

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 โครงสร้างของแคโรทีนอยด์	5
2.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของแคโรทีนอยด์	10
2.3 การสลายตัวของแคโรทีนอยด์	12
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ	26
2.5 ปฏิกริยาทางจลนพลศาสตร์	31
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	39
3.1 วัสดุดิบ	39
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	39
3.3 สารเคมี	39
3.4 วิธีการวิจัย	40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	47
4.1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยเฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ	47
4.2 ความคงตัวของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ หลังการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ	47
4.3 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษาของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์	49
4.4 การทดสอบความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน	55
4.5 การทดสอบความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน	61
4.6 ผลของการพ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้าต่อการสลายตัวของบีตาแคโรทีน	67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	69
5.1 สรุปผลการทดลอง	69
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	79
ภาคผนวก ข ภาพประกอบ	90
ภาคผนวก ค วิธีการสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพ	94

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณของลูเทอлинแบบต่างๆ และความชื้น ในผักสดและผักที่ผ่านการให้ความร้อน	19
2.2 ปริมาณของซีแซนทีนแบบต่างๆ และความชื้น ในข้าวโพดสดและข้าวโพดบรรจุกระป๋อง	20
2.3 อัตราการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ที่เป็นโปรวิตามินเอ (บีตาแคโรทีน และ บีตาคริปโตแซนทีน) ในตัวอย่างโอลิโอเรซิน 4 ชนิด ที่ได้รับความร้อน 3 ระดับ	23
2.4 ค่า Power ของสารประกอบฟีนอลิก ในการป้องกันการซีดจางของสี	31
4.1 ความเข้มข้นของบีตาแคโรทีน และสมบัติทางเคมีของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน หลังการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ	48
4.2 ความเข้มข้นของบีตาแคโรทีน และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน หลังการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ	49
4.3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ระหว่างการเก็บรักษา 180 วัน	54
4.4 ปริมาณเชื้อยีสต์และราในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ระหว่างการเก็บรักษา 180 วัน	55
4.5 ค่า k และ ค่า D ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน	59
4.6 ค่า E_a และค่า z ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ในช่วงอุณหภูมิ 140.0-160.0 องศาเซลเซียส	61
4.7 ค่า k และ ค่า D ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน	65
4.8 ค่า E_a และค่า z ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ในช่วงอุณหภูมิ 90.0-100.0 องศาเซลเซียส	67

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า	
2.1	หมู่ปลายที่พบในแคโรทีนอยด์ธรรมชาติแบบต่างๆ ทั้ง 7 แบบ	5
2.2	โครงสร้างของไฮดรอกซี แคโรทีนอยด์ (Hydroxy carotenoids) บางชนิด	6
2.3	โครงสร้างของอีพอกซี แคโรทีนอยด์ (Epoxy carotenoids) บางชนิด	7
2.4	โครงสร้างของแคนทาแซนทิน (Canthaxanthin)	8
2.5	โครงสร้างของแคโรทีนอยด์แบบอะไซคลิก (Acyclic) บางชนิด	8
2.6	โครงสร้างของแคโรทีนอยด์แบบไซคลิก (Cyclic) บางชนิด	9
2.7	พันธะคู่ของแคโรทีนอยด์รูปทรานส์และซิส	10
2.8	เส้นกราฟการดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ของไลโคพีน, แกมมาแคโรทีน, บีตาแคโรทีน และแอลฟาแคโรทีนในปิโตรเลียมอีเทอร์	11
2.9	เส้นกราฟการดูดกลืนแสงของซิกม่าแคโรทีน, ไฟโตฟลูอิน และไฟโตอิน ในอะซีโตไนไตร: เอทิลอะซิเตต: เมทานอล (85:10:5)	12
2.10	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของบีตาแคโรทีน กับ Peroxy radicals	15
2.11	ผลิตภัณฑ์เนื่องจากปฏิกิริยา Autooxidation ของบีตาแคโรทีน	16
2.12	โครงสร้างไอโซเมอร์ทั่วไปของบีตาแคโรทีน	18
2.13	โครงสร้างทางเคมีของลูเทออินและซีแซนทิน	20
2.14	การเปลี่ยนแปลงของสี (b/b ₀) ในตัวอย่างน้ำสับประรดผ่านความร้อนที่ระดับต่างๆ	21
2.15	การเกิดอีพอกซีแคโรทีนอยด์จากบีตาแคโรทีน และทรานส์ฟอร์เมชันของ ไวโอลาแซนทิน ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาอาหาร	22
2.16	ปริมาณบีตาแคโรทีนของ Red palm olein ที่ได้รับความร้อน	24
2.17	กลไกการสลายตัวของแคโรทีนอยด์	25
2.18	การเกิดอะโปแคโรทีนอยด์จากบีตาแคโรทีน	25
2.19	โครงสร้างของแอลฟาโทโคเฟอรอล (α -Tocopherol)	26
2.20	โครงสร้างของ BHA	27
2.21	โครงสร้างของ BHT	28
2.22	โครงสร้างของ TBHQ	29

2.23	โครงสร้างของ PG	29
2.24	ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) ของ O/W Emulsion ร้อยละ 10 ที่เติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ 50 ไมโคร โมลาร์ และเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส	30
2.25	กราฟเส้นตรงของปฏิกิริยาอันดับต่างๆ	36
4.1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส	50
4.2	การเปลี่ยนแปลงค่ากรดของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส	51
4.3	การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส	51
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	53
4.5	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ในชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	57
4.6	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ในชุดที่มีการเติมสาร BHA ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	57
4.7	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ในชุดที่มีการเติมสาร BHT ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	58
4.8	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ในชุดที่มีการเติมสาร TBHQ ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	58
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T ของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน	60
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log D กับอุณหภูมิ ของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน	60
4.11	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ในชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	63
4.12	การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ในชุดที่มีการเติมสาร BHA ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	63

- 4.13 การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ในชุดที่มีการเติมสาร BHT ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 64
- 4.14 การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ในชุดที่มีการเติมสาร TBHQ ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 64
- 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln k$ กับ $1/T$ ของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน 66
- 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log D$ กับอุณหภูมิ ของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน 66
- 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100.0 องศาเซลเซียส 68

อักษรย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อ	ความหมาย
BHA	Butylated Hydroxyanisol
BHT	Butylated Hydroxytoluene
C	ความเข้มข้นของสารที่เวลาใดๆ
C ₀	ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น
D	Decimal reduction time เป็นระยะเวลาที่ปริมาณความเข้มข้นของสารลดลงไปร้อยละ 90
E _a	พลังงานก่อกัมมันต์ มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อโมล
k	ค่าคงที่อัตรา มีหน่วยเป็นต่อเวลา
In	ลอการิทึมธรรมชาติ
log	ลอการิทึม
R	ค่าคงที่แก๊ส มีค่าเท่ากับ 8.314 จูลต่อ โมล เคลวิน
R ²	กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
T	อุณหภูมิสัมบูรณ์ มีหน่วยเป็นเคลวิน
TBHQ	Tertiary Butylhydroquinone
z	อุณหภูมิที่ทำให้ค่า D ลดลง 1 log cycle มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved