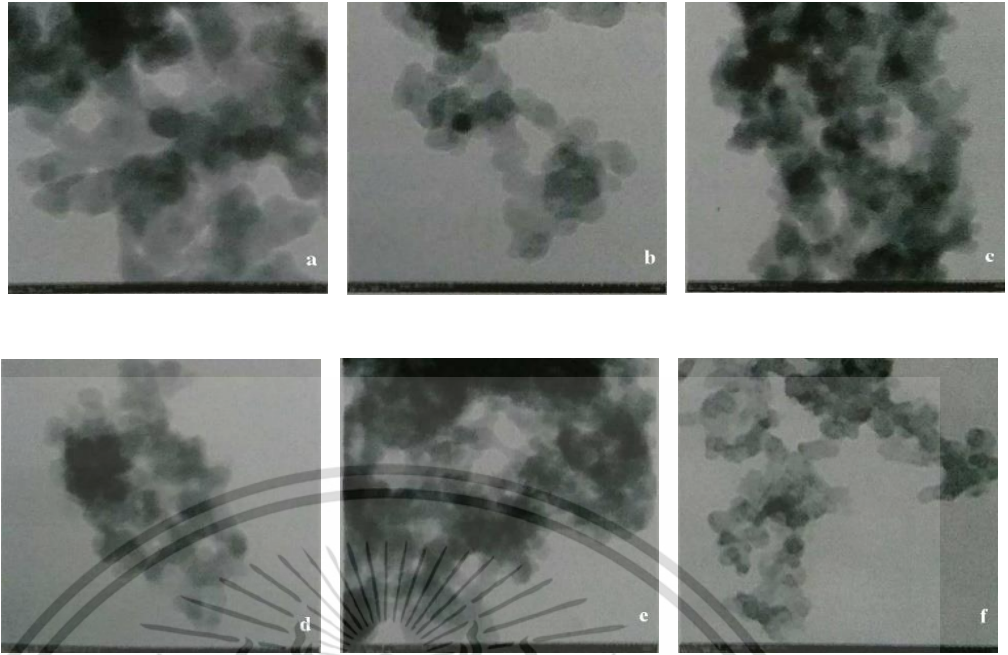
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างและขนาดอนุภาคโคโตซาน และอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) แสดงในภาพที่ 4.5a-f ภาพที่ 4.6a-f และภาพที่ 4.7a-f ซึ่งจะเห็นว่าอนุภาคโคโตซานและอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมีลักษณะเป็นทรงกลม เกาะกันเป็นกลุ่ม

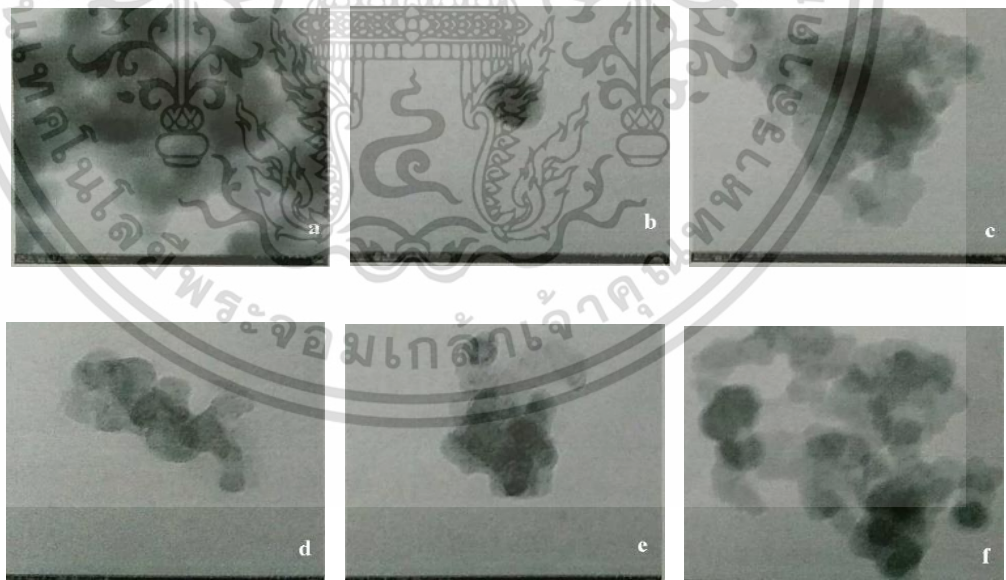


ภาพที่ 4.5 รูปร่างและขนาดของอนุภาคโคโตซาน (a) อนุภาคโคโตซานห่อหุ้มซีแซนทีน เมื่ออัตราส่วนโคโตซานต่อซีแซนทีนเป็น 1:0.6 (b), 1:1.0 (c) 1:1.9 (d) 1:5.6 (e) และ 1: 9.4 (f) ความเข้มข้นของTPPเป็น 0.5% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 รูปร่างและขนาด ของอนุภาคไคโตซาน (a) อนุภาคไคโตซานห่อหุ้มซีแซนทินเมื่ออัตราส่วนไคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เป็น 1:3 (b) 1:6 (c) 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ1: 9.4 (f) ความเข้มข้นของ TPP 1.5% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า



ภาพที่ 4.7 รูปร่างและขนาด ของอนุภาคไคโตซาน (a) อนุภาคไคโตซานห่อหุ้มซีแซนทินเมื่ออัตราส่วนไคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เป็น 1:3 (b) 1:6 (c) 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ1: 9.4 (f) ความเข้มข้นของ TPP 2.0% (w/v) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ 100kv กำลังขยาย 30,000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบประจุบนพื้นผิวและขนาดของอนุภาคโคโตซาน และอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง ด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค (Particle size analyzer) พบว่า อนุภาคโคโตซานและอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (TPP 2.0% w/v) มีขนาดตั้งแต่ 5,343-10,100 นาโนเมตร (ตารางที่ 4.3) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากอนุภาคมีการจับตัวกันเป็นก้อน นอกจากนี้พื้นผิวของอนุภาคได้แสดงความเป็นประจุบวกและประจุลบ ซึ่งคาดว่าประจุบวกอาจจะมาจากหมู่ NH_3^+ ของโคโตซาน และประจุลบอาจจะมาจากเฟสของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ละลายในน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนโดยน้ำหนักของอนุภาคโคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเพิ่มขึ้น พื้นผิวของอนุภาคได้แสดงประจุลบมากขึ้นด้วย ในกรณีนี้ สุนันทา (2539) ได้อธิบายว่าเป็นเพราะหมู่ไฮดรอกซี (-OH) เกิดปฏิกิริยากับสารละลายเบส TPP ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) = 9.12 ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากออกซิเจนเข้าไปในวงเบนซีน อนุภาคจึงแสดงประจุลบ หากเป็นเช่นนั้นหมู่ไฮดรอกซีนี้อาจจะได้จากสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง อันแสดงว่าเมื่อใช้วิธีการห่อหุ้มแบบอิมัลชันโดยมีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นสารก่ออิมัลชัน และมี TPP ความเข้มข้น 2.0% (w/v) เป็นสารก่ออนุภาค ทำให้โคโตซานปริมาณ 0.24 กรัม สามารถห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองได้สูงถึง 2.25 กรัมหรือคิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเท่ากับ 1:9.4

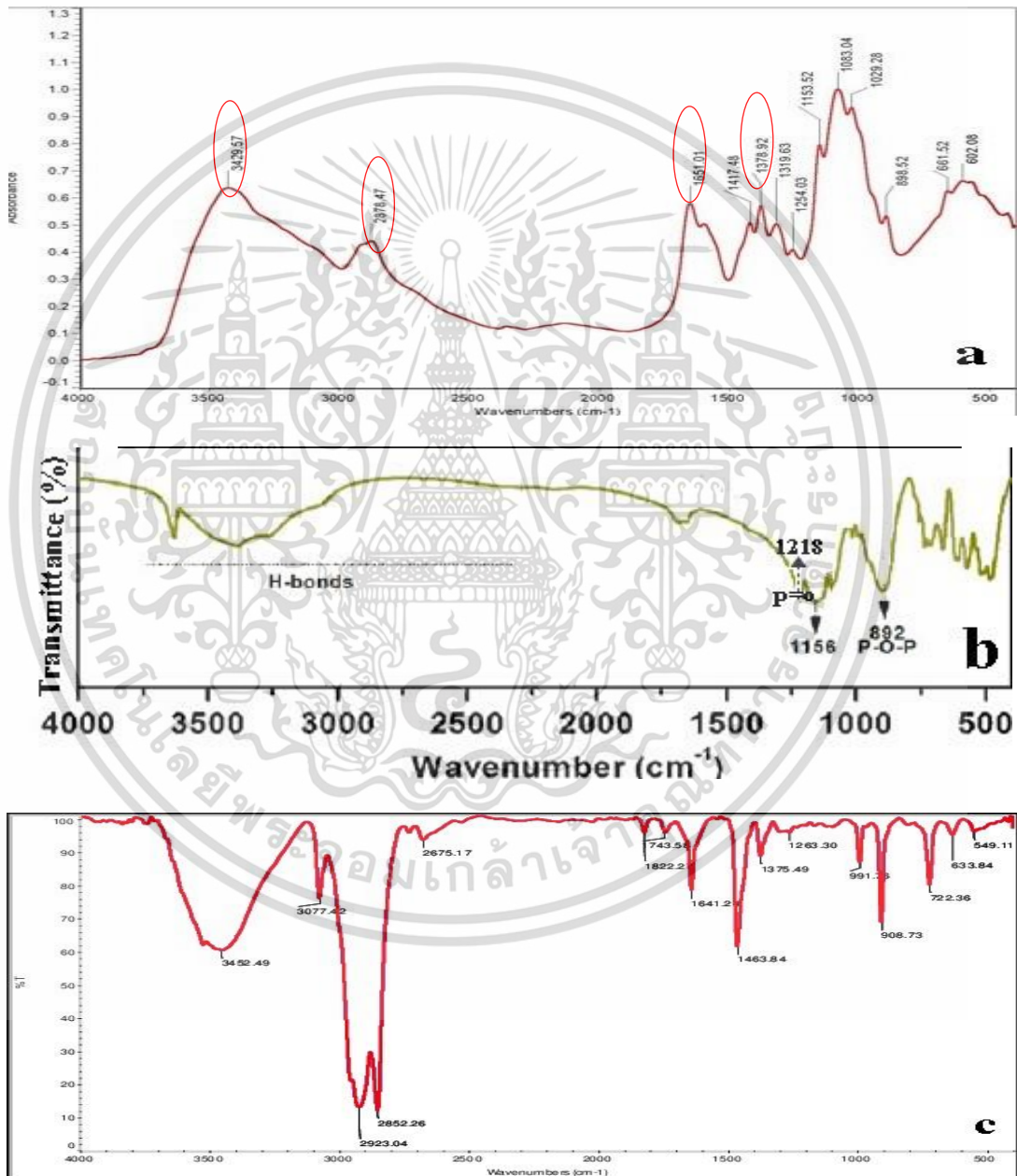
ตารางที่ 4.3 ประจุและขนาดเฉลี่ยของอนุภาคโคโตซานและอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ครอสลิงก์ด้วย TPP 2.0% (w/v) ที่วัดด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซาน:สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง	ค่าเฉลี่ย *	
	ขนาดอนุภาค(นาโนเมตร)	Zeta Potential (mV)
1:0.0	10,100±1912	9.35±0.837
1:0.6	7,854±1354	2.10±0.824
1:1.0	5,781±1423	0.142±1.08
1:1.9	5,445±5781	-10.01±4.11
1:5.6	6,291±1356	-12.27±7.72
1:9.4	5,343±1422	-17.75±5.47

หมายเหตุ * เฉลี่ยจากการทดลอง 10 ซ้ำ

4.2.4 โครงสร้างทางเคมีของอนุภาคไคโตซานที่ห่อสารสกัดซีแซนทินด้วย Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR)

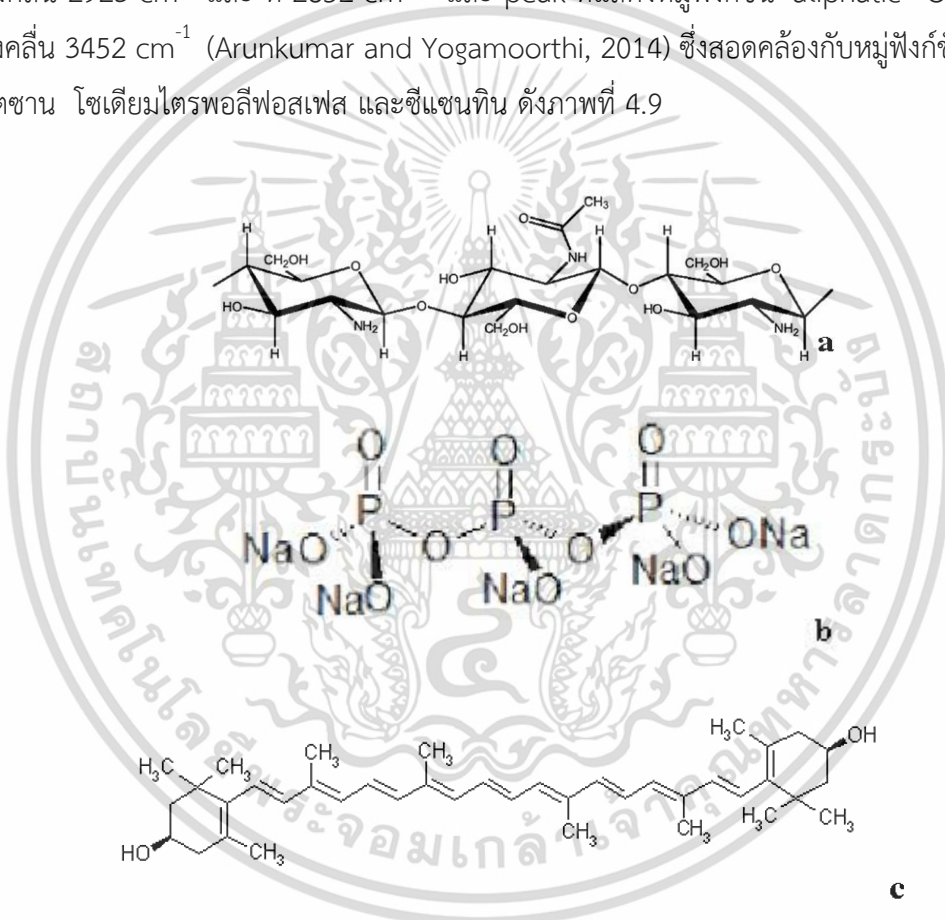
หมู่ฟังก์ชันของไคโตซาน โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (TPP) และ ซีแซนทิน สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR) ซึ่งเมื่อนำไคโตซาน โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (TPP) และ ซีแซนทินมาตรฐาน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR จะได้ สเปกตรัมดังภาพที่ 4.8 a-c ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 FTIR-spectra ของไคโตซาน (a) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (TPP) (b) และ ซีแซนทินมาตรฐาน (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

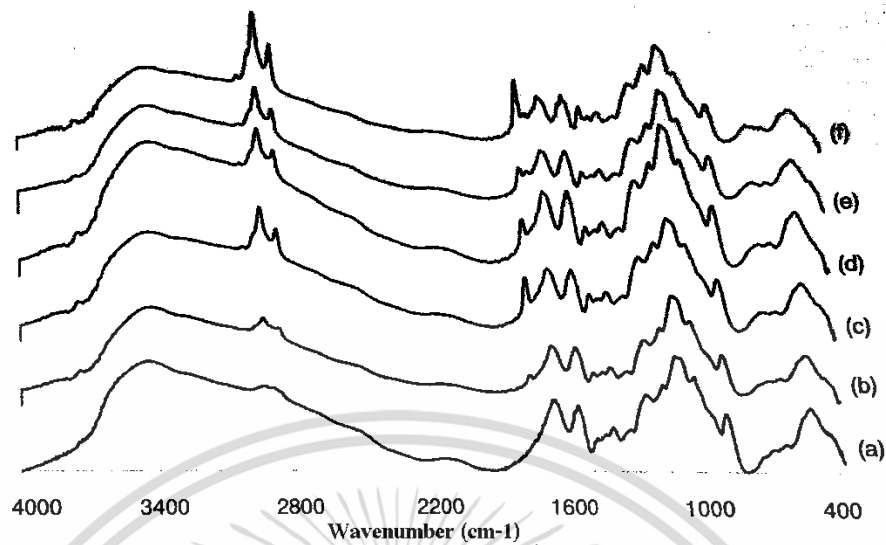
จาก FTIR spectra ของโคโตซาน (ภาพที่ 4.8a) peak ที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน $-OH$ และ $C-H$ คือ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 3429 cm^{-1} และ 2876 cm^{-1} ตามลำดับ สำหรับตำแหน่งคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน $RCOONH_2$ และ $RCONHR$ คือ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 1651 cm^{-1} ตำแหน่งคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน $N-H$ ที่ตำแหน่งคลื่น 1378 cm^{-1} และ ตำแหน่งคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของ pyranose ring ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} ส่วนภาพที่ 4.8 (b) FTIR spectra ของ โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต แสดง peak ของ $P=O$ stretching ที่ตำแหน่งคลื่น 1218 cm^{-1} และ ที่ 892 cm^{-1} ซึ่งแสดง peak ของ $P-O-P$ stretching Martins et al. (2012) และจากภาพที่ 4.8 (c) ที่แสดง FTIR spectra ของ ซีแซนทินมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่า peak ที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน $C=O$ คือ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 1641 cm^{-1} peak ที่แสดงฟังก์ชัน aliphatic CH_2 คือ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} และ ที่ 2852 cm^{-1} และ peak ที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน aliphatic $-OH$ คือ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 3452 cm^{-1} (Arunkumar and Yogamoorthi, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ฟังก์ชันบนโครงสร้างของโคโตซาน โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต และซีแซนทิน ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 โครงสร้างทางเคมีของโคโตซาน (a) (Nilsen-Nygaard et al., 2015) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (b) (Fahim at al, 2013) และ ซีแซนทิน (c) (Arunkumar and Yogamoorthi, 2014)

เมื่อตรวจสอบอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองต่างๆกัน เมื่อใช้ TPP ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ในการห่ออนุภาค พบว่าลักษณะ FTIR spectra ที่ได้มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



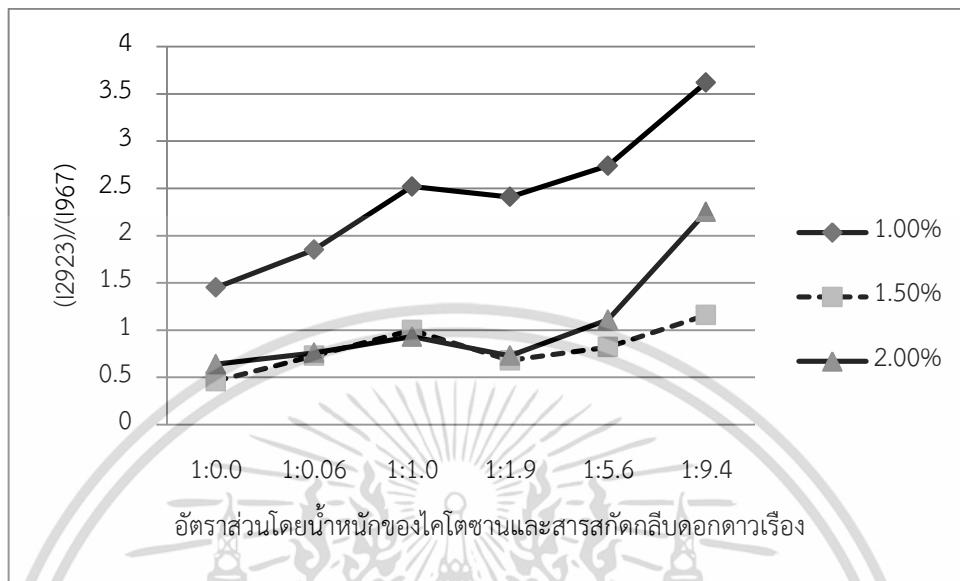
ภาพที่ 4.10 FTIR-spectra ของอนุภาคไคโตซาน (a) และอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้ TPP ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ในการก่ออนุภาค เมื่อผันแปรอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ไคโตซานต่อปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:3 (b) 1:6 (c) 1:1.25 (d) 1:5.6(e) และ 1: 9.4 (f)

จากภาพที่ 4.10 จะเห็นว่าลักษณะของ FTIR spectra มีลักษณะคล้ายกับลักษณะของ FTIR spectra ของไคโตซาน แต่ความเข้มของ peak $-CH$ ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} และ 2852 cm^{-1} และ peak ที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน $-OH$ ที่ตำแหน่งคลื่น 3452 cm^{-1} ที่มีความเข้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่มากขึ้น จึงคาดว่าหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้มาจากสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ามีสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองอยู่ในอนุภาคไคโตซาน

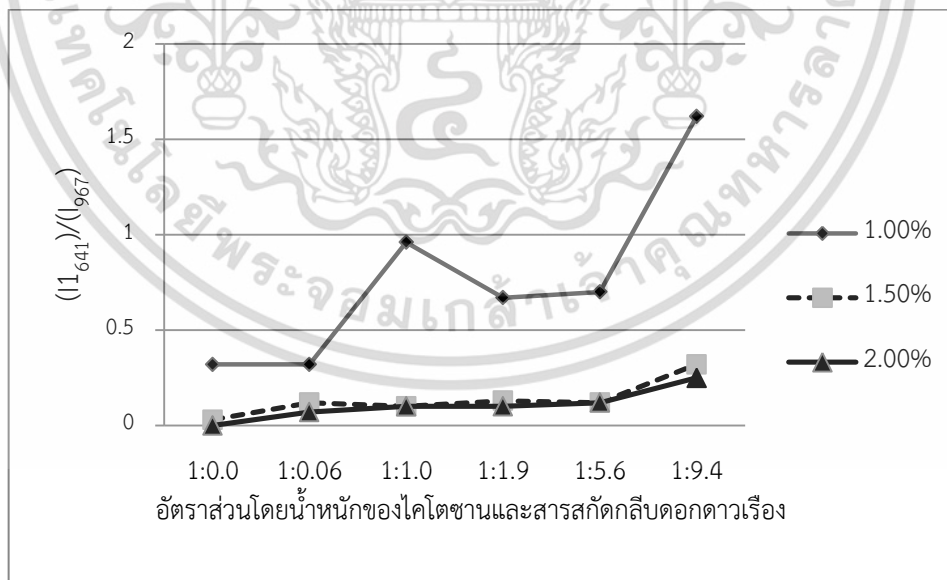
แต่เนื่องจากน้ำหนักของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบไม่เท่ากัน จึงไม่สามารถบอกปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่แน่นอนได้จากความสูงของ peak ที่ปรากฏโดยตรง ดังนั้นจึงนำความสูงของ peak บน spectra มาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} (I_{2923}) และ 1641 cm^{-1} (I_{1641}) ต่อ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} (I_{967}) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และเมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4.11 และ ภาพที่ 4.12

จากภาพที่ 4.11 และ ภาพที่ 4.12 อัตราส่วนความสูงของ $(I_{2923}) / (I_{967})$ และ $(I_{1641}) / (I_{967})$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างไคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ถูกเก็บกักไว้ในอนุภาคมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย และพบว่าอัตราส่วนความสูงของ $(I_{2923}) / (I_{967})$ และ $(I_{1641}) / (I_{967})$ แปรผกผันกับความเข้มข้นของสารละลาย TPP ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของสารละลาย TPP เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้หมู่ฟังก์ชัน $-OH$ ไป

ขีดขวางการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ PO_3^{5-} ของ TPP กับ หมู่ $-\text{NH}_3^+$ ของโคโตซาน ส่งผลให้การครอสลิงก์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ลดลง และปริมาณสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่จะถูกห่อหุ้มลดลงด้วย



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} (I_{2923}) ต่อ ความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} (I_{967}) และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้สารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0% (a), 1.5% (b) และ 2.0% (c)



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 1641 cm^{-1} (I_{1641}) ต่อ ความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} (I_{967}) และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เมื่อใช้สารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.0% (a), 1.5% (b) และ 2.0% (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 อัตราส่วนความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1} (I_{2923}) และ 1641 cm^{-1} (I_{1641}) ต่อความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 967 cm^{-1} (I_{967})

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตนาน:สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง	ความเข้มข้นของ TPP (% w/v)	ความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 2923 cm^{-1}	ความสูงของ peak ที่ตำแหน่งคลื่น 1641 cm^{-1}	$(I_{2923}) / (I_{967})$	$(I_{1641}) / (I_{967})$
1:0.0	1.0	2.90	0.65	1.45	0.32
1:0.6		2.60	0.45	1.85	0.32
1:1.0		3.40	1.30	2.52	0.96
1:1.9		3.25	0.90	2.41	0.67
1:5.6		3.15	0.80	2.74	0.70
1:9.4		3.80	1.70	3.62	1.62
1:0.0	1.5	0.80	0.05	0.46	0.03
1:0.6		1.20	0.20	0.73	0.12
1:1.0		1.05	0.10	1.00	0.10
1:1.9		1.05	0.20	0.68	0.13
1:5.6		1.35	0.20	0.82	0.12
1:9.4		1.80	0.50	1.16	0.32
1:0.0	2.0	1.05	0.00	0.64	0.00
1:0.6		1.10	0.10	0.76	0.07
1:1.0		1.40	0.15	0.93	0.10
1:1.9		1.20	0.15	0.73	0.10
1:5.6		1.55	0.17	1.11	0.12
1:9.4		1.35	0.15	2.25	0.25

นอกจากเทคนิค emulsion ที่ใช้การห่อหุ้มอนุภาคสารสกัดกลุ่ม xanthophyll แล้วยังมีเทคนิคอื่นๆเช่น จากการศึกษาของ Nalawade and Gajjar (2016) ที่ได้พัฒนาการห่อหุ้ม lutein microencapsulation เพื่อปรับปรุงความสามารถในการละลาย (solubility) และ ความสามารถในการเข้ากันได้ทางชีวภาพ (bioavailability) ของอนุภาคห่อหุ้ม ด้วย spray drying โดยการศึกษาชนิดของสารตัวพา (carriers) ที่เป็น soluble polymers คือ Maltodextrin (polysaccharide base) และ copovidone (polyvinyl pyrrolidone vinyl acetate based copolymer) พบว่า Copovidone เป็นสารตัวพา และ ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยทำให้คุณสมบัติการละลายน้ำรวมทั้งกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของอนุภาค lutein ที่ห่อหุ้มแล้วดีกว่า maltodextrin

อย่างไรก็ตามนอกจาก Copovidone แล้ว พอลิแลคติก แอซิด ก็เป็นสารตัวพาที่มีคุณสมบัติด้านความสามารถในการเข้ากันได้ทางชีวภาพ เช่นกัน ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปจึงได้ทดลองห่อหุ้มอนุภาคซีแซนทินด้วยพอลิแลคติกแอซิดด้วยวิธีอิมัลชัน

4.3 อนุภาคห่อหุ้มซีแซนทินด้วยพอลิแลคติกแอซิดด้วยวิธีอิมัลชัน

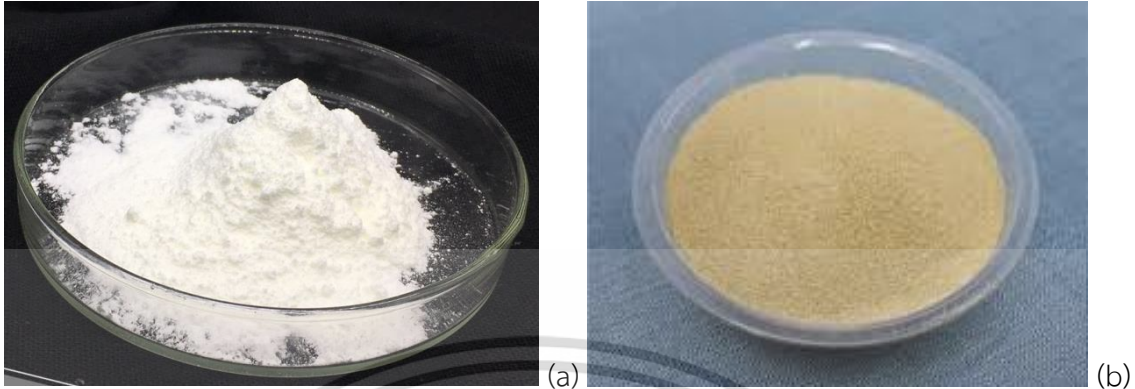
จากการศึกษาการห่อหุ้มซีแซนทินในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยพอลิแลคติก แอซิด (PLA) ด้วยวิธีอิมัลชัน และใช้สารละลายโซเดียมไตรพอสเฟต (TPP) 1.0%, 1.5% และ 2.0% (w/v) เป็นสารก่อพบว่าได้อิมัลชันเป็นสีเหลืองครีม แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีพบการแยกชั้นของอิมัลชัน โดยสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองได้แยกตัวออกจากชั้นของเฟสน้ำ และกลับเข้าสู่เฟสของน้ำมัน ดังภาพที่ 4.13 ซึ่งแสดงว่า โซเดียมไตรพอสเฟต ไม่มีผลทำให้เกิดอนุภาคในกระบวนการห่อหุ้มอนุภาคด้วยพอลิแลคติก แอซิด



ภาพที่ 4.13 การแยกชั้นของอิมัลชันของ PLA และ สารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ละลายในน้ำมันถั่วเหลือง (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PLA และ สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง = 1: 0.5) หลังการเติมสารละลาย TPP

ดังนั้นจึงเปลี่ยนวิธีการห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วย PLA เป็นการเตรียมสารละลาย PLA โดยการละลาย PLA ในตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม แล้วผสมกับสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ละลายในน้ำมันถั่วเหลือง โดยผันแปรอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0 1:0.2 1:0.4 1:0.6 1:0.8 และ 1:1.0 จากนั้นจึงนำมาทำเป็นอิมัลชันด้วยการตีปั่นผสมด้วยเครื่องโฮมจิไนซ์เซอร์ แล้วเทอิมัลชันที่ได้อิมัลชันในภาชนะที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแผ่นอนุภาค PLA และอนุภาคเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมาบดให้ละเอียด ซึ่งได้ อนุภาค PLA ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว และ อนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลือง ดังภาพที่ 4.14

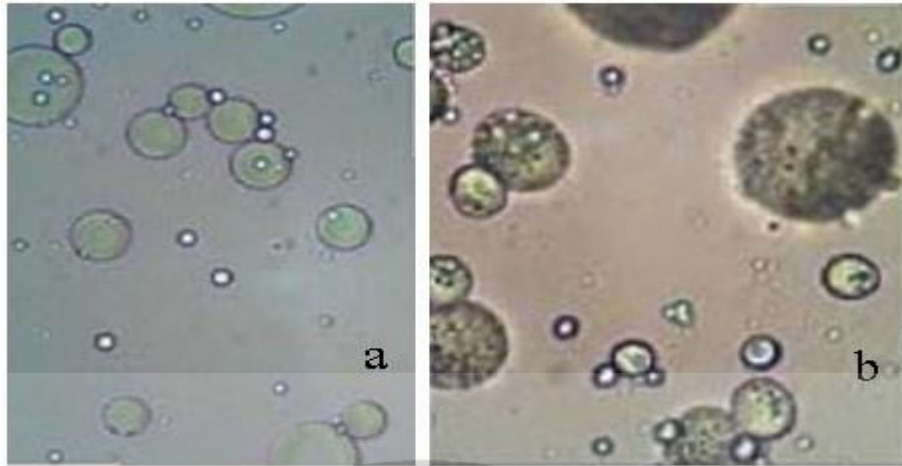


ภาพที่ 4.14 อนุภาคพอลิแลคติก แอซิด (a) และ อนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (b)

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการห่อหุ้มในอนุภาค PLA ด้วย UV-VIS spectrophotometry จึงใช้เอทานอล 95% เป็นสารกลาง (medium) โดยทำการผสมอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง ปริมาณ 0.5 กรัม ในตัวทำละลายเอทานอล 95% 10 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่องผสม vortex นาน 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซ็นตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที นำส่วนใส (supernatant) ที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 453 นาโนเมตร พบว่า ตรวจไม่พบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 453 นาโนเมตรของส่วนใสที่ได้จากอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0 1:0.2 1:0.4 1:0.6 และพบว่า ส่วนใสที่ได้จากอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.8 และ 1:1.0 มีค่าดูดกลืนแสง 0.0540 ± 0.02 และ 0.8401 ± 0.01 ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้แสดงว่า PLA จำนวน 1 กรัม สามารถห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 0.6 กรัม

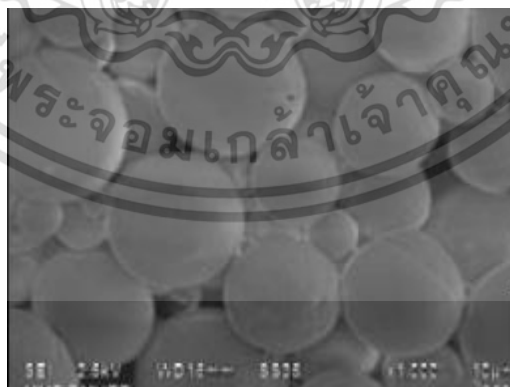
การเตรียมอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดลักษณะนี้ เป็นการเตรียมพอลิเมอร์แคปซูลในรูปของอิมัลชันที่วัฏภาคอินทรีย์กระจายตัวในวัฏภาคต่อเนื่อง โดยอาศัยหลักการของการแยกวัฏภาคภายใน (Internal phase separation) เพื่อให้ได้พอลิเมอร์แคปซูล (รัชนีวรรณ และคณะ, 2559) ในกระบวนการเตรียมอนุภาคห่อหุ้มลักษณะนี้ จำเป็นต้องอาศัยสารลดแรงตึงผิวที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง เพื่อไม่ให้หยดสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองกลับมารวมตัวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อตัวทำละลายค่อยๆระเหยไปจะเกิดปรากฏการแยกวัฏภาคภายในพอลิเมอร์ขึ้น เนื่องจาก PLA มีความเป็นขี้มากกว่าสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ละลายในน้ำมันถั่วเหลือง ทำให้ PLA แยกตัวและเคลื่อนที่มาด้านนอกของหยดมอนอเมอร์แล้วฟอร์มตัวคล้ายเปลือกห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองไว้ภายใน ดังภาพที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 อนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และ สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 ก่อนระเหยคลอโรฟอร์ม (a) และหลังระเหย คลอโรฟอร์ม (b) เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000X

จากการตรวจลักษณะพื้นผิวของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 หลังระเหยคลอโรฟอร์ม ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (ภาพที่ 4.16) พบว่าอนุภาค PLA มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวเรียบ มีขนาด แตกต่างกันไป ซึ่งแสดงว่ามีการแยกวัฏภาคขึ้นอย่างสมบูรณ์ เพราะถ้าไม่เกิดการแยกวัฏภาคอย่างสมบูรณ์ มี ผลทำให้ผิวของอนุภาคไม่เรียบเนื่องจากมีสารอินทรีย์บางส่วนอยู่ที่เปลือกของวัฏภาคภายนอก ดังเช่นกรณี ที่เกิดขึ้นกับผิวของอนุภาคแคปซูลที่ห่อหุ้มวัสดุเก็บความร้อนที่ผสมยางพาราธรรมชาติของ Chaiyasart et al. (2012)



ภาพที่ 4.16 พื้นผิวของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนของ PLA และสารสกัด กลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:0.6 หลังระเหยคลอโรฟอร์ม ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สมบัติทางความร้อนของอนุภาคไคโตซานและอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดที่ห่อหุ้มซีแซนทินใน สารสกัดกลีบดอกดาวเรือง

4.4.1 สมบัติทางความร้อนของอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มซีแซนทินในสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง

เมื่อนำอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง และ อนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัด กลีบดอกดาวเรืองมาตรวจสอบการสลายตัวทางความร้อน โดยการตรวจสอบการสลายตัวของ DTG ได้เทอร์โมแกรมของการตรวจสอบดังแสดงในภาพที่ 4.17

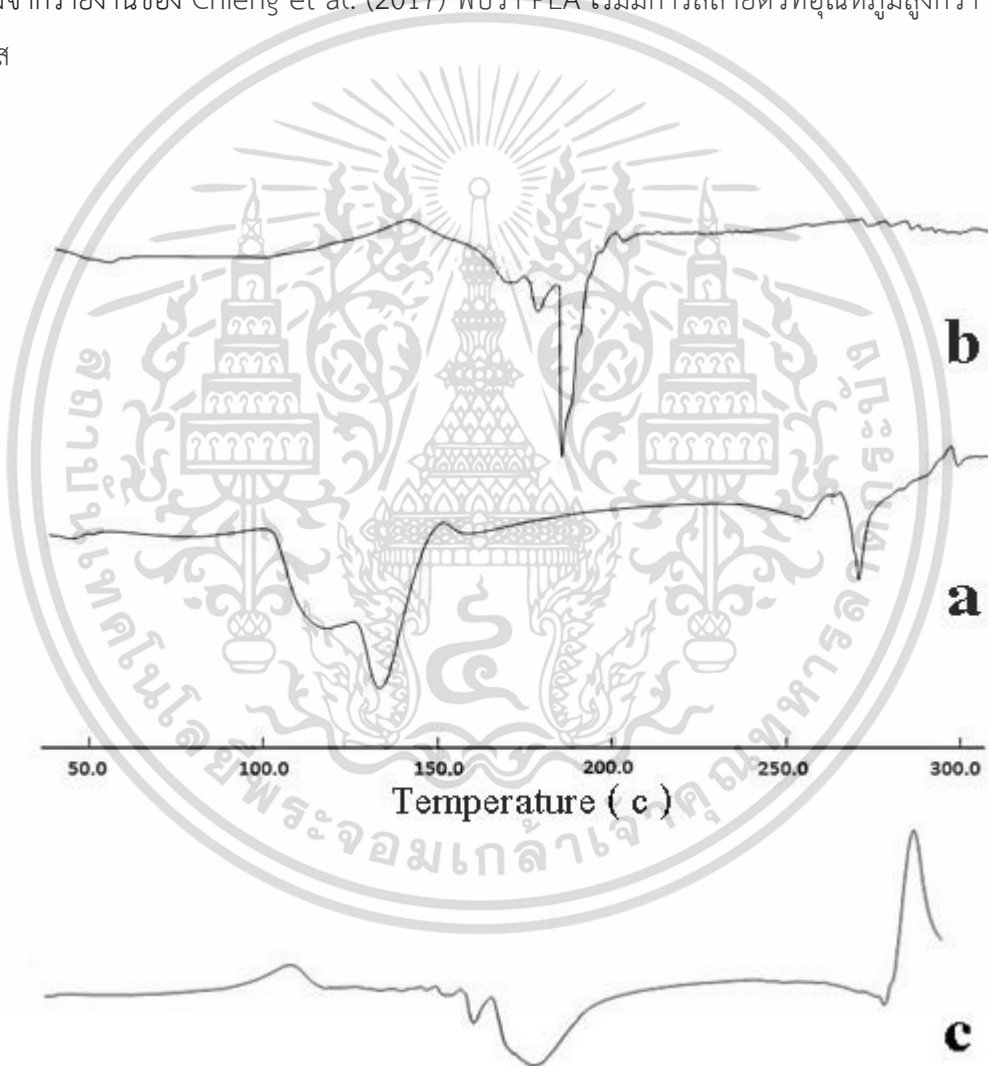
จากเทอร์โมแกรม DTG ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง จะเห็นว่าสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมีการสลายตัวมากกว่า 3 ขั้นตอน โดยเกิดการสลายตัวของสารประกอบอย่างชัดเจน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 107.2 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 111.8 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 เริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 124.9 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 132.1 องศาเซลเซียส และ ขั้นตอนที่ 3 มีการสลายตัวครั้งที่อุณหภูมิ 262.4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.17a)

สำหรับเทอร์โมแกรม DTG ของอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:1.9 และ ใช้สารละลาย TPP ความเข้มข้น 1.5%(w/v)เป็นสารก่ออนุภาค พบว่าอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเริ่มมีการสลายตัวอย่างที่อุณหภูมิ 147.2 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วครั้งแรกที่อุณหภูมิ 163.0 องศาเซลเซียส สลายตัวอย่างรวดเร็วครั้งที่สองที่อุณหภูมิ 168.7 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วครั้งที่สามที่อุณหภูมิ 172.2 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมินี้สารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเกิดการสลายตัวมากที่สุด อย่างไรก็ตามยังพบการสลายตัวอย่างเล็กน้อยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 140.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.17b)

เมื่อเปรียบเทียบเทอร์โมแกรม DGA ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (ภาพที่ 4.17a) และ ของอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (ภาพที่ 4.17b) พบว่ามีลักษณะคล้ายกัน แต่อนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองอิสระ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มความเสถียรทางความร้อนให้กับสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองได้

จากการตรวจสอบปริมาณการสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า ในการสลายตัวครั้งแรก อนุภาคไคโตซาน และอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมีปริมาณการสลายตัว 12.47-26.10% และ 24.26-38.14% ในการสลายตัวครั้งที่ 2 สำหรับอนุภาคไคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เท่ากับ 1:3 1:6 1:1.25 1:5.6 และ 1: 9.4 มีปริมาณการสลายตัวประมาณ 10.52-25.62%

สำหรับเทอร์โมแกรม DTG ของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วน โดยน้ำหนักของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:0.6 พบว่า เทอร์โมแกรม DTG ของอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง การสลายตัวในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างจากการสลายตัวของอนุภาคโคซาน และ อนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง อย่างไรก็ตามพบการเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 131.5 องศาเซลเซียส และมีสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 179.7 องศาเซลเซียส ซึ่งน่าจะเป็นการสลายตัวของ สารประกอบของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง หรือน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้เป็นตัวทำละลายสารสกัดกลีบดอก ดาวเรือง เนื่องจากการสลายตัวเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ PLA เริ่มสลายตัว จากนั้นพบการสลายตัว อีกครั้งที่อุณหภูมิ 274.1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.17c) ซึ่งการสลายตัวในครั้งนี้น่าจะเป็นการสลายตัวของ PLA ซึ่งจากรายงานของ Chieng et al. (2017) พบว่า PLA เริ่มมีการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศา เซลเซียส



ภาพที่ 4.17 เทอร์โมแกรม DTG ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (a) ของอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสาร สกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:1.9 และ TPP ความเข้มข้น 1.5%(w/v) และ ของอนุภาค PLA ที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอก ดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PLA และสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 สมบัติทางความร้อนของอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดที่ห่อหุ้มซีแซนทินในสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการสลายตัวของอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง และอุณหภูมิการสลายตัวของอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง จะพบว่า มีอุณหภูมิการสลายตัวมีแนวโน้มสูงการอุณหภูมิการสลายตัวของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองอิสระ และการสลายตัวของอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง เกิดขึ้นในอัตราเร็วที่ช้ากว่าการสลายตัวของอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองซึ่งสังเกตได้จากความชันของเทอร์โมแกรม DTG ของอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง ที่อุณหภูมิ 179.7 องศาเซลเซียส ที่มีความชันน้อยกว่าความชันของเทอร์โมแกรม DTG ของอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง ที่อุณหภูมิ 172.2 องศาเซลเซียส และจากรายงานของ Tee et al. (2016) ที่ได้รายงานว่า สารคอมโพสิตของ PLA และ epoxidized soybean oil มีความเสถียรทางความร้อนลดลง ในขณะที่ สารคอมโพสิตของ PLA และ epoxidized palm oil กลับมีความเสถียรด้านความร้อนสูงขึ้น ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ที่น้ำมันถั่วเหลืองในอนุภาค PLA ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองมีผลทำให้อนุภาค PLA เกิดการสลายได้ง่าย

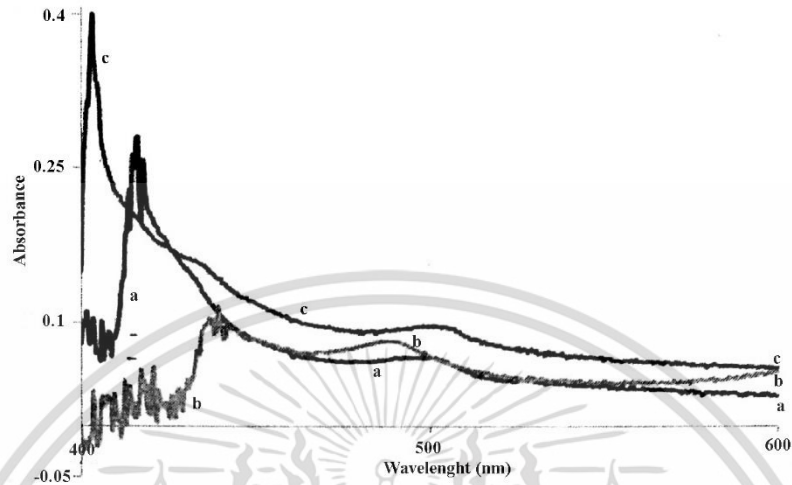
4.5 ประสิทธิภาพการปลดปล่อยของอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มซีแซนทินในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองและอนุภาคพอลิแลคติก แอซิดที่ห่อหุ้มซีแซนทินในสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ได้

ในการทดลองได้ศึกษาการปลดปล่อยซีแซนทินจากอนุภาคโคโตซานจากสารตัวกลาง 4 ชนิดคือ สารละลายบัฟเฟอร์ ได้แก่ เอทานอล สารละลายบัฟเฟอร์ทริส (Tris-buffer pH 8) สารละลายบัฟเฟอร์ PSB (pH 7.4) และ สารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ (pH 5.6) ซีแซนทินจากอนุภาคโคโตซานถูกปลดปล่อยออกจากละลายในเอทานอลได้ดี แต่ไม่ถูกปลดปล่อยใน สารละลายบัฟเฟอร์ทุกชนิด ซึ่งแตกต่างจากการทดสอบการละลายของซีแซนทินอิสระที่สามารถละลายได้ดีในเอทานอล และละลายได้บ้างใน สารละลายทริสบัฟเฟอร์และ สารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ แต่ไม่ละลายในสารละลายบัฟเฟอร์ PSB (ภาพที่ 4.18)

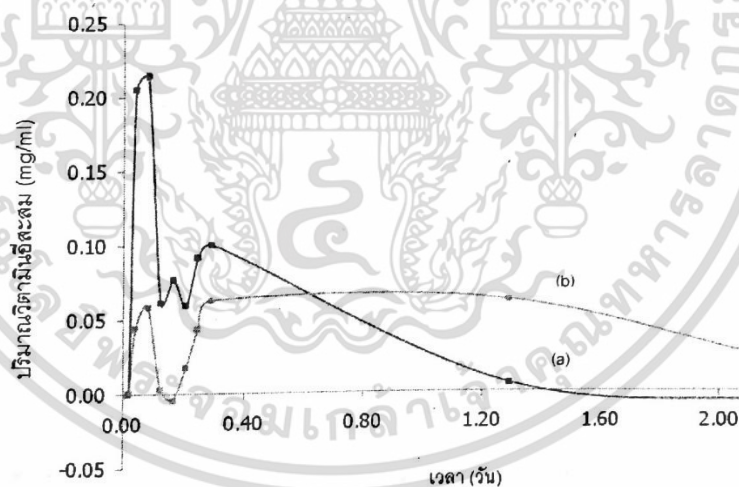
จากการติดตามการปลดปล่อยซีแซนทินที่ถูกห่อหุ้มในอนุภาคโคโตซานในตัวกลางเอทานอล พบว่า ในช่วงแรก ปริมาณซีแซนทินแพร่ออกมาในอัตราเร็วที่ไม่คงที่ ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะการจับกันเป็นก้อนของอนุภาคที่เตรียมได้ ทำให้บางอนุภาคสัมผัสกับเอทานอลได้ช้า จนเมื่อเวลาผ่านไป 420 นาที ปริมาณซีแซนทินในอนุภาคจึงเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 4.19) โดยอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักโคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:5.6 ที่มีสารละลาย TPP 1.5%(w/v) มีปริมาณซีแซนทินสะสมมากกว่า ที่มีสารละลาย TPP 2.0 %(w/v) ซึ่ง Desai and Parl (2005) ได้อธิบายว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย TPP ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ความสามารถในการบวมตัวของอนุภาคโคโตซานลดลง จึงทำให้การปลดปล่อยซีแซนทินออกจากอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย TPP 2.0 %(w/v) จึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่าอนุภาคโคโตซานห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ใช้
สารละลาย TPP 1.5 %(w/v)



ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงของค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-600 นาโนเมตรของซีแซนทินในตัวทำ
ละลายซีเตรทบัฟเฟอร์ (a) สารละลาย PSB บัฟเฟอร์ (b) และ สารละลาย Tris buffer (c)



ภาพที่ 4.19 ปริมาณซีแซนทินสะสมในสารตัวกลางเอทานอลของอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบ
ดอกดาวเรืองที่มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักโคโตซานต่อสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง 1:5.6 ที่ใช้
สารละลาย TPP 1.5% (a) และ 2.0% (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

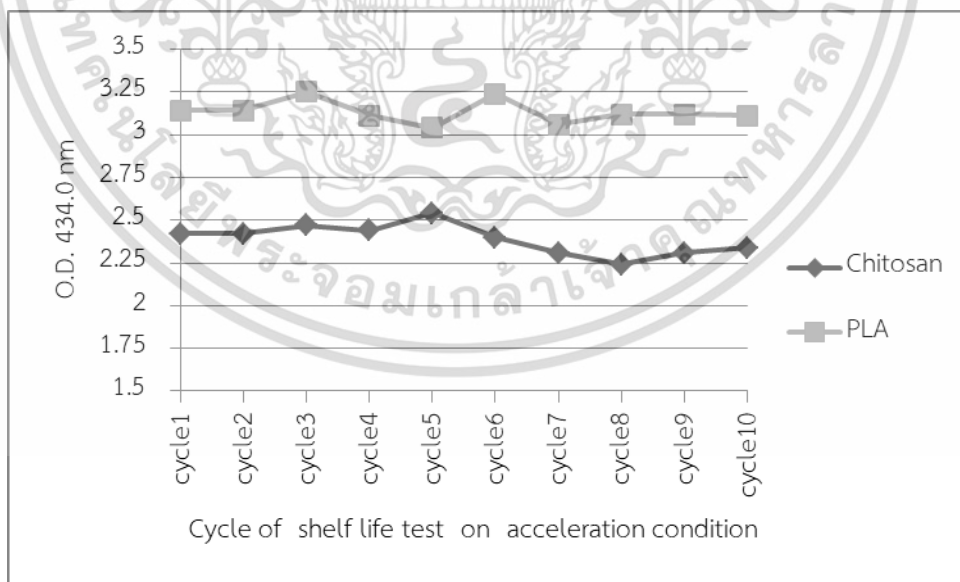
ตารางที่ 4.5 ปริมาณการสลายตัวทางความร้อนของอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองต่างๆ เมื่อ TPP 1.5% ด้วย Thermogravmetric analysis (TGA)

ความเข้มข้นของสารละลาย TPP(% w/v)	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของโคโตซานและสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง	น้ำหนักสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง (กรัม)	น้ำหนักอนุภาคห่อหุ้ม (มก.)	ขั้นที่ 1			ขั้นที่ 2			ขั้นที่ 3			น้ำหนักอนุภาคห่อหุ้มที่เหลือ (มก.)	
				อุณหภูมิ (°ซ)	ตัวอย่างที่หายไป		อุณหภูมิ (°ซ)	ตัวอย่างที่หายไป		อุณหภูมิ (°ซ)	ตัวอย่างที่หายไป			
					(มก.)	(%)		(มก.)	(%)		(มก.)	(%)	(มก.)	(%)
1.5	1:0.0	0.000	18.020	92.2	2.316	12.85	238.0	6.873	38.14	-	-	-	8.832	49.01
	1:0.6	0.3018	17.100	80.1	4.463	26.10	242.3	5.547	32.44	-	-	-	7.090	41.46
	1:1.0	0.6024	17.410	8.3	3.987	22.90	243.8	5.146	29.56	326.0	1.832	10.52	6.445	37.02
	1:1.9	0.9050	17.200	81.17	3.681	21.40	242.8	4.173	24.26	348.3	2.219	12.90	7.128	41.44
	1:5.6	1.2071	16.790	84.8	2.435	14.50	240.7	4.260	25.37	364.9	2.960	17.63	7.136	42.50
	1:9.4	3.0018	17.160	83.8	2.140	12.47	242.6	4.289	24.99	370.4	4.408	25.96	6.323	36.85

4.6 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรือง

จากการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้มของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในของอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ในสภาวะเร่ง โดยเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ถือเป็น 1 รอบ แต่ละรอบเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยของสารสกัดในรูปของปริมาณซีแซนทินด้วยการวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 434.00 นาโนเมตร พบว่า จากการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 รอบ พบว่าอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซาน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีแซนทินมากกว่าอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วย PLA โดยค่า O.D. ของ สารสกัดที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซาน และ PLA ลดลงเล็กน้อยเท่านั้น (ภาพที่ 4.20)

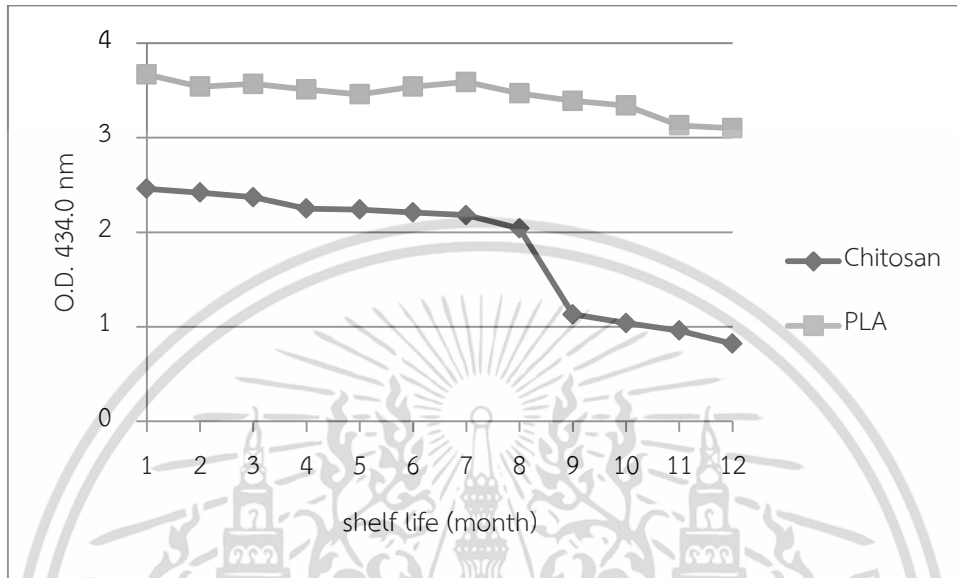
ดังนั้นจึงทำการทดสอบอีกครั้งโดยการเก็บรักษาอนุภาคห่อหุ้มของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ปี (พฤศจิกายน 2560-พฤศจิกายน 2561) โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 1 เดือนมาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยของสารสกัดในรูปของปริมาณซีแซนทินด้วยการวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 434.00 นาโนเมตร พบว่า สารสกัดที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซาน มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีแซนทินเริ่มลดลงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน และมีค่าลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งของค่า O.D. เริ่มต้น เมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน (ดังภาพที่ 4.21) เมื่อตรวจสอบผงอนุภาคที่เก็บรักษานานเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าลักษณะของผลอนุภาคจับตัวกันเป็นก้อน มีกลิ่นหืนและมีการแยกตัวของน้ำมัน



ภาพที่ 4.20 ค่า O.D. ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคห่อหุ้มด้วยไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิดในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสารสกัดที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยพอลิแลคติกแอซิด มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีแซนทีนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน (ดังภาพที่ 4.21) เมื่อตรวจสอบผงอนุภาคที่เก็บรักษานานเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าลักษณะของผงอนุภาคมีความกระจายตัวดี เพียงแต่มีสีจางลง



ภาพที่ 4.21 ค่า O.D. ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคห่อหุ้มด้วยไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 พบว่าอนุภาคไคโตซานสามารถห่อหุ้มซีแซนทินด้วยวิธีอิมัลชัน 1.075% เมื่ออัตราส่วนของไคโตซานต่อซีแซนทินมาตรฐานเท่ากับ 1:0.6 และความเข้มข้นของสารละลายไตรพอลีฟอสเฟตเป็น 2% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเมื่อวิเคราะห์โครงสร้างและคุณสมบัติทางความร้อนและประสิทธิภาพการปลดปล่อยของอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มซีแซนทินที่ได้ พบว่า อนุภาคมีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาดประมาณ 30-48 นาโนเมตร ซึ่งขนาดของอนุภาคจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรพอลีฟอสเฟตที่ใช้ เมื่อนำอนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มซีแซนทินมาตรวจสอบการสลายตัวทางความร้อนพบว่า อนุภาคไคโตซานที่ห่อหุ้มซีแซนทินสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าซีแซนทินอิสระ เล็กน้อย

5.2 อนุภาคพอลิแลคติก แอซิด และอนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวอมเหลืองและเกาะตัว โดยอนุภาคเดี่ยวมีขนาดอยู่ในช่วง 22-42 นาโนเมตร เมื่อวัดด้วยเทคนิค TEM และมีขนาด 5,445-10,100 นาโนเมตร เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค ความจุในการกักเก็บแซนโทฟิลล์ (%LC) และประสิทธิภาพในการเก็บกักแซนโทฟิลล์ (%EE) พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของพอลิแลคติกแอซิดต่อแซนโทฟิลล์ 1:1.0 และ 1:5.0 ให้ค่า %LC สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลของ FTIR ส่วน %EE ที่ 1:1.0 ให้ค่าสูงสุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1.0

5.3 จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของอนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ พบว่าอนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มแซนโทฟิลล์มีลักษณะการสลายตัวแบบ 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ขั้นตอนที่สองเกิดที่อุณหภูมิ 240.7-243.8°C คาดว่าเป็นการสูญเสียน้ำ และการสลายตัวของพอลิแลคติกแอซิด ตามลำดับ ขั้นตอนที่สามเกิดที่อุณหภูมิ 348.3-370.4°C คาดว่าเป็นการสลายตัวของแซนโทฟิลล์

5.4 การตรวจสอบปริมาณการสลายตัวทางความร้อนของอนุภาคพอลิแลคติกห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ พบว่า สารแซนโทฟิลล์มีปริมาณการสลายตัว 98.64% ที่อุณหภูมิ 598°C อนุภาคพอลิแลคติกแอซิด และอนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มแซนโทฟิลล์มีปริมาณการสลายตัว 12.47-26.01% ในขั้นตอนแรก และ 24.26-38.14% ในขั้นตอนที่ 2 ตามลำดับ ส่วนอนุภาคพอลิแลคติกแอซิดห่อหุ้มแซนโทฟิลล์ที่มีอัตราส่วนของพอลิแลคติกแอซิดต่อแซนโทฟิลล์เป็น 1:1.0, 1:1.5, 1:2.0 และ 1:5.0 มีปริมาณการสลายตัวประมาณ 10.52-25.69%

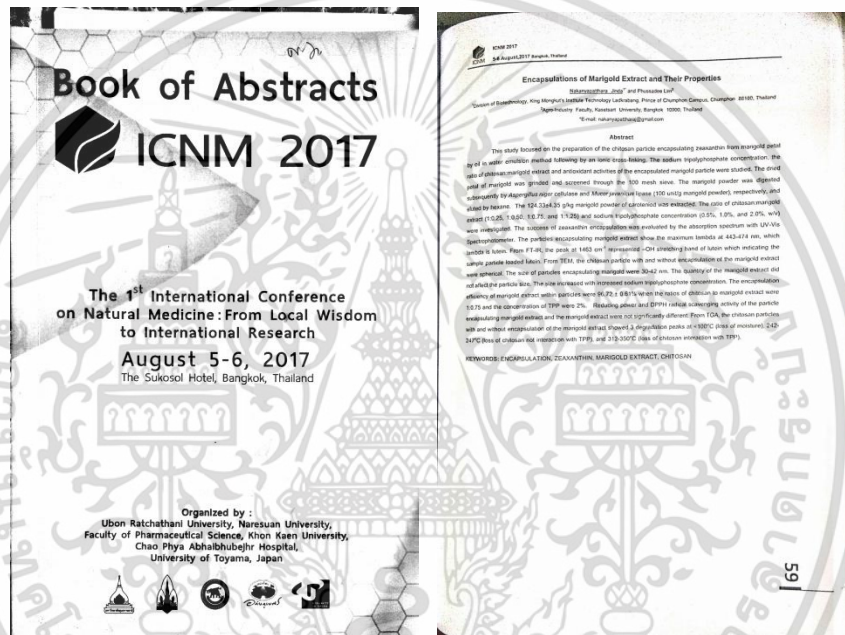
5.5 อนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซานและพอลิแลคติก แอซิด ที่บรรจุลงในออลูมิเนียมฟอยล์ แบบสุญญากาศ พบว่า อนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยไคโตซานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 5 เดือน ในขณะที่อนุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองด้วยพอลิแลคติก แอซิด ที่บรรจุลงในออลูมิเนียมฟอยล์ แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 12

เดือน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 สรุปผลผลิตการวิจัย

6.1 การนำเสนอผลงานวิจัยในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

ได้นำเสนอผลงานวิจัยในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 1st International Conference On Natural Medicine: From Local Wisdom to International Research ระหว่างวันที่ 5-6 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร เพื่อนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ เรื่อง Encapsulations of Marigold Extract and Their Properties ดังภาพที่ 6.1 และ 6.2



ภาพที่ 6.1 Proceeding book และ บทคัดย่อในนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ เรื่อง Encapsulations of Marigold Extract and Their Properties ในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 1st International Conference on Natural Medicine: From Local Wisdom to International Research ระหว่างวันที่ 5-6 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร

6.2 นำเสนอผลงานวิจัยในรูปนิทรรศการ

ได้แสดงผลผลิตภัณฑ์จากผลงานวิจัยในรูปนิทรรศการ ในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 3 IAMBEST2018 จัดโดยวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในระหว่างวันที่ 24 – 25 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรม Loft mania Boutique Hotel อำเภอเมืองจังหวัดชุมพร (ภาพที่ 6.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.2 แสดงผลิตภัณฑ์จากผลงานวิจัยในรูปแบบตราการ ในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3 ในระหว่างวันที่ 24 – 25 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรม Loft mania Boutique Hotel อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร

6.3 การผลิตผู้ช่วยนักวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ฝึกนักศึกษาระดับปริญญาตรีเป็นผู้ช่วยนักวิจัย 1 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ได้จัดอบรมถ่ายทอดการประยุกต์ใช้อินุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในผลิตภัณฑ์สบู่และโลชั่น ในการอบรมถ่ายทอดการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและการแปรรูป เมื่อ 22-23 กันยายน 2561



ภาพที่ 6.3 การอบรมถ่ายทอดการประยุกต์ใช้อินุภาคห่อหุ้มสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองในผลิตภัณฑ์สบู่และโลชั่น ในการอบรมถ่ายทอดการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและการแปรรูป เมื่อ 22-23 กันยายน 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. รายงานสถานการณ์ดาวเรืองในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Anjani, K., K. Kailasapathy, and M. Philips. 2007. Microencapsulation of enzymes for potential application in acceleration of cheese ripening. *International Dairy Journal*. 17:79-86.
- Arunkumar, P and A.Yogamoorthi. 2014. Isolation, application and biochemical characterization of colour component from *Tecoma stans*: A new cost effective and eco-friendly source of natural dye. *International Journal of Natural Products Research*. 4(1): 9-11.
- Barzana, E., D. Rubio, R. I. Santamaria, O. Garcia-Correa, F. Garcia, V. E. Ridaura Sanz, and A. López-Munguía. 2002. Enzyme-mediated solvent extraction of carotenoids from marigold flower (*Tagetes erecta*). *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 4491-4496.
- Beverly, R.L., M.E. Janes, W. Prinyawiwatkula, and H.K. No. 2008. Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*. 25:534-537.
- Breithaupt, D. E., A. Bamedi. and U. Wirt. 2002a. Carotenol fatty acid esters: easy substrates for digestive enzymes?. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*. 132: 721-728.
- Breithaupt, D. E., U. Wirt, and A. Bamedi. 2002b. Differentiation between lutein monoester regioisomers and detection of lutein diesters from marigold flowers (*Tegetes erecta* L.) and Several fruits by liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 66-70.
- Chaiyasat, A., C. Watee, K. Songkhamrod, P. Sirithip, V. Voranuch, and P. Chaiyasat. 2012. Preparation of polydivinylbenzene/natural rubber capsule encapsulating octadecane: Influence of natural rubber molecular weight and content. *Express Polymer Letters*. 6: 70- 77.
- Chaparzadeh, N., M. L. D'Amico, R-A. Khavari-Nejad, R. Izzo, and F. Navari- Izzo. 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42: 695-701.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chieng, B. W., N. A. Ibrahim, Y. Y. Then and Y. Y. Loo. 2017. Epoxidized Jatropha Oil as a sustainable plasticizer to poly(lactic Acid). *Polymers*. 9(6). 204.
- Cho, M.H., H.K. No, and W. Prinyawiwatkula. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. *Journal of food science an official publication of the Institute of Food Technology*. 73:s70-s77.
- Delgado-Vargas, F. and O. Paredes-López. 1997a. Effects of enzymatic treatments of marigold flowers on lutein isomeric profiles. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 45: 1097-1102.
- _____. 1997b. Effects of enzymatic treatments on carotenoid extraction from marigold flowers (*Tagetes erecta*). *Food Chemistry*. 58: 255-258.
- Fahim, I., A. Kheireddine, S. Belaaouad. 2013. Sodium tripolyphosphate (STPP) as a novel corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl. *Journal of optoelectronics and advanced materials*. 15(5- 6): 451 – 456.
- González de Mejía, E., G. Loarca-Piña, and M. Ramos-Gómez. 1997. Antimutagenicity of xanthophylls present in Aztec marigold (*Tagetes erecta*) against 1-nitropyrene. *Mutation Research*. 389: 219-226.
- Hamburger, M., S. Adler, D. Baumann, A. Förg, and B. Weinreich. 2003. Preparative purification of the major anti-inflammatory triterpenoid esters from marigold (*Calendula officinalis*). *Fitoterapia*. 74: 328-338.
- Heinzelman, K., K. Franke, B. Jensen, and A.M. Haahr. 2000. Protection of fish oil from oxidation by microencapsulation using freeze-drying techniques. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 102:114-120.
- Higuera-Ciapara, I., L. Felix-Valenzuela, F.M. Goycoolea, and W. Argüelles-Monal. 2004. Microencapsulation of astaxanthin in a chitosan matrix. *Carbohydrate Polymer*. 56:41-45.
- Hojnik, Mas`a Mojca Škerget, Z`eljko Knez. 2008. Extraction of lutein from Marigold flower petals e Experimental kinetics and modeling. *LWT - Food Science and Technology*. 41:2008-2016.
- Homayoumi, A., A. Azizi, M.R. Ehsani, M.S. Yarmand, and S.H. Razavi. 2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of symbiotic ice cream. *Food Chemistry*. 111:50-55.

- Huang, Y.I., Y.H. Cheng, C.C. Yu, T.R. Tsai, and T.M. Cham. 2007. Microencapsulation of extract containing shikonin using gelatin-acacia coacervation method: A formaldehyde-free approach. *Colloids Surf. B Biointerfaces*. 58:290-297.
- Kasting, G.B., V.D. Bhatt, and T.J. Speaker. 2008. Microencapsulation decreases the skin absorption of *N,N*-diethyl-*m*-toluamide (DEET). *Toxicology in Vitro*. 22:548-552.
- Klinkesorn, U., P. Sophanodora, P. Chinachoti, E.A. Decker, and D.J. McClements. 2005. Encapsulation of emulsified tuna oil in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Hydrocolloids*. 19:1044-1053.
- Ko, J. A., H. J. Park, S.J. Hwang, J.B. Park, and J.S. Lee. 2002. Preparation and characterization of chitosan microparticles intended for controlled drug delivery. *International Journal of Pharmaceuticals*. 2492:165-174.
- Kruger, C. L., M. Murphy, Z. DeFreitas, F. Pfannkuch, and J. Heimbach. 2002. An innovative approach to the determination of safety for a dietary ingredient derived from a new source: case study using a crystalline lutein product. *Food and Chemical Toxicology*. 40: 1535-1549.
- Martins, A.F., D. M. de Oliveira, A.G.B Pereira, A. F. Rubira, E. C. Muniz. 2012. Chitosan/TPP microparticles obtained by microemulsion method applied in controlled release of heparin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 51(5):1127-1133.
- Meanwell, R.J.L. and G. Shma. 2008. Production of streptomycin from chitin using *Streptomyces griseus* in bioreactors of different configuration. *Bioresource Technology*. 99:5634-5639.
- Mourya, V.K. and N.N. Inamdar. 2008. Chitosan-modifications and applications: Opportunities galore. *Reactive and Functional Polymers*. 68:1013-1015.
- Nagahama, H., N. New, R. Jayakumar, S. Koiwa, T. Furuike, and H. Tamura. 2008. Novel biodegradable chitin membranes for tissue engineering applications. *Carbohydrate Polymer*. 73:295-302.
- Navarrete-Bolan˜os, J.L., C. L. Rangel-Cruz, H. Jim´enez-Islas, E. Botello-Alvarez, R. Rico-Mart´inez. 2005. Pre-treatment effects on the extraction efficiency of xanthophylls from marigold flower (*Tagetes erecta*) using hexane. *Food Research International*. 38:159–165.

- Navarrete-Bolaños, J. L., H. Jiménez-Islas, E. Botello-Alvarez, R. Rico-Martinez, and O. Paredes-López. 2004. Improving xanthophyll extraction from marigold flower using cellulolytic enzymes. *J. Agric. Food Chem.* 52: 3394-3398.
- Navarrete-Bolaños, J. L., H. Jiménez-Islas, E. Botello-Alvarez, and R. Rico-Martinez. 2003. Mixed culture optimization for marigold flower ensilage via experimental design and response surface methodology. *Journal of Agricultural Food Chemistry.* 51: 2206-2211.
- Nalawade, P. B. and A. K. Gajjar. 2016. Microencapsulation of lutein extracted from marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) using full factorial design. *J. Drug Delivery Science and Technology.* 33: 75-87.
- Nilsen-Nygaard, J., S. P. Strand, K. M. Vårum, K. I. Draget and C. T. Nordgård. 2015. Chitosan: Gels and Interfacial Properties. *Polymers.* 7(3):552-579.
- Soliman, K. M. and R. I. Badeaa. 2002. Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology.* 40: 1669-1675.
- Sowasod, N., T. Charinpantikul, and W. Tanthapanichakoon. 2005. Encapsulation of curcumin in chitosan nanospheres for cosmetic application. *MaDPar T 2005 Proceedings.* Available Source: <http://www.thaiparticletech.com/matpad2005/abstract/PDF/DF07.pdf>, 10 May 2014.
- Tee, Y. B., R. A. Talib, K. Abdan, N. L. Chin, R. K. Basha, and K. F. Md Yunus. 2016. Comparative study of chemical, mechanical, thermal, and barrier properties of poly(lactic acid) plasticized with epoxidized soybean oil and epoxidized palm oil. *BioRes.* 11(1), 1518-1540.
- Vasudevan, P., S. Kashyap, and S. Sharma. 1997. *Tagetes*: A multipurpose plant. *Bioresource Technology.* 62: 29-35.
- Wang, S.L., J.H. Peng, T.W. Liang, and K.C. Liu. 2008. Purification and characterization of a chitosanase from *Serratia macescens* TKU011. *Bioresource Technology.* 99:4386-4393.
- Weerakody, R., P. Fagen, and S.L. Kosaraju. 2008. Chitosan microspheres for encapsulation of α -lipoic acid. *International Journal of Pharmaceuticals.* 357:213-218.
- Wischke, C and S.P. Schwendeman. 2008. Principle of encapsulating hydrophobic drugs in PLA/PLGA microparticles, *International Journal of Pharmaceuticals.*

- Yoo, S.H., Y.B. Song, P.S. Chang, and H.G. Lee. 2006. Microencapsulation of α -tocopherol using sodium alginate and its controlled release properties. *International Journal of Biological Macromolecul.* 38:25-30.
- Zitterl-Eglseer, K., S. Sosa, J. Jurenitsch, M. Schubert-Zsilavec, R. D. Loggia, Tubaro, M. Bertoldi, and C. Franz. 1997. Anti-oedematous activities of the main triteroendiol esters of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Ethnopharmacology.* 57: 139-144.
- Zorn, H., D. E. Breithaupt, M. Takenberg, W. Schwack, and R. G. Berger. 2002. Enzymatic hydrolysis of carotenoid esters of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) and red paprika (*Capsicum annum* L.) by commercial lipases and *Pleurotus sapidus* extracellular lipase. *Enzyme and Microbiological Technology.* 32: 623-628.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณปริมาณซีแซนทีน

การคำนวณปริมาณซีแซนทีนที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซานที่ห่อหุ้มสารสกัดดาวเรือง (มิลลิกรัม/ตัวอย่าง 1 กรัม)

สูตรการคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของตัวอย่าง (mg/ml)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (mg)}}{\text{ปริมาณเอทานอล (ml)}}$$

$$\text{Dilution Factor (DF)} = \frac{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (\mu l)} + \text{ปริมาตรเอทานอล (\mu l)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (\mu l)}}$$

$$\text{ความเข้มข้นซีแซนทีนที่วัดได้ด้วยสเปกโตรสโกปี} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสง}}{\text{ค่าความชันของเส้นกราฟมาตรฐาน}}$$

$$\text{ความเข้มข้นของซีแซนทีนในตัวทำละลาย (mg/ml)} = A - B$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นซีแซนทีนที่วัดได้ที่อัตราส่วนโคโตซาน:สารสกัดดาวเรืองต่างๆ

B = ความเข้มข้นซีแซนทีนที่วัดได้ที่อัตราส่วนโคโตซาน:สารสกัดดาวเรืองเป็น 1:0

$$\text{ความเข้มข้นเริ่มต้นของซีแซนทีน (mg/ml)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของซีแซนทีน } \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}}\right) \times \text{ปริมาตรตัวอย่างที่เหลือ } (\mu\text{l})}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่เหลือ } (\mu\text{l}) + \text{ปริมาตรเอทานอลที่เจือจาง } (\mu\text{l})}$$

$$\text{ปริมาณซีแซนทีนที่ถูกปลดปล่อย (mg/sample 1 g)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของซีแซนทีน } \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}}\right) \times 100}{\text{ความเข้มข้นของตัวอย่าง } \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}}\right)}$$

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซาน เมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และ ความเข้มข้นของ TPP 0.5%(w/w)

Mixing time (min)	CTS:XXT	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/ml)	DF	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml)*	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml)* x DF (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทิน (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทินที่เพิ่มขึ้นในอนุภาค (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทินที่สะสม (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อย (mg/Sample 1 g)
15	1:0.0	0.0000	12	0.0167	0.0028	0.0341	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.0000	12	0.0485	0.0082	0.0983	0.0642	0.0000	0.0000	0.6370
	1:0.6	0.0000	12	0.0620	0.0104	0.1244	0.0903	0.0000	0.0000	0.9026
	1:1.3	0.0000	12	0.0941	0.0157	0.1885	0.1544	0.0000	0.0000	1.5348
	1:3.8	0.0000	12	0.2680	0.0448	0.5375	0.5034	0.0000	0.0000	5.0155
	1:6.3	0.0000	12	0.7580	0.1267	1.5203	1.4862	0.0000	0.0000	14.8066
30	1:0.0	0.0000	12	0.0240	0.0040	0.0281	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.0602	12	0.0339	0.0057	0.0682	0.0201	-0.0401	0.0241	0.2365
	1:0.6	0.0846	12	0.0711	0.0119	0.1424	0.0943	0.0097	0.0999	0.9916
	1:1.3	0.1448	12	0.1081	0.0181	0.2166	0.1685	0.0237	0.1781	1.7813
	1:3.8	0.4720	12	0.2880	0.0481	0.5776	0.5295	0.0575	0.5610	5.5748
	1:6.3	1.3933	12	0.7751	0.1295	1.5544	1.5063	0.1129	1.5992	15.9318

หมายเหตุ * ค่าความชันของเส้นกราฟมาตรฐาน = 0.5937

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโตซาน เมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และ ความเข้มข้นของ TPP 1.0%(w/w)

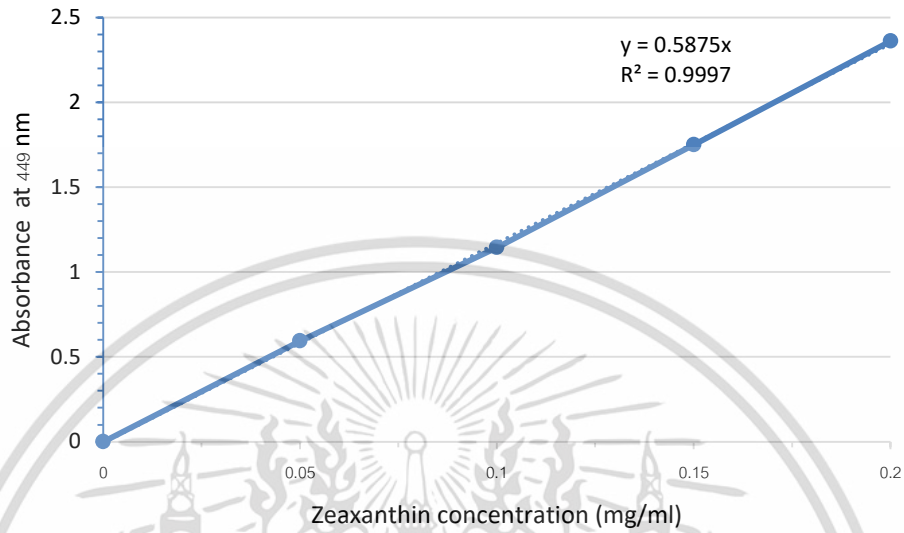
Mixing time (min)	CTS:XXT	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/ml)	DF	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml)*	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml) x DF (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทิน (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทินที่เพิ่มขึ้นในอนุภาค (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทินที่สะสม (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทินที่ถูกปลดปล่อย (mg/Sample 1 g)
15	1:0.0	0.0000	12	0.0300	0.0050	0.0602	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.0000	12	0.2710	0.0453	0.5435	0.4834	0.0000	0.0000	4.6366
	1:0.6	0.0000	12	0.0761	0.0127	0.1524	0.0923	0.0000	0.0000	0.9215
	1:1.3	0.0000	12	0.1111	0.0186	0.2226	0.1625	0.0000	0.0000	1.5754
	1:3.8	0.0000	12	0.6012	0.0100	0.1203	0.0602	0.0000	0.0000	0.5828
	1:6.3	0.0000	12	0.6615	0.1106	1.3278	1.2074	0.0000	0.0000	11.5267
30	1:0.0	0.0000	12	0.0570	0.0095	0.1143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.4530	12	0.2722	0.0455	0.5455	0.4312	-0.0219	0.4614	4.3738
	1:0.6	0.0866	12	0.0841	0.0145	0.1745	0.0602	-0.0263	0.0659	0.6325
	1:1.3	0.1523	12	0.1191	0.0199	0.287	0.1244	-0.0280	0.1345	1.3434
	1:3.8	0.0564	12	0.0601	0.0100	0.1203	0.0060	-0.0504	0.0098	0.0948
	1:6.3	1.1320	12	0.7079	0.1183	1.4200	1.3057	0.1737	1.3812	13.3769

หมายเหตุ * ค่าความชันของเส้นกราฟมาตรฐาน = 0.5937

ตารางที่ ก3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณซีแซนทีนที่ถูกปลดปล่อยจากอนุภาคโคโคซาน เมื่อใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง และ ความเข้มข้นของ TPP 2.0%(w/w)

Mixing time (min)	CTS:XXT	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/ml)	DF	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml)*	ความเข้มข้นที่วัดได้ (mg/ml)* x DF (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทีน (mg/ml)	ความเข้มข้นของซีแซนทีนที่เพิ่มขึ้นในอนุภาค (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทีนที่สะสม (mg/ml)	ปริมาณซีแซนทีนที่ถูกปลดปล่อย (mg/Sample 1 g)
15	1:0.0	0.0000	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.0000	12	0.0360	0.0060	0.0361	0.0361	0.0000	0.0000	0.2748
	1:0.6	0.0000	12	0.0390	0.0065	0.0391	0.0391	0.0000	0.0000	0.2977
	1:1.3	0.0000	12	0.1680	0.0281	0.1685	0.1685	0.0000	0.0000	1.2763
	1:3.8	0.0000	12	0.4221	0.0705	0.4232	0.4232	0.0000	0.0000	3.0862
	1:6.3	0.0000	12	0.4811	0.0804	0.4824	0.4824	0.0000	0.0000	3.5998
30	1:0.0	0.0000	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1:0.3	0.0045	12	0.0462	0.0077	0.0461	0.0461	0.0416	0.0777	0.5910
	1:0.6	0.0049	12	0.0312	0.0052	0.0311	0.0311	0.0262	0.0653	0.4971
	1:1.3	0.0211	12	0.1489	0.0249	0.1494	0.1494	0.1284	0.2968	2.2595
	1:3.8	0.0529	12	0.3890	0.0650	0.3901	0.3901	0.3372	0.7604	5.7606
	1:6.3	0.0603	12	0.4439	0.0742	0.4453	0.4453	0.3850	0.8673	6.3251

หมายเหตุ * ค่าความชันของเส้นกราฟมาตรฐาน = 0.5937



ภาพที่ ก1 กราฟมาตรฐานสำหรับคำนวณปริมาณซีแซนทีนในตัวอย่าง

ตารางที่ ก4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีแซนทีนมาตรฐานและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 449 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของสารละลายซีแซนทีน (มก./มล.)	0	0.05	0.1	0.15	0.2
Absorbance	0	0.594	1.144	1.749	2.36

ภาคผนวก ข

ผลการตรวจสอบสมบัติสารสกัดดอกดาวเรืองด้วยการสแกนค่าดูดกลืนแสง 300-500 นาโนเมตร
ด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ ข1 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง“นารายณ์ ออเรนจ์ 1:1” (Sample 019)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	301	2.97217	2.97217	2.5	7.28226
Peak	303.5	2.89447	2.89447	16	44.10120
Peak	319.5	2.67268	2.67268	6.5	17.17270
Peak	325.5	2.61815	2.61815	14.5	36.87920
Peak	339.5	2.49461	2.49461	7.5	18.48910
Peak	346	2.45227	2.45227	8.5	20.45270
Peak	354.5	2.38043	2.38043	5	11.77250
Peak	360	2.48701	2.48701	4.5	10.93820
Peak	364	2.47205	2.47205	4	9.80786
Peak	368	2.46465	2.46465	24	58.2530
Peak	388	2.38246	2.38246	15.5	36.72980
Peak	403.5	2.34703	2.34703	8.5	19.88790
Peak	412	2.33424	2.33424	4	9.33678
Peak	413.5	2.33189	2.33189	5.5	12.83220
Peak	416.5	2.33003	2.33003	2.5	5.82563
Peak	418.5	2.32735	2.32735	2	4.65298
Peak	420	2.32478	2.32478	3	6.97385
Peak	422.5	2.31432	2.31432	2	4.62364

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

ตารางที่ ข2 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “นารายณ์1:1 เจือจาง 50%” (Sample 027)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	302.5	3.48177	3.48177	2	6.60915
Peak	304.5	3.30978	3.30978	3.5	11.221
Peak	308	3.23598	3.23598	19.5	60.7505
Peak	326.5	3.05875	3.05875	4.5	13.5855
Peak	330	3.09848	3.09848	10	29.9792
Peak	335.5	3.00615	3.00615	4.5	13.3232
Peak	339.5	2.99261	2.99261	3	8.78903
Peak	342	2.98161	2.98161	2	5.80782
Peak	344	2.96129	2.96129	3	8.71000
Peak	347	2.89661	2.89661	6.5	18.6116
Peak	352.5	2.92841	2.92841	10	28.5856
Peak	356	2.83623	2.83623	13.5	38.4077
Peak	360.5	2.88367	2.88367	22.5	64.1297
Peak	369	2.88760	2.88760	13	37.1180
Peak	379.5	2.85651	2.85651	5	14.2230
Peak	382.5	2.84674	2.84674	3	8.49758
Peak	386	2.83575	2.83575	5.5	15.56440
Peak	388	2.82236	2.82236	2.5	7.04137
Peak	391.5	2.82169	2.82169	5.5	15.47240
Peak	393.5	2.82233	2.82233	7.5	21.11140
Peak	396	2.80721	2.80721	10	28.1228
Peak	397.5	2.81181	2.81181	3	8.40709
Peak	400	2.79623	2.79623	2	5.58485
Peak	401.5	2.78952	2.78952	3	8.33489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak	403.5	2.73196	2.73196	3.5	9.60760
Peak	405.5	2.71977	2.71977	2	5.42115
Peak	407.5	2.68674	2.68674	2	5.35936

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข3 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “อินคา ดีพี ออเรนจ์ 1:1” (Sample 011)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	376.5	2.88481	2.88481	6.5	18.6764
Peak	383	2.86092	2.86092	8.5	24.3523
Peak	388.5	2.87770	2.87770	9.5	27.1583
Peak	397	2.85866	2.85866	13.5	38.1796
Peak	410.5	2.81181	2.81181	2	5.61327
Peak	412.5	2.81792	2.81792	2.5	7.02056
Peak	415	2.81241	2.81241	4.5	12.6343
Peak	417	2.81311	2.81311	2	5.60994
Peak	419	2.81343	2.81343	6	16.8390
Peak	423	2.80396	2.80396	8	22.4359
Peak	424.5	2.80113	2.80113	9.5	26.636
Peak	427.5	2.79437	2.79437	12.5	35.0121
Peak	429.5	2.78142	2.78142	2	5.55323

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 375, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข4 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “อินคา ดีพี ออเรนจ์ 1:1 เจือจาง 50%”
(Sample 022)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	343	3.33052	3.33052	5	15.9651
Peak	348	3.26448	3.26448	7	22.0566
Peak	352	3.07245	3.07245	4	12.2955
Peak	354	3.13084	3.13084	3	9.11769
Peak	357	3.07611	3.07611	7.5	23.3921
Peak	364.5	3.24760	3.24760	10.5	33.5243
Peak	371.5	3.36433	3.36433	3.5	11.3403
Peak	374.5	3.28401	3.28401	6	19.2056
Peak	379.5	3.20638	3.20638	3.5	11.1915
Peak	383.5	3.20331	3.20331	28.5	89.9913
Peak	408.5	3.08130	3.08130	5.5	16.8728
Peak	410.5	3.06992	3.06992	7.5	23.0072
Peak	412.5	3.07277	3.07277	9.5	29.1427
Peak	414.5	3.05963	3.05963	2	6.11227
Peak	416	3.05472	3.05472	3	9.15302

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 340, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “มูน ดีพ ออเรนจ์ 1:1” (Sample 021)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	301.5	3.7529	3.7529	2.5	8.94139
Peak	304.5	3.76683	3.76683	6.5	23.4825
Peak	310.5	3.68634	3.68634	2	7.12038
Peak	312.5	3.74545	3.74545	2	7.21218
Peak	315	3.74495	3.74495	11	38.88030
Peak	326	3.58786	3.58786	5	17.5248
Peak	329.5	4.23936	4.23936	2	7.18739
Peak	331.5	3.71606	3.71606	4	14.2069
Peak	334	3.52040	3.52040	2.5	8.56712
Peak	336.5	3.51250	3.51250	13	44.24820
Peak	349	3.51250	3.51250	3.5	11.6930
Peak	351.5	3.40071	3.40071	2.5	8.18240
Peak	354	3.27458	3.27458	5.5	17.9460
Peak	357.5	3.30052	3.30052	4	12.9897
Peak	360.5	3.66959	3.66959	7	23.7229
Peak	363	3.95667	3.95667	9	31.18980
Peak	365	3.72842	3.72842	14	49.52800
Peak	370	3.89635	3.89635	5	18.5898
Peak	372	3.86256	3.86256	4.5	17.13250
Peak	376.5	3.92792	3.92792	4.5	17.13250
Peak	381	3.91685	3.91685	2	7.63909
Peak	383	3.90215	3.90215	4.5	17.25790
Peak	385.5	4.00633	4.00633	9	35.28710
Peak	390	4.11946	4.11946	9	36.09840

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak	398.5	4.22908	4.22908	7	28.59630
Peak	405	4.03630	4.03630	14	56.69340
Peak	412.5	4.33237	4.33237	8.5	34.75380
Peak	416.5	4.41721	4.41721	9.5	39.78040

ตารางที่ ข5 (ต่อ)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	426.5	4.34007	4.34007	5	21.11930
Peak	431	4.50746	4.50746	3	12.59670
Peak	434	3.97620	3.97620	2.5	9.82221

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created:

21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข6 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “มุน ดีพ ออเรนจ์ 1:1เจือจาง 50%” (Sample 031)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	302.5	3.40295	3.40295	3.5	11.6913
Peak	306	3.37407	3.37407	4.5	15.0345
Peak	309.5	3.50471	3.50471	3	10.0244
Peak	312.5	3.37270	3.37270	3	9.82097
Peak	315	3.47086	3.47086	8	26.4076
Peak	319.5	3.45163	3.45163	6	19.6609
Peak	326	3.29268	3.29268	10	32.1166
Peak	336.5	3.21059	3.21059	3.5	11.0229
Peak	339	3.09358	3.09358	2.5	7.77013
Peak	341.5	3.21277	3.21277	15	46.4945
Peak	354	3.20277	3.20277	8	24.3854
Peak	358	3.00063	3.00063	2	5.93474
Peak	360	3.31248	3.31248	6.5	20.4027
Peak	367.5	3.21149	3.21149	5.5	17.4999
Peak	371	3.25101	3.25101	4.5	14.4371
Peak	375.5	3.19843	3.19843	5	15.9531
Peak	378.5	3.24669	3.24669	10.5	33.2819
Peak	389	3.20761	3.20761	5.5	17.381
Peak	394.5	3.14706	3.14706	7	22.0664
Peak	399.5	3.18640	3.18640	5.5	17.2806
Peak	403	3.10306	3.10306	14.5	45.1180
Peak	412	3.11652	3.11652	2	6.18046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak	413.5	3.10298	3.10298	3.5	10.8238
Peak	415.5	3.08977	3.08977	5.5	17.0024
Peak	417	3.08018	3.08018	7	21.6116

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข7 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “ศรีสยาม 1:1” (Sample 014)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	342	2.94617	2.94617	5	14.5954
Peak	347	2.89597	2.89597	3.5	10.0494
Peak	351	2.92358	2.92358	4	11.4175
Peak	354.5	2.87569	2.87569	7	19.7847
Peak	360.5	2.90811	2.90811	8	23.2727
Peak	369.5	2.92529	2.92529	4	11.6749
Peak	372.5	2.87572	2.87572	14.5	42.0860
Peak	383.5	2.87572	2.87572	5	14.3718
Peak	386.5	2.86804	2.86804	5.5	15.7237
Peak	392.5	2.86067	2.86067	5.5	15.6785
Peak	397	2.84767	2.84767	7.5	21.2423
Peak	404.5	2.81488	2.81488	3	8.42672
Peak	407.5	2.81453	2.81453	4	11.2283
Peak	411	2.80640	2.80640	2.5	7.00719
Peak	413	2.80675	2.80675	5	14.0062
Peak	418	2.80165	2.80165	4	11.2028
Peak	421	2.79567	2.79567	7	19.5933
Peak	424	2.79567	2.79567	2	5.58403
Peak	426	2.79610	2.79610	4	11.1562
Peak	430	2.78647	2.78647	2	5.56543

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 340, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

ตารางที่ ข8 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรือง “ศรีสยาม 1:1 เจือจาง 50%” (Sample 025)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	302	3.44589	3.44589	4	13.8410
Peak	306	3.49945	3.49945	2.5	8.58042
Peak	309	3.47623	3.47623	5	17.1254
Peak	313.5	3.53302	3.53302	4	13.6569
Peak	316.5	3.41315	3.41315	8	27.2170
Peak	320.5	3.49640	3.49640	2	6.72365
Peak	322.5	3.55174	3.55174	2	6.62013
Peak	324.5	3.57184	3.57184	4.5	15.1075
Peak	327	3.44241	3.44241	7.5	25.0219
Peak	330	3.40045	3.40045	6	19.8745
Peak	335	3.48601	3.48601	10.5	34.8184
Peak	339.5	3.30081	3.30081	16.5	54.095
Peak	345.5	3.25134	3.25134	5.5	17.6429
Peak	349	3.14175	3.14175	5	15.7276
Peak	354	3.21965	3.21965	4	12.6060
Peak	356	3.17296	3.17296	4.5	14.0430
Peak	360.5	3.53992	3.53992	5.5	19.0393
Peak	366	3.65063	3.65063	7	24.5618
Peak	370	3.57501	3.57501	6	20.9978
Peak	374	3.56168	3.56168	8	28.0715
Peak	376.5	3.66096	3.66096	7.5	27.1725
Peak	383.5	3.82698	3.82698	2	7.39369
Peak	385.5	3.62802	3.62802	3.5	12.8020
Peak	389	3.71571	3.71571	3.5	12.9049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak	392.5	3.74551	3.74551	4.5	16.7674
Peak	397	3.74136	3.74136	4.5	15.5453
Peak	400.5	3.69901	3.69901	3.5	12.6409

ตารางที่ ข8 (ต่อ)

Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	403	3.38321	3.38321	2	6.69495

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 450, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

ตารางที่ ข9 สมบัติการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซีแซนทินความเข้มข้น 0.02 mg/ml (Sample 033)

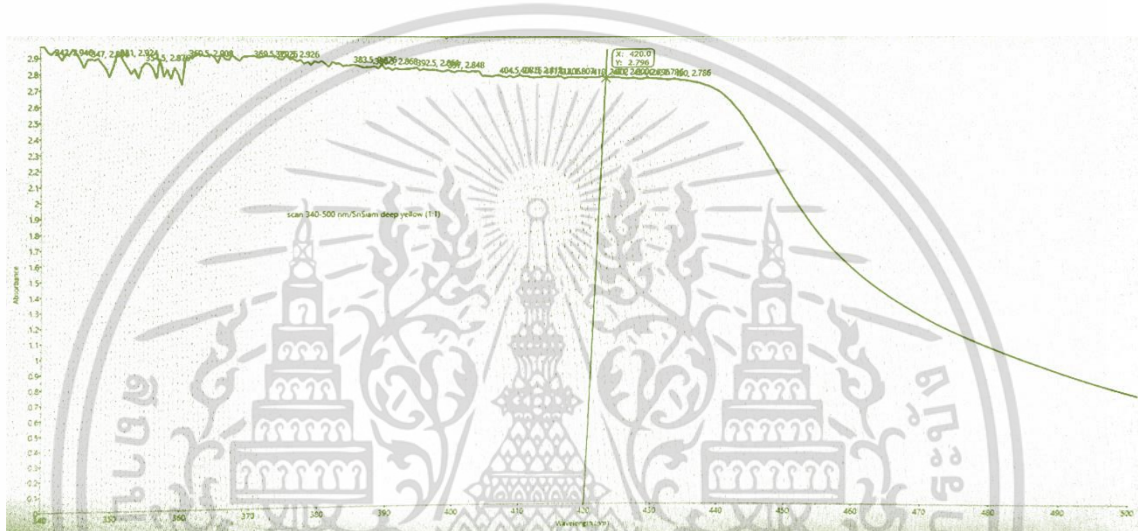
Type	Position (λ ,nm)	Value (O.D.)	Height	Width	Area
Peak	308.5	0.134445	0.134445	8.5	1.09314
Peak	318	0.125443	0.125443	3.5	0.43729
Peak	320.5	0.126694	0.126694	8	1.01014
Peak	326	0.131729	0.131729	12	1.53428
Peak	329	0.134338	0.134338	4	0.537598
Peak	333.5	0.136658	0.136658	8.5	1.14726
Peak	337.5	0.134583	0.134583	4	0.532986
Peak	341.5	0.131073	0.131073	10	1.25863
Peak	352	0.123093	0.123093	3.5	0.427963
Peak	354	0.124939	0.124939	2	0.249165
Peak	358.5	0.140945	0.140945	7	0.924683
Peak	449	2.515000	2.515000	54.3214	109.676
Peak	476.5	2.222380	2.222380	12	25.7168

Properties: Application: Wavelength Scan, Location: Built-in, Originator: Biochrom, Created: 21/02/2554

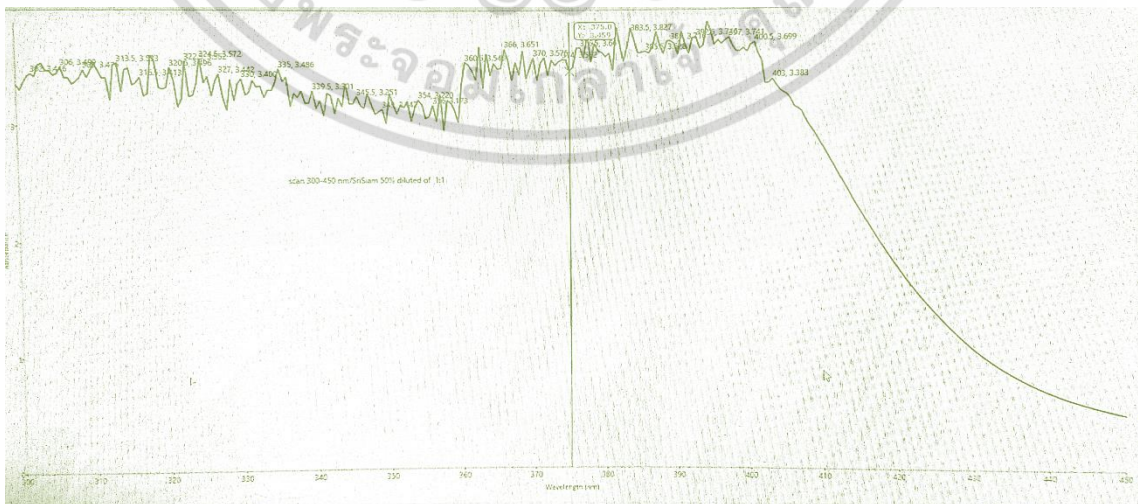
Setting: Low Wavelength (nm) 300, High Wavelength (nm) 500, Interval (nm) 0.5, Mode Absorbance, Bandwidth (nm) 1, Cycle Description Single cycle, Path Length (nm) 10, Date 07/07/2559, Optical Bench LIBRA S70, Optical Bench SN 132149, Firmware Version V1.0.5 Jul 2015(V1.0.4)

ภาคผนวก ค

กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดดอกดาวเรืองที่สแกนในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm



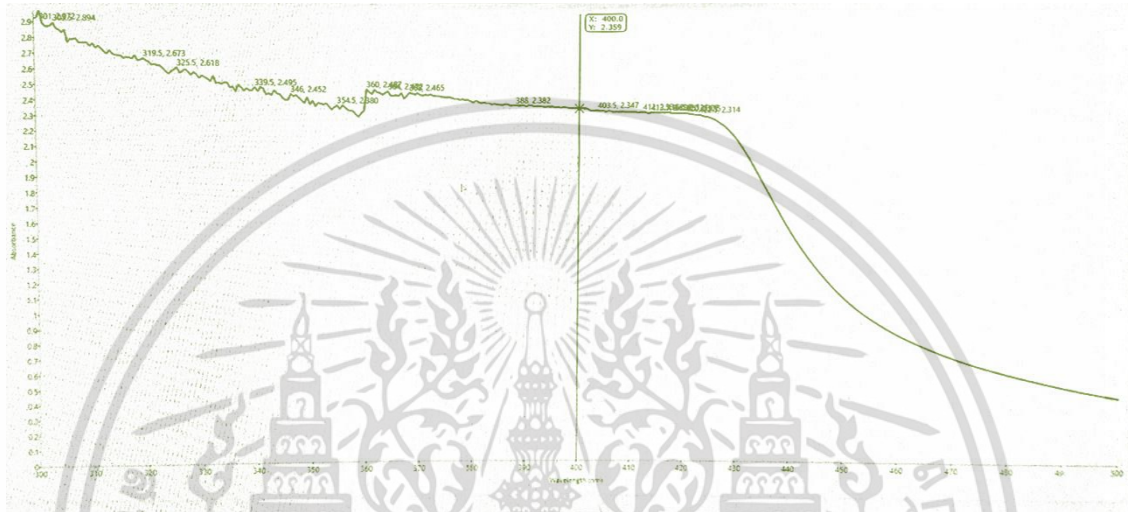
ภาพที่ ค1 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีเหลือง “ศรีสยาม 1:1”



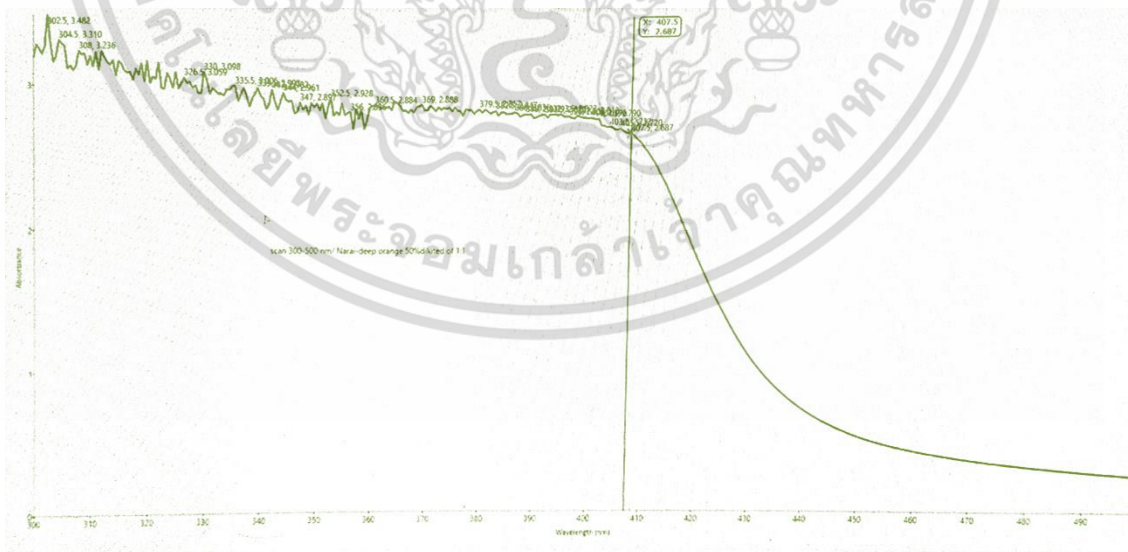
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค2 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีเหลือง “ศรีสยาม 1:1”

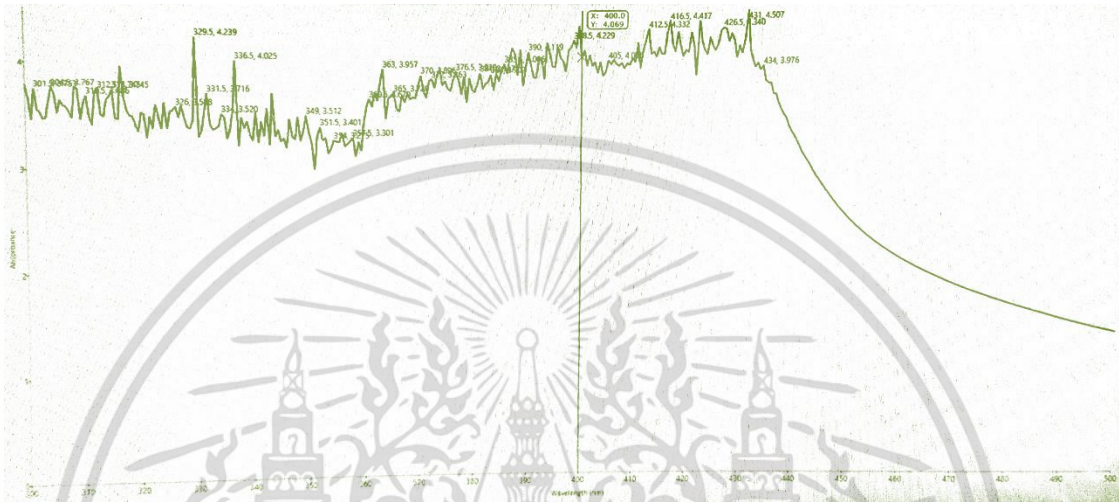
เจือจาง 50%



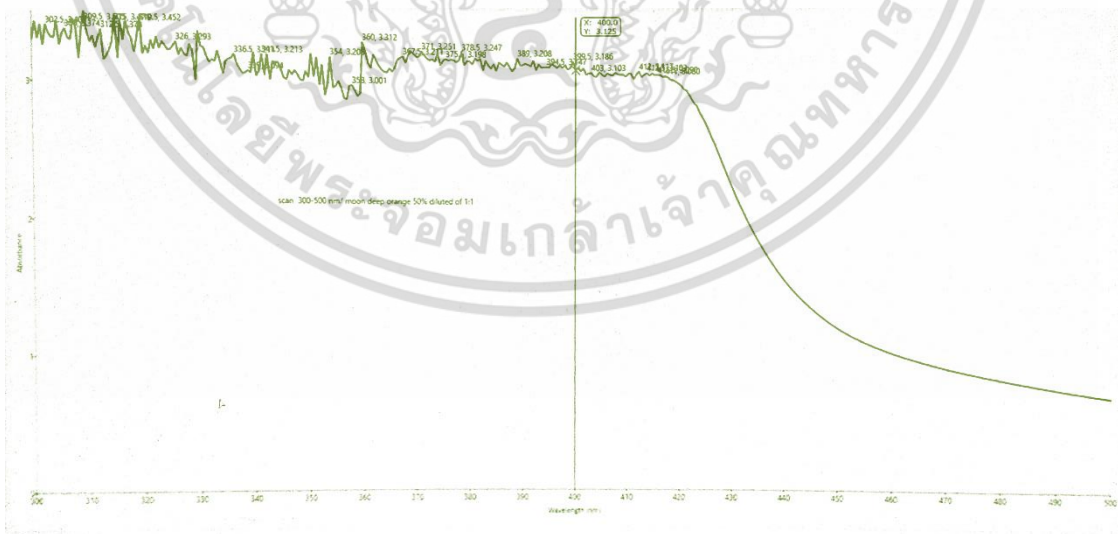
ภาพที่ ค3 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองสีส้ม “นารายณ์ 1:1”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



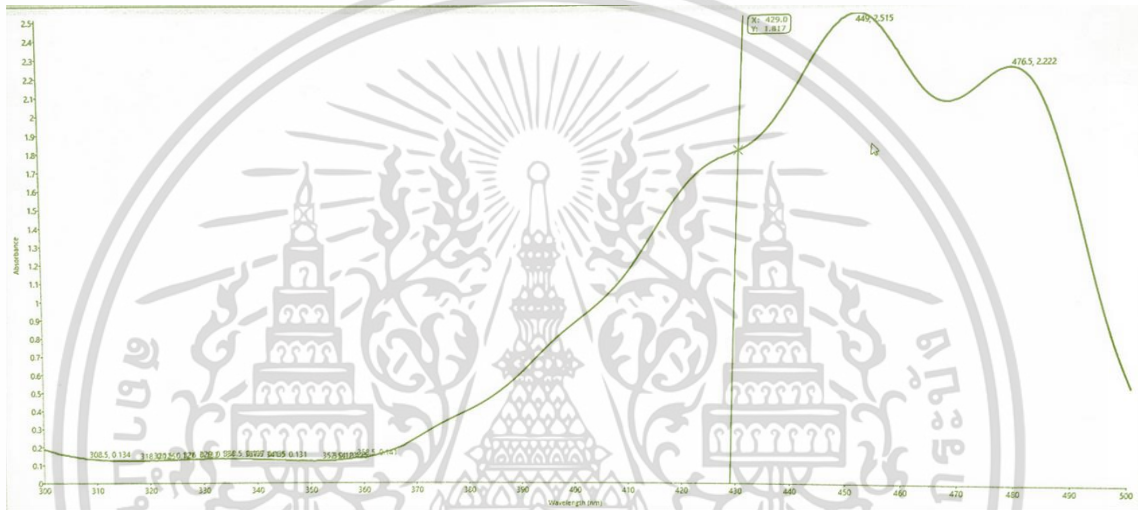
ภาพที่ ค7 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “มูน ดีฟ ออเรนจ์ 1:1”



ภาพที่ ค8 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารสกัดกลีบดอกดาวเรืองฝรั่งเศส “มูน ดีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออเรนจ์ 1:1” เจือจาง 50%



ภาพที่ ค9 ค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm ของสารละลายมาตรฐานซีแซนทินความเข้มข้น 0.02 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รหัสโครงการ/รหัสสัญญา **A118-59-078**

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2559.....

หน่วยงาน..... วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร.....

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ การห่อหุ้มซีแซนทีนจากดอกดาวเรืองด้วยอนุภาคชีวภาพไคโตซานและพอลิแลคติกแอซิด

Encapsulation of Zeaxanthin from Marigold flower with bio-particle chitosan and polylactid acid

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) **ณัฏฐภัทร จินดา**

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่..... 1 ตุลาคม 2558..... ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2560.....

ระยะเวลาดำเนินการ..... ปี 18..... เดือน ตั้งแต่วันที่ 1/ ตุลาคม/ 2558..... ถึงวันที่ 31/ มีนาคม/ 2560.....

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 344,250..... บาท 85..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน)ว/ด/ป(19 พ.ย. 2558.....

งวดที่ 2 60,750..... บาท 15..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน)ว/ด/ป(5 ก.ค. 2559.....

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว			
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	0.00	0.00	0.00
ค่าใช้สอย	155,600.00	158,361.00	-2,761.00
ค่าวัสดุ	110,000.00	119,607.36	-9,607.36
ค่าสาธารณูปโภค	10,000.00	4,793.00	5,207.00
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	129,400.00	124,042.00	5,358.00
รวม	405,000.00	408,908.00	-1,803.36

N. Jinda

(ผศ.ดร.ณัฏฐภัทร จินดา)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

31 มีนาคม 2560

N. Jinda

(ผศ.ดร.ณัฏฐภัทร จินดา)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

31 มีนาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

1. นางสาวณกัญภัทร (ชื่อเดิม จันทนา) จินดา

Miss Nakanyapatthara (Jantana) Jinda

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 4 1020 00015 94 0

3. ตำแหน่งวิชาการปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

โทร. 077-506-410 มือถือ 0-81564-4280

E-mail: nakanyapattharaj@gmail.com; kjnakany@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530-2534 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2534-2537 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2541-2547 วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต(เทคโนโลยีชีวภาพ) นานาชาติ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

(สนับสนุนทุนการศึกษาโดยทุนพัฒนาอาจารย์ ทบวงมหาวิทยาลัย)

ประกาศนียบัตร

Certificate of Biodegradation and Bioremediation, USEPA,

Washington, DC. Grant supported by USAID: 1999.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคโนโลยีน้ำมันพืชและการดัดแปรน้ำมันพืชสำหรับอุตสาหกรรมที่มีใช้อาหาร และ ไบโอดีเซล การสกัดและประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสำหรับผลิตภัณฑ์เวชสำอาง ผลิตภัณฑ์อาหาร และเทคโนโลยีเอนไซม์