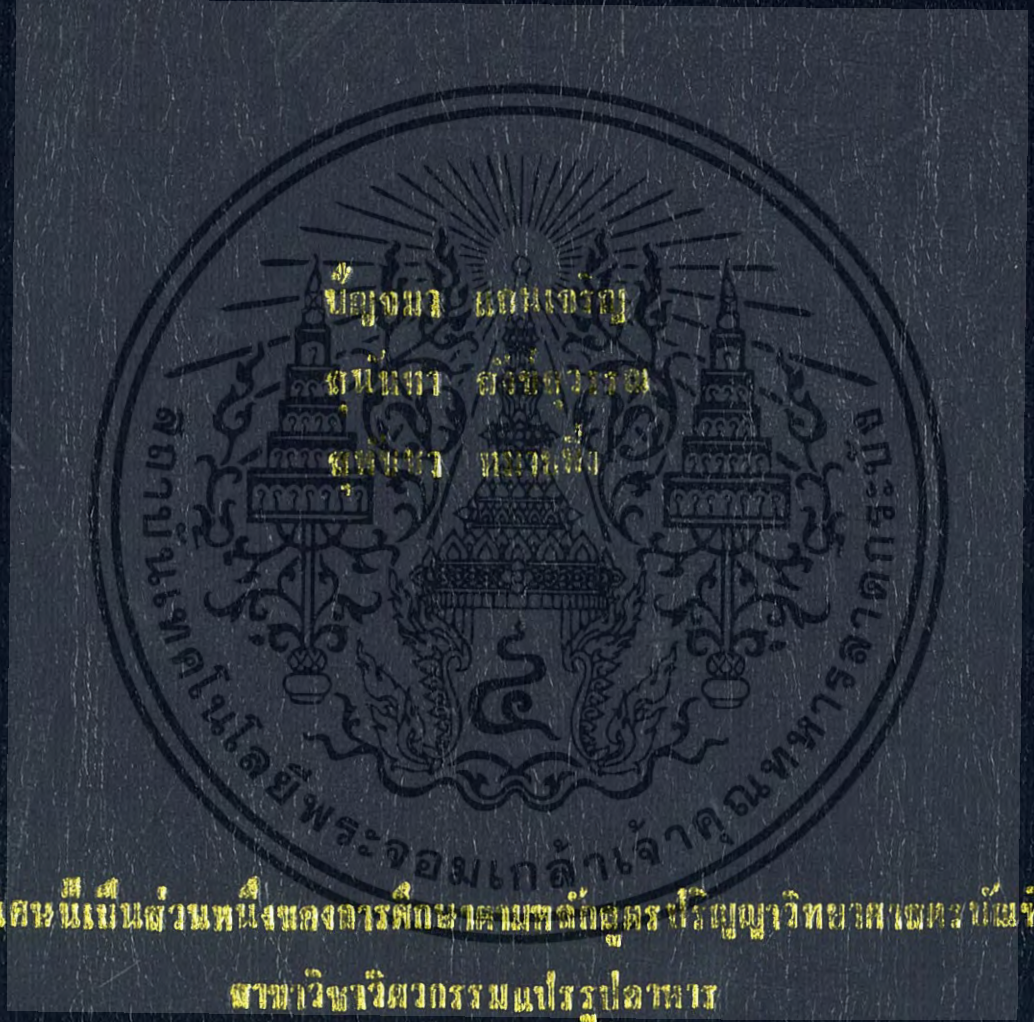
การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำและการนำไปใช้ประโยชน์

STUDY OF BETA-CAROTENE EXTRACTION TECHNIQUE FROM BLACK-GLUTINOUS RICE AND FUNCTIONAL ADOPTION

ปัญจมา แสนเจริญ

ศนันทา ธรรธัญวรกุล

ศุภิษา ทองเพ็ง



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำ และการนำไปใช้ประโยชน์

STUDY OF BETA-CAROTENE EXTRACTION TECHNIQUE FROM BLACK-GLUTINOUS RICE AND BENEFICIAL ADOPTION

T143463

ปัญจมา แสนเจริญ
สุนันทา สังข์สุวรรณ
สุพัชชา หมายพึ่ง

ว.พ.
ป623ก
2557
สพหม. 2557
เลขทะเบียน 143463
วัน.เดือน.ปี 10 มี.ค. 2559
b00266415
b. 17990623
i.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำ และการนำไปใช้ประโยชน์

Study of Beta-Carotene Extraction Technique from Black-Glutinous Rice and Beneficial Adoption

นางสาว ปัญจมา แสนเจริญ

นางสาว สุนันทา สังข์สุวรรณ

นางสาว สุพัชชา หมายพึ่ง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agro-Industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำ และการนำไปใช้ประโยชน์

Study of Beta-Carotene Extraction Technique from Black-Glutinous Rice and Beneficial Adoption

จัดทำโดย

นางสาว ปัญจมา แสนเจริญ รหัสนักศึกษา 53080170

นางสาว สุนันทา สังข์สุวรรณ รหัสนักศึกษา 53080202

นางสาว สุพัชชา หมายพึ่ง รหัสนักศึกษา 53080204

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำ และการนำไปใช้ประโยชน์

Study of Beta-Carotene Extraction Technique from Black-Glutinous Rice and Beneficial Adoption

จัดทำโดย

ปัญจมา แสนเจริญ รหัสนักศึกษา 53080170

สุนันทา สังข์สุวรรณ รหัสนักศึกษา 53080202

สุพัชชา หมายพึ่ง รหัสนักศึกษา 53080204

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

ประมวล ศรีกาหลง ..... 26 / มี.ค / 57

(ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำและการ	
นำไปใช้	ประโยชน์	
ชื่อนักศึกษา	ปัญจมา แสนเจริญ	รหัสประจำตัวนักศึกษา 53080170
	สุนันทา สังข์สุวรรณ	รหัสประจำตัวนักศึกษา 53080202
	สุพัชชา หมายพึ่ง	รหัสประจำตัวนักศึกษา 53080204
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการสกัดแบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำโดยนำส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าวมาทำการสกัดหาปริมาณเบต้าแคโรทีนเพื่อดูว่าส่วนประกอบไหนมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดพบว่ารำข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 0.7014 ไมโครกรัมต่อกรัม แต่เนื่องจากสามารถพบเบต้าแคโรทีนจากแกลบซึ่งเป็นของเหลือทิ้งด้วย จึงเลือกนำแกลบ มาทำการสกัดทั้งหมด 3 รูปแบบโดยรูปแบบที่ 1 ทำการสกัดโดยใช้อัตราส่วนแกลบ ต่อ นอมอลเฮกเซน 1:3 เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง รูปแบบที่ 2 ทำการสกัดเหมือนรูปแบบที่ 1 และทำการสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง ด้วยอัตราส่วนเดิมเป็นเวลา 30 นาที รูปแบบที่ 3 ทำการสกัดเหมือนรูปแบบที่ 2 และทำการสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง ด้วยอัตราส่วนเดิมเป็นเวลา 30 นาที พบว่ารูปแบบที่ 3 มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 0.7836 ไมโครกรัมต่อกรัมและนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ได้มาใส่ในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ความเข้มข้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์พบว่าที่ 10 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 2.5117 ไมโครกรัมต่อกรัมและเนื่องจากปริมาณที่แนะนำในการรับประทานน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 3 ช้อนโต๊ะต่อวันเมื่อใส่สารสกัดเบต้าแคโรทีนไป 10 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 113.0292 ไมโครกรัม ซึ่งคิดเป็น 14.13 เปอร์เซ็นต์ ที่ควรได้รับในแต่ละวัน

คำสำคัญ : ข้าวเหนียวดำ, เบต้าแคโรทีน, แกลบ

ปัญจมา แสนเจริญ ..... ประมวล .....

(นางสาว ปัญจมา แสนเจริญ) (ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง)

สุนันทา สังข์สุวรรณ .....

(นางสาว สุนันทา สังข์สุวรรณ)

สุพัชชา หมายพึ่ง .....

(นางสาว สุพัชชา หมายพึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problems	Study of Beta-carotene Extraction Technique from Black-Glutinous Rice and Beneficial Adoption
Student	Panjama Sanjaroen Student ID. 53080170
	Sunanta Sungsuwan Student ID. 53080202
	Supatcha Maiphueng Student ID.53080204
Program	Bachelor of Science
Year	2556
Advisor	Asst. Prof. Dr. Pramoun Srikalong

ABSTRACT

The beta-carotene extraction technique from components of black-glutinous rice (grian husk and rice-bran). The amount of beta-carotene were found that rice-bran was the most of beta-carotene (0.7836 micrograms per gram) and beta-carotene was found from husk, which was a waste. Husk therefore could be extract to 3 patterns. Pattern 1, the husk pern-hexane ratio was 1:3 and shaken for 3 hours, patterns 2 was thesame patterns 1 and repeatingextraction for 1 timesfor 30 minutes and patterns 3 was the same patterns 2 and repeatingextraction for 1 timesfor 30 minutes. The result were found that the patterns 3 was the most of beta-carotene (0.7836 micrograms per gram). In addition of beta-carotene extract into cold-pressed coconut oil using 2, 4, 6, 8 and 10 percent concentrations were found that the concentration of adding the beta-carotene extract at 10 percent was the most of beta-carotene (2.5117 micrograms per gram). The eating recommendationof cold-pressed coconut oil for3 tablespoons per day when adding beta-carotene extract at 10 percent, the consumers were received the beta-carotene for 113.0292 micrograms representing 14.13 percent.

Keywords : Black-Glutinous Rice, Beta-Carotene, Husk

Panjama Sanjaroen
(Miss. Panjama Sanjaroen)

Pramoun Srikalong
(Asst. Prof. Dr. Pramoun Srikalong)

Sunanta Sungsuwan
(Miss. Sunanta Sungsuwan)

Supatcha Maiphueng
(Miss. Supatcha Maiphueng)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ แก่คณะผู้จัดทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนคำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดทั้งตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ สารเคมีต่างๆ และขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือตลอดจนให้กำลังใจในการนำเสนอปัญหาพิเศษ ที่ทำให้การจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดาและมารดาที่เป็นแรงบันดาลใจ กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกด้าน คณะผู้จัดทำขอมอบส่วนที่ดีของปัญหาพิเศษนี้แก่ครอบครัว ครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้ที่มีพระคุณทุกท่าน ส่วนข้อผิดพลาดคณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้เอง

ปัญจมา แสนเจริญ
สุนันทา สังข์สุวรรณ
สุพัชชา หมายพึ่ง
26 มีนาคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญภาพ..... VIII

บทที่ 1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 1

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ..... 1

บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 ข้าวพื้นเมืองที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.2 ข้าวเหนียวดำ..... 3

2.2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำ..... 3

2.3 แกลบ..... 5

2.3.1 ประโยชน์ของแกลบ..... 5

2.4 แคโรทีนอยด์..... 6

2.4.1 แคโรทีนอยด์กับวิตามินอี..... 7

2.4.2 คุณสมบัติการเป็นสารแอนตี้ออกซิแด้นซ์..... 7

2.4.3 ความเป็นพิษ..... 7

2.4.4 รูปแบบการเตรียมแคโรทีนอยด์และอายุการเก็บ..... 8

2.4.5 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ..... 9

2.5 เทคนิคการแยกแคโรทีนอยด์..... 10

2.5.1 การสกัดโดยใช้วิธี Supercritical Fluid Extraction..... 10

2.5.2 การสกัดโดยใช้วิธีการดูดซับ..... 11

2.5.3 การทำให้เข้มข้น..... 12

2.5.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย..... 13

2.5.5 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้แผ่นกรอง..... 14

2.5.6 การสกัดโดยวิธี Molecular Distillation..... 14

2.5.7 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้ปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.8 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธี phase separation..... 15
2.5.9 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธีการเติมสารตกตะกอนแคโรทีนอยด์..... 16
2.5.10 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธีเชิงกล..... 16
2.5.11 การเตรียมแคโรทีนอยด์รูปแบบต่างๆ..... 16
2.6 คุณสมบัติของตัวทำละลาย..... 17
2.7 น้ำมันมะพร้าว..... 18
2.7.1 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว..... 19
2.7.2 น้ำมันมะพร้าวกับโคเลสเตอรอล..... 19
2.7.3 ประโยชน์ของการรับประทานน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์..... 20
2.7.4 ปริมาณการรับประทานน้ำมันมะพร้าว..... 22
บทที่ 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 24
3.1 วัตถุดิบ..... 24
3.2 สารเคมี..... 24
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 24
3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 24
3.5 วิธีการทดลอง..... 24
3.5.1 การหาstandard curve (กราฟมาตรฐาน) ของเบต้าแคโรทีนโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสามาตรฐาน..... 24
3.5.2 ศึกษาการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการสกัดเบต้าแคโรทีน..... 25
3.5.3 ศึกษาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแยกเบต้าแคโรทีนโดยใช้นอมอลเฮกเซนจากวัตถุดิบที่คัดเลือกได้..... 25
3.5.4 การเตรียมสารสกัดเบต้าแคโรทีน..... 26
3.5.5 เทคนิคการแยกไขมันออกจากสารสกัดเบต้าแคโรทีน..... 26
3.5.6 การนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์..... 27
บทที่ 4. ผลการทดลองและวิจารณ์..... 28
4.1 การหาstandard curve (กราฟมาตรฐาน) ของเบต้าแคโรทีนโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐาน..... 28
4.2 วัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการสกัดเบต้าแคโรทีน..... 29
4.3 จำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแยกเบต้าแคโรทีนจากวัตถุดิบที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์ 32
บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง 33
บรรณานุกรม 34
ภาคผนวก 39
ก. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 40
ข. ภาพประกอบวิธีการทดลอง 43
ค. ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ 53
ประวัติผู้เขียน 56

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทย..... 2

2.2 แสดงค่าเปรียบเทียบปริมาณเทียบเท่าเรตินอล (RE) ของอาหารชนิดต่างๆ..... 6

2.3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแคโรทีนอยด์..... 10

2.4 แสดงคุณสมบัติของตัวทำละลาย..... 17

2.5 แสดงปริมาณโคเลสเตอรอลของน้ำมันแต่ละชนิด..... 20

4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีนจากส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าว..... 29

4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีนจากรูปแบบการสกัดทั้ง 3 รูปแบบ..... 31

ตารางภาคผนวกที่

ค1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากส่วนประกอบต่างๆของข้าวเหนียวดำ..... 54

ค2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากรูปแบบต่างๆ..... 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ข้าวเหนียวดำ..... 3
2.2 แกลบข้าวเหนียวดำ..... 5
2.3 น้ำมันมะพร้าว..... 18
4.1 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน
กับค่าการดูดกลืนแสง..... 28
4.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารที่สกัดได้จากส่วนประกอบต่างๆ
ของข้าวเหนียวดำ..... 29
4.3 กราฟแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ที่จากส่วนประกอบต่างๆ
ของข้าวเหนียวดำ..... 30
4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารที่สกัดได้จากรูปแบบการสกัดต่างๆ..... 31
4.5 กราฟแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากรูปแบบการสกัดต่างๆ..... 31
4.6 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ 2, 4, 6, 8 และ
10 เปอร์เซ็นต์..... 32

ภาพผนวกที่

ก1 เครื่องสีข้าว..... 41
ก2 เครื่อง Spectrophotometer..... 41
ก3 เครื่องระเหยสุญญากาศ..... 42
ก4 ปั๊มสุญญากาศ..... 42
ก5 ตู้ Freezer..... 42
ข1 เบต้าแคโรทีนมาตรฐานและการชั่งเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน..... 44
ข2 สารละลายในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร..... 44
ข3 สารละลายเบต้าแคโรทีนที่ความเข้มข้น 0.07 มิลลิลิตร ถึง 1.3 มิลลิลิตร..... 45
ข4 การวัดค่าดูดกลืนแสงของเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน..... 45
ข5 แกลบจำนวน 1.3 กิโลกรัม..... 46
ข6 การสกัดเบต้าแคโรทีนโดยใช้อัตราส่วนแกลบต่อนอมอลเฮกเซน..... 46
ข7การเขย่าและกรองสารสกัดเบต้าแคโรทีน..... 47
ข8 สารสกัดเบต้าแคโรทีนหลังจากนำไประเหยนอมอลเฮกเซนออก..... 47
ข9 สารสกัดเบต้าแคโรทีนในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร..... 48
ข10 สารสกัดเบต้าแคโรทีนหลังจากนำไประเหย..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ข11 การหยดสารสกัดเบต้าแคโรทีนในเฮกเซนที่แช่แข็ง..... 49
ข12 ส่วนใสและส่วนที่เป็นของแข็งแยกออกจากกัน..... 49
ข13 สารสกัดที่กลั้วออกมาด้วยน้ำมันถั่วเหลือง..... 50
ข14 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเบต้าแคโรทีน..... 50
ข15 การปรับปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น..... 51
ข16 การเขย่าด้วยเครื่อง vortex..... 51
ข17 สีหลังเขย่าผสมสารสกัดเบต้าแคโรทีนในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการสืบค้นข้อมูลในเบื้องต้นพบว่า มีข้าวพื้นเมืองหลายสายพันธุ์ที่มีสาระสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์อยู่สูง โดยสารในกลุ่มนี้ประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอของร่างกาย และยังมีคุณสมบัติเป็นแอนตี้ออกซิแดนซ์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว แคโรทีนอยด์ยังเป็นสารที่มีการใช้มากในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง อย่างไรก็ตามแคโรทีนอยด์มีราคาสูงถึงประมาณกิโลกรัมละ 5,000-100,000 บาท เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งแม้ว่าความต้องการใช้แคโรทีนอยด์ในประเทศไทยยังไม่มีการรวบรวมไว้ แต่มีการประมาณการการใช้เบต้าแคโรทีน จากแหล่งธรรมชาติของทุกประเทศ ในปี 2001 สูงถึง 887 ล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา (DSM: biggest slice of carotenoid market, 2006) แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการผลิตเบต้าแคโรทีนโดยวิธีการสังเคราะห์ ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากธรรมชาติ แต่ผู้บริโภคทั่วไปให้ความสนใจและยอมรับแคโรทีนอยด์ที่มาจากธรรมชาติมากกว่า ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำข้าวพื้นเมืองบางสายพันธุ์ มาผลิตเป็นแคโรทีนอยด์เข้มข้น ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสารต้นน้ำ สำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อย่างหลากหลายในอุตสาหกรรม เช่น สีผสมอาหาร นอกจากนี้จะเป็นการยกระดับความสำคัญ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวพื้นเมืองที่ถูกละเลยความสำคัญมาเป็นระยะเวลานาน โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่พัฒนาขึ้นโดยคนไทย เพื่อการพึ่งพาตนเอง และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยอาศัยการนำเข้าเป็นหลัก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนในส่วนต่างๆ ของข้าวเหนียวดำฉะเชิงเทรา

1.2.2 ศึกษาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดเบต้าแคโรทีนด้วยนอมอลเฮกเซน

1.2.3 เพื่อเป็นการนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้าวเหนียวดำโดยนำส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าว มาทำการสกัดหาปริมาณเบต้าแคโรทีนโดยนำส่วนที่คัดเลือกได้ มาสกัดเพื่อนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารตัวอย่างคือ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวพื้นเมืองที่เกี่ยวข้อง

ข้าวพื้นเมืองในหลายพื้นที่ของประเทศไทย อ้างอิงจากวารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ ฉบับที่ 8 ประจำปี 2555 ได้อ้างอิงงานวิจัยของ ผศ.ดร. รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะฯ ได้ทำการศึกษาปริมาณธาตุเหล็ก สังกะสี และธาตุอาหาร วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และ ลูทีน ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า มีข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลายชนิดที่พบสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น เบต้าแคโรทีน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทย

พันธุ์ข้าว	สีของเมล็ดข้าว	พื้นที่ปลูก	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม)
ข้าวเหนียวดำ	สีดำ	จ.พัทลุง	34.76
ข้าวอีก่ำ	สีดำ	จ.อุบลราชธานี	30.04
ข้าวก่ำเลาสู่	สีดำปนขาว	จ.ลำปาง	28.68
ข้าวดำ (ข้าวก่ำ)	สีดำ	จ.ศรีสะเกษ	25.92
ข้าวพื้นเมือง	สีดำ	จ.อุดรธานี	24.77
ข้าวก่ำ (เมล็ดใหญ่รี)	สีดำ	จ.น่าน	22.16
ข้าวก่ำ	สีดำ	จ.มุกดาหาร	18.95
ข้าวเหนียวดำ	สีดำ	จ.นครราชสีมา	11.56
ข้าวมันปู	สีน้ำตาล	จ.ขอนแก่น	10.74
ข้าวก่ำ	สีดำปนขาว	จ.อุบลราชธานี	9.56

ที่มา: วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ ฉบับที่ 8,2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้าวเหนียวดำ(จรัญจิต เพ็งรัตน์ และ สุวัฒน์ เจียระคงมั่น)

ภาพที่2.1 ข้าวเหนียวดำ

ข้าวเหนียวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) สีม่วงแดงจนถึงสีดำ รวมทั้งการมีรงควัตถุ (pigment) ที่ปรากฏสีในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวชนิดนี้ รงควัตถุที่มีสีส่วนใหญ่พบในส่วนของลำต้น ใบ และเกือบทุกส่วนของช่อดอก (floral part) ยกเว้นในส่วนของ embryo หรือ endosperm ที่ไม่พบการกระจายตัวของรงควัตถุ โดยทั่วไปข้าวเหนียวดำที่เกษตรกรปลูกเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ที่มีการปลูกเฉพาะพื้นที่มาเป็นเวลานานแล้ว และเกษตรกรจะเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้สำหรับปลูกในฤดูปลูกต่อไปเอง พันธุ์ข้าวเหนียวดำที่เกษตรกรใช้ปลูกเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังรวมถึงคุณภาพการหุงต้มของข้าวเหนียวดำยังไม่ดีพอ เช่น หลังจากหุงต้มแล้วข้าวแข็งและร่วนจนเกินไป และกลิ่นไม่หอม เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของข้าวเหนียวดำ โดยเฉพาะคุณภาพการหุงต้มจึงมีความจำเป็น การรวบรวมพันธุ์ข้าวเหนียวดำและนำมาปลูกเพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการให้ผลผลิตของข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองจึงมีความสำคัญ

ข้าวเหนียวดำมีลักษณะเด่นคือการติดกันเหมือนกาวของเมล็ดข้าวที่สุกแล้ว แต่ข้าวเหนียวดำจะมีสารอาหาร ที่เป็นประโยชน์มากกว่าข้าวเหนียวขาว สารอาหารที่ว่า คือ "โอพีซี" (OPC) มีสรรพคุณช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และความเสื่อม ถอยของร่างกาย โดยสารโอพีซีที่พบในข้าวเหนียวดำ เป็นสารชนิดเดียวกับสารสกัดที่ได้ จากองุ่นดำองุ่นแดง เปลือกสน พันธุ์ข้าวเหนียวดำมีลักษณะเป็นข้าวพันธุ์ไวแสง และเป็นข้าวเหนียว ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ทนแล้งและฟื้นตัวจากแล้งได้ดี ต้านทานต่อเพลี้ยจั๊กจั่นสีเขียว ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปคือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่าง ๆ ของต้น อาทิ กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด ปริมาณของสีจะเข้มข้นแตกต่างกันไป เป็นลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ซึ่งตามภูมิปัญญาท้องถิ่นข้าวเหนียวดำไร่ จะมีลักษณะสีม่วงเฉพาะส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดเท่านั้น

2.2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำ

เมล็ดข้าวเหนียวดำมีสารสำคัญชื่อ แกมมา-โอไรซานอล (gamma oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) สามารถลด cholesterol, triglyceride และเพิ่มระดับของ high density lipoprotien (HDL) ในเลือด มีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมอง ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือดและเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลิน ของคนเป็นโรคเบาหวานและแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย โดยเฉพาะ แอนโทไซยานิน ชนิดที่พบในข้าวสีม่วงกลุ่มอินดิก้า ซึ่งรวมถึงข้าวก่ำไทย คือ cyanidin-3-glucoside คือมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอด สารสกัดในข้าวเหนียวดำ ยังมีคุณสมบัติช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงสร้าง "วิลไล" ในผนังลำไส้เล็กซึ่งเป็นส่วนที่ยื่นออกมาเพื่อดูดซึมสารอาหาร ทำให้ร่างกายสามารถดูดซับสารอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้ร่างกายเจริญเติบโตและแข็งแรงยิ่งขึ้นนอกจากนี้ยังพบสารประกอบอื่นๆ ในเมล็ดข้าวเหนียวดำที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้ม ได้แก่ โปรตีน ซึ่งในข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ ไลซีน (lysine) สูงกว่าข้าวสาร ธาตุเหล็ก ในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปแล้วมีแนวโน้มว่าพันธุ์ข้าวที่มีกลิ่นหอมและมีสี (แดงและดำ) จะมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง แต่ไม่มีกลิ่นหอมและไม่มีสี และพบว่า พันธุ์ข้าวของจีนที่มีเมล็ดยาวสีแดง มีปริมาณธาตุเหล็กสูงสุดถึง 64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสี โดยที่ข้าวต่างสีและมีกลิ่นหอมมีแนวโน้มที่มีธาตุสังกะสีในปริมาณสูง วิตามินเป็นสารอาหารที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้แต่มีความสำคัญช่วยให้ร่างกายทำงานเป็นปกติเช่น วิตามินเอ ช่วยในการเจริญเติบโต บำรุงสายตาและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ช่วยพัฒนากระดูกและฟัน และช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรค วิตามินอี (tocopherol) ช่วยชะลอการแก่ของเซลล์ให้การกระจายออกซิเจนในกระแสเลือดดีขึ้น ป้องกันการสะสมและการเกาะของแคลเซียมในหลอดเลือด เป็นสารหลักของสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการดูแลรักษาแผลเป็น และลดริ้วรอยบนผิวจึงนิยมมาผสมเครื่องสำอาง วิตามินบี 1 (thiamine) เป็นสารอาหารที่มีบทบาทในกลไกการย่อยคาร์โบไฮเดรทในร่างกายให้ดีขึ้น ทำให้ร่างกายรับอาหารได้มากขึ้น ช่วยสนับสนุนระบบการทำงานของประสาท หัวใจ และกล้ามเนื้อ วิตามินบี2 (riboflavin) จำเป็นสำหรับสุขภาพของผิวหนังและระบบประสาท ช่วยบำรุงสายตา วิตามินบี6 (pyridoxine) จำเป็นสำหรับสุขภาพของผิวหนัง การทำงานของกระเพาะอาหารและลำไส้ รวมทั้งการทำงานของระบบประสาท สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยปกติในร่างกาย มีระบบควบคุมหรือป้องกันอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของเอนไซม์ กลุ่มของสารและโปรตีนบางชนิด และกลุ่มของสารอาหารบางชนิด ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระ ถูกนำมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพป้องกันและรักษาโรคต่างๆ ในรูปของอาหารและสมุนไพรโดยเฉพาะประเภทที่มีวิตามินซี อี และเอ ซีลีเนียม และเบต้า-แคโรทีน ซึ่งทำหน้าที่ขจัดอนุมูลอิสระได้ดี จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญในเมล็ดข้าว พบว่าเมล็ดข้าวกล้องสดำและแดงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงมากเมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวกล้องสีขาว โดยที่ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบฟีนอลในเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แกลบ (สุรัส ตั้งไพฑูรย์, 2540 และ อภิสิทธิ์ เฉลิมวัย, 2546)

ภาพที่2.2 แกลบข้าวเหนียวดำ

แกลบ (Rice Husk) คือ เปลือกแข็งของเมล็ดข้าวที่ได้จากการสีข้าว เป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรี เม็ดยาวสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองนวลแล้วแต่ภูมิประเทศที่มีการปลูกข้าว แกลบประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้า และมีซิลิกาในเถ้ามาก แกลบไม่ละลายในน้ำ มีความคงตัวทางเคมี ทนทานต่อแรงกระทำ จึงเป็นตัวดูดซับที่ดีในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักการกำจัดโลหะหนักด้วยแกลบมีรายงานว่าสามารถใช้ได้กับ แคดเมียม ตะกั่วสังกะสี ทองแดง โคบอลต์ นิกเกิลและเงิน โดยใช้ได้ทั้งในรูปที่ทำและไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ทำปฏิกิริยากับแกลบเพื่อให้ดูดซับโลหะมากขึ้นคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนตและอีพิคลอโรไฮดริน

2.3.1 ประโยชน์ของแกลบ

นอกจากการนำแกลบข้าวไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่างๆแล้ว ยังสามารถนำไปผสมกับวัสดุอื่นๆทำเป็นวัสดุก่อสร้างแล้ว แกลบข้าวยังถูกนำไปผลิตเป็นขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนประกอบหลักของขี้เถ้าแกลบ คือ ซิลิกา (SiO_2) สามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการทางเคมี และการเผาที่อุณหภูมิสูง ซิลิกาในขี้เถ้าแกลบมีทั้งที่เป็น ซิลิกาผลึก (Crystalline Silica) ซิลิกาผลึกสามารถแบ่งย่อยเป็นหลายชนิดตามความแตกต่างของรูปร่างลักษณะผลึกและความหนาแน่นของซิลิกา รูปร่างของผลึกมีหลายแบบ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยมลูกบาศก์และเส้นยาว และซิลิกาอสัณฐาน (Amorphous Silica) ซึ่งเป็นซิลิกาที่มีรูปร่างไม่เป็นผลึก (Non-crystalline Silica)

2.3.1.1 ด้านการเกษตร

2.3.1.1.1 ใช้ผสมเพื่อปรับสภาพดิน

2.3.1.1.2 ใช้ทำปุ๋ยหมัก

2.3.1.1.3 ใช้กันความชื้นในคอกสัตว์

2.3.1.1.4 ใช้เป็นส่วนผสมการผลิตซีเมนต์

2.3.1.2 ด้านการก่อสร้าง

2.3.1.2.1 เป็นส่วนผสมในการทำอิฐ

2.3.1.2.2 เมื่อเผาเป็นถ่านแล้วเพิ่มสารเคมีบางประเภทใช้เป็นวัสดุถมในงานถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ด้านพลังงานและอุตสาหกรรม

2.3.1.3.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิง

2.3.1.3.2 เผาเป็นเถ้าขาว จนมีคุณสมบัติเป็นด่าง ใช้เป็นส่วนผสมของสบู่ ยาสระผม และน้ำยาล้างจาน เป็นต้น

2.3.1.3.3 ใช้ทำแท่งถ่านอัดขี้เถ้าแกลบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง

2.3.1.3.4 ใช้ดูดซับก๊าซจากกระบวนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม

2.4 แคโรทีนอยด์

ชื่อแคโรทีนอยด์มาจากองค์ประกอบของเม็ดสีหลักในแครอท ซึ่งแคโรทีนอยด์นี้ จะใช้เรียกลักษณะของสีที่ปรากฏในสิ่งมีชีวิต เช่น ในน้ำมันพืช ตัวอย่างเช่น สีเหลืองในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเรพซีด น้ำมันลินซีด น้ำมันมะกอก น้ำมันข้าวบาร์เล่ห์ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันเมล็ดนุ่น เป็นต้น (Patte และ Purcell, 1969; Harold และ Purcell, 1967) ซึ่งในน้ำมันเหล่านี้จะมีแคโรทีนอยด์อยู่ในปริมาณที่ต่ำ คือน้อยกว่า 100 พีพีเอ็ม แต่น้ำมันปาล์มจะมีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์สูงที่สุด คือมีอยู่ประมาณ 15 ถึง 300 เท่า ของพืชอื่นๆ อีกส่วนหนึ่งที่พบได้ใน ผัก และ ผลไม้ รวมถึง เมล็ดธัญพืช เช่น ในแครอท ผักสีเขียว มะเขือเทศ และ ข้าวพันธุ์พื้นเมือง ในตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเทียบเท่าโปรไวตามินเอของอาหารประเภทต่างๆ

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปริมาณเทียบเท่าเรตินอล (RE) ของอาหารชนิดต่างๆ

	RE	Relative quality[a]	
		> น้ำมันปาล์มสีแดง	< น้ำมันปาล์มสีแดง
น้ำมันตับปลา (preformed retinal)			
ปลาฮาลิบัต	900,000	30	N/A
ปลาฉลาม	180,000	6	N/A
ปลาคอท	18,000	N/A	1.7
ผักและผลไม้ (carotene derived)			
น้ำมันปาล์มสีแดง	30,000	N/A	N/A
แครอท	2,000	N/A	15
ผักใบเขียว	685	N/A	44
แอพพริคอท	250	N/A	120
มะเขือเทศ	100	N/A	300
กล้วย	30	N/A	1,000
น้ำส้ม	8	N/A	3,750

a. ต่อ 100 ปอนด์ของปริมาณที่รับประทานได้ (µg).

N/A = ไม่มีข้อมูล

ที่มา: Choo (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 แคโรทีนอยด์กับวิตามินเอ

แคโรทีนที่อยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีน เป็นที่รู้จักมานานแล้วว่าเป็นโปรวิตามินเอ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นวิตามินเอได้ และไม่ว่าจะเป็นแอลฟาแคโรทีน แกมม่าแคโรทีน หรือเบต้าซีแคโรทีน ในน้ำมันปาล์มต่างก็มีคุณสมบัติเป็นโปรวิตามินเอเช่นเดียวกัน วัตถุดิบจากธรรมชาติ เช่น น้ำมันปาล์มดิบถูกใช้เป็นแหล่งวิตามินเอสำหรับชาวแอฟริกามาเป็นเวลานานแล้ว แต่ในพื้นที่อื่นๆของโลก ยังไม่ค่อยยอมรับนักเนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระปนอยู่ด้วย ซึ่งทั่วโลกจะบริโภคน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วมากกว่า ซึ่งส่วนใหญ่ก็มักจะเป็นน้ำมันบริโภคที่ไม่มีแคโรทีนอยด์อยู่แล้ว เนื่องจากได้ถูกทำลายไปตั้งแต่กระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว และปัจจุบันได้มีการพัฒนาการแปรรูปให้น้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์มีแคโรทีนอยด์สูงได้ โดยนำน้ำมันปาล์มดิบไปผ่านการกำจัดกัมด้วยกรดฟอสฟอริก ตามด้วยกระบวนการฟอกสี กำจัดกลิ่น และลดค่าความเป็นกรดด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ากระบวนการปกติ ซึ่งจะสามารถทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ยังคงอยู่สูงเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งน้ำมันชนิดนี้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง (Choo, 1994)

2.4.2 คุณสมบัติการเป็นสารแอนตี้ออกซิแด้นซ์

เบต้าแคโรทีน แอลฟาแคโรทีน และไลโคพีน มีประสิทธิภาพสูงในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแด้นซ์ (Choo, 1994) ส่วนแคโรทีนอยด์ชนิดอื่นๆ เช่น ลูทีน ก็มีคุณสมบัติความเป็นสารแอนตี้ออกซิแด้นซ์ที่ดีเช่นเดียวกัน (Ronald และ Eitenmiller, 1999) จากการทดสอบคุณสมบัติความเป็นสารแอนตี้ออกซิแด้นซ์ในไขมัน คอเรสเตอรอล และ ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ พบว่า แคโรทีนอยด์ที่อยู่ในน้ำมันปาล์มจะป้องกันไม่ให้น้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มมากขึ้นได้ และยังพบว่าเบต้าแคโรทีน มีคุณสมบัติในการป้องกันการทำลายของอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถป้องกันสาเหตุของการเกิดโรคได้หลายชนิด เช่น atherosclerosis arthritis และ carcinogenesis นอกจากนี้ แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีน ไลโคพีน และ ไฟโตอีน ยังมีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง (Murakoshi et al. , 1989) และในปี 1999 Stahl และ Sies รายงานว่า แอลฟาโทโคเฟอรอล และเบต้าแคโรทีน จะมีฤทธิ์เสริมกันเมื่อใช้ร่วมกัน

ในปี 1994, Choo พบว่า หนูทดลองที่มีการให้ปาล์มดิบเป็นอาหารจะเกิดการสะสมของแคโรทีนอยด์ในเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ในสัปดาห์ที่ 2 จะพบว่ามีเบต้าแคโรทีนในตับเพิ่มขึ้นจาก 7.7 ไปเป็น 30 นาโนกรัมต่อกรัมของเนื้อเยื่อ และภายหลัง 10 สัปดาห์ จะมีแอลฟาแคโรทีน และไลโคพีนสะสมในเนื้อเยื่อในปริมาณ 74 และ 49 นาโนกรัมต่อกรัมของเนื้อเยื่อ แต่ไม่พบในเนื้อเยื่อสมอง เนื้อเยื่อไขมัน และในผิวหนัง

2.4.3 ความเป็นพิษ

Ooi et al., (1991) ได้ทำการทดสอบความเป็นพิษของแคโรทีนอยด์ ที่ได้จากกระบวนการ Molecular distillation โดยทดลองป้อนให้กับหนู 4 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ตัว โดยป้อนในรูปอาหารที่มีแคทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มผสมที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ (20,000 พีพีเอ็ม) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าในอวัยวะหลักๆ เช่น หัวใจ ปอด ต่อมแอดรีนอล ไต ตับ และม้าม เป็นปกติ รวมถึงปริมาณ ไขมัน ในหัวใจ และหลอดเลือด ยังคงปกติ จึงสรุปได้ว่า แคโรทีนอยด์ไม่มีผลต่ออวัยวะหลักๆ ของหนู นอกจากนี้ The Food and Agriculture Organization of Malaysia ยอมรับให้แคโรทีนอยด์สามารถใช้เป็นสีผสมอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 รูปแบบการเตรียมแคโรทีนอยด์และอายุการเก็บ

แคโรทีนอยด์เข้มข้นสามารถเตรียมได้ 3 รูปแบบ เพื่อให้เหมาะกับการประยุกต์ใช้ คือ แบบแคปซูล ทั้งชนิดที่อ่อนและแข็ง แบบผง และแบบอิมัลชั่น โดยแบบผงสามารถที่จะนำไปทำเป็นเม็ดหรือบรรจุในแคปซูลได้ต่อไป ในการทดสอบความคงตัวพบว่า ชนิดที่เป็นผงจะไม่คงตัวเท่าแคโรทีนอยด์เข้มข้นที่บรรจุในแคปซูลอ่อน ซึ่งเก็บได้เป็นเวลา 1 ปี ที่ 28 - 32 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากแคโรทีนอยด์ชนิดผง มีโอกาสที่จะสัมผัสกับแสงและอากาศมากกว่า ทำให้เกิดการเสียสภาพเนื่องจากออกซิเดชั่น หรือการแตกตัวของแคโรทีนอยด์ แต่ชนิดที่เป็นผง จะลดอัตราการสูญเสียลงได้ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปเก็บในตู้แช่แข็ง ที่ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ปี (Choo, 1994) นอกจากนี้ วรรณา ตั้งเจริญชัย (2531) ยังรายงานว่า สีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์สามารถเตรียมให้อยู่ในรูปแบบอื่นๆได้อีกคือ การเตรียมเป็นซัสเพนชั่นในไขมัน (oil suspension) ซึ่งเป็นวิธีที่ผลึกของแคโรทีนอยด์แขวนลอยในน้ำมันพืช โดยจะบดผลึกของแคโรทีนอยด์ในสภาวะของไนโตรเจนจนได้อนุภาคขนาด 5 - 10 ไมครอน ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในซัสเพนชั่นอยู่ระหว่าง 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ยังสามารถเตรียมให้อยู่ในรูปคอลลอยด์ (colloidal dispersion) วิธีนี้จะละลายแคโรทีนอยด์ในตัวทำละลายที่เหมาะสม อาจมีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ นำมาผสมกับสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ เช่น เจลลาติน นำเอาของเหลวไประเหยเอาตัวทำละลายออกไปก่อน แล้วจึงนำไปทำให้แห้งด้วยระบบสเปรย์ ผงแคโรทีนอยด์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่างๆกัน เช่น 10 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต

Stein et al. (2001) รายงานวิธีการเตรียมแคโรทีนอยด์ในรูปสารแขวนลอยในสารละลายอินทรีย์ โดยมีการเติมสารแอนตี้ออกซิแด็นซ์ หรือน้ำมันด้วย และนำไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จนมีอุณหภูมิ 100 - 250 องศาเซลเซียส แต่ต้องใช้เวลาน้อยกว่า 5 วินาที และผสมกับสารละลายอื่นที่ต้องการในขณะที่คอลลอยด์ยังคงร้อนอยู่ จนอุณหภูมิลดลงเหลือ 20 - 100 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกสารละลายอินทรีย์ออก และทำซ้ำขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนนำไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใหม่อีกครั้ง Hoffmann (1958) ได้แสดงวิธีการเตรียมแคโรทีนอยด์ โดยละลายแคโรทีนอยด์ในตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว โดยมีการเติมสารแอนตี้ออกซิแด็นซ์ เช่น โทโคเฟอรอล และ/หรือ แอสคอบิลปาล์มมิเตทลงไปในตัวทำละลายก่อนการละลายแคโรทีนอยด์ Haberkorn et al. (1999) ได้กล่าวถึงวิธีการเตรียมแคโรทีนอยด์ในรูปผงที่สามารถละลายได้ดีในน้ำเย็น โดยผสมแคโรทีนอยด์ลงในตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งอาจมีการเติมหรือไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์หรือน้ำมันพืชร่วมด้วยก็ได้ และผสมเข้ากับตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่ง ให้ความร้อนที่ 40 - 90 องศาเซลเซียส รอจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 0 - 30 องศาเซลเซียส โดยใช้การทำความเย็นช่วยหรือไม่ก็ได้ จากนั้นแยกตัวทำละลายและน้ำออกจากแคโรทีนอยด์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว และทำให้แห้ง เป็นผง

รายละเอียดเกี่ยวกับความคงตัวของแคโรทีนอยด์ยังมีน้อย ปัจจัยที่พบว่ามีผลต่อความคงตัวของแคโรทีนอยด์มีหลากหลาย คือ (Ronald และ Eitenmiller, 1999)

ก) สิ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนสารประกอบจากรูป trans-isomer ไปเป็น cis-isomer ได้ เช่น แสง กรด โลหะหนัก เอ็นไซม์ไลพอกซี่จีเนส และความร้อนจากกระบวนการผลิต

ข) แคโรทีนอยด์จะเกิดออกซิเดชั่นได้เนื่องจากปฏิกิริยาออโต้ออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งจะมีผลให้เกิดการสูญเสียวิตามินเออย่างรวดเร็ว ซึ่งปฏิกิริยาออโต้ออกซิเดชั่นเกี่ยวข้องกับจำนวนพันธะคู่ขององค์ประกอบของสารนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) แคโรทีนอยด์อาจเกิดความไม่คงตัวเนื่องจากองค์ประกอบของอาหาร ซึ่งการแยกองค์ประกอบบางส่วนออกจากอาหาร จะเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนสซึ่งทำลายแคโรทีนอยด์ได้

ง) การลวกผลิตภัณฑ์พืชก่อนการแช่แข็ง เพื่อเป็นการทำลายเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส และเป็นการไล่ออกซิเจนออกจากเนื้อเยื่อ จะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียได้

จ) การทำแห้งโดยใช้อากาศ และการทำแห้งโดยวิธีระเหิดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์ ดังนั้นระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์เหล่านี้ควรบรรจุโดยเติมก๊าซเฉื่อยหรือทำระบบสุญญากาศ เป็นต้น

ฉ) แคโรทีนอยด์ จะคงตัวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นด่าง ความคงตัวและอายุการเก็บแคโรทีนอยด์ ที่ทำเป็นสีผสมอาหารหรือใช้เป็นแหล่ง ไวตามิน ที่มีจำหน่ายในทางการค้า มีดังนี้

Beta-carotene 15M

แคโรทีนอยด์ชนิดนี้ สามารถละลายได้ในน้ำมัน มีเบต้าแคโรทีนเป็นองค์ประกอบอยู่ 15 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมันข้าวโพด มีความไวต่อออกซิเจน แสง ความร้อน และความชื้น สีจะค่อยๆซีดจางลงเมื่อเก็บที่ 60 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บนาน 12 เดือน เมื่อเก็บในสภาวะปิดสนิท ทึบแสง และอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ภายหลังการเปิดใช้งาน ก่อนการปิดฝาเก็บควรพ่นด้วยไนโตรเจน สีชนิดนี้ใช้ได้ดีกับอาหารที่มีองค์ประกอบเป็นน้ำมัน เช่น มาการีน เนยแข็ง ไอศกรีม ซุป หรือผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (BASF Technical bulletin, 2001)

Beta-carotene emulsion 8010

ผลิตภัณฑ์นี้มีองค์ประกอบของเบต้าแคโรทีน 1 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บ 6 เดือน ในสภาวะปิดสนิท แห้ง มืด และเย็น ควรเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ ใช้ได้กับอาหารที่มีองค์ประกอบของน้ำ เช่น เครื่องดื่ม อาหารแช่แข็ง ไส้ขนมต่างๆ เป็นต้น (Colorcon Technical bulletin, 2004)

Beta-carotene 20% DC

แคโรทีนอยด์ชนิดนี้ มีลักษณะเป็นผง ประกอบด้วยสารเบต้าแคโรทีน 20 เปอร์เซ็นต์ ไวต่อออกซิเจน แสง ความร้อน และความชื้น มีอายุการเก็บ 3 ปี ในสภาวะอุณหภูมิการเก็บสูงสุดไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส และบรรจุภัณฑ์ต้องป้องกันแสงได้ สามารถนำไปทำเป็นเม็ด หรือ แคปซูลได้ (BASF Technical bulletin, 2001)

2.4.5 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

แคโรทีนอยด์พบมากกว่า 600 ชนิด มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 40 คาร์บอน มีหน่วยย่อยที่เป็น isoprene 8 หน่วย แคโรทีนอยด์มีหลากหลายชนิดในธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อองค์ประกอบด้วย เช่น ไลโคพีน จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด เบต้าแคโรทีนที่เป็นที่รู้จักกันดีจะมีคุณสมบัติเป็นโปรไวตามินเอ เนื่องจากมีโครงสร้างเหมือน ไวตามินเอ 2 โมเลกุลต่อกัน โดยที่หัว และท้ายของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน จะมี β-ionone ring จับอยู่ แคโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไวตามินเอมีหลายชนิด เช่น เบต้าแคโรทีน แอลฟาแคโรทีน แกมมาแคโรทีน และ เบต้าคริปโตแซนทีน (Ronald และ Eitenmiller, 1999) โครงสร้างของเบต้าแคโรทีน แอลฟาแคโรทีนไลโคพีน และ ไวตามินเอ คุณสมบัติของแคโรทีนอยด์แสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์	Molar Mass	สูตรโครงสร้าง	การละลาย	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ลักษณะผลึก
Provitamin A Carotenoids					
β-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Soluble in CS2, benzene, chloroform	183	Red rhombic square leaflets
α-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Freely soluble in CS2, chloroform; soluble in ether, benzene	187.5	Deep purple prisms
γ-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Somewhat less soluble than β-carotene	152-153.5 (synthetic) 177.5 (natural)	Red plates (synthetic) Deep-red prisms (natural)
Other Carotenoids					
Lycopene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Soluble in chloroform, benzene; insoluble in methanol, ethanol	172-173	Deep red needles

ที่มา: Ronald และ Eitenmiller (1999)

2.5 เทคนิคการแยกแคโรทีนอยด์

เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารมีความต้องการใช้แคโรทีนอยด์ในปริมาณสูง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตแคโรทีนอยด์จากวัตถุดิบต่างๆอย่างหลากหลาย ซึ่งวิธีการต่างๆมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดดังต่อไปนี้

2.5.1 การสกัดโดยใช้วิธี Supercritical Fluid Extraction

การสกัดด้วยวิธี Supercritical Fluid Extraction มีผู้ที่ทำการศึกษาดังนี้ Luiz และ Angela (2000) ได้ทำการสกัดแคโรทีนและไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ และหาสมการทำนายประสิทธิภาพในการสกัด ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการสกัดคือ 45 องศาเซลเซียส Cocero et al.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2000) ได้สรุปว่าวิธีสกัดนี้มีข้อได้เปรียบกว่าการสกัดโดยใช้สารละลายโดยทั่วไป แต่ก็มีข้อจำกัดคือ อาจทำให้การสกัดสารประกอบประเภทไม่อิ่มตัว เช่น เบต้าแคโรทีน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ Luiz et al. (1999) ได้สกัดแคโรทีนอยด์และไขมันจากผล buriti พบว่าการสกัดด้วยวิธี Supercritical Fluid Extraction ได้เบต้าแคโรทีนสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การสกัดด้วยเฮกเซน จะได้เพียง 1 เปอร์เซ็นต์ Inakuma et al. (1998) ได้สกัดไลโคพีนจากมะเขือเทศ Vesper และ Nitz (1997) ได้สกัดองค์ประกอบต่างๆจากพริกปาปริกา เพื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่า Supercritical Fluid Extraction จะได้กรดไขมัน 88 เปอร์เซ็นต์ แต่การสกัดด้วยตัวทำละลายได้ 60 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแคโรทีนอยด์ที่สกัดโดยวิธี Supercritical Fluid Extraction จะได้ 68 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายจะได้สูงกว่าคือ 74 เปอร์เซ็นต์ Zhou และ Barth (1996) ได้สกัดแคโรทีนอยด์จากแครอท ที่ผ่านการ freeze dreid แล้ว Sangbin และ Kyung (1995) ได้สกัดแอลฟา และเบต้าแคโรทีนจากแครอทที่ผ่านการ freeze dry แล้ว โดยจะใช้ของเหลวผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และเอธานอล Spanos et al. (1993) ได้สกัดเบต้าแคโรทีนจากมันเทศ ที่ผ่านการ freeze dry พบว่าสารสกัดที่ได้จะมีเบต้าแคโรทีน 94 เปอร์เซ็นต์ Messerschmidt et al. (1993) ได้สกัดแคโรทีนอยด์จากของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำ sea buckthorn พบว่าสามารถสกัดได้ 64 เปอร์เซ็นต์ Kitaoka et al. (1996) ทำการแยกแคโรทีนอยด์จากเซลล์แบคทีเรีย โดยวิธี Supercritical Fluid Extraction ซึ่งจะได้แคโรทีนอยด์ที่มีความปลอดภัยในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ และสารปรุงแต่งอาหาร นอกจากนี้ Marsili และ Callahan (1993) ได้เปรียบเทียบเวลาในการสกัดเบต้าแคโรทีนออกจากผัก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเอธานอลกับเพนเธน เปรียบเทียบการใช้ Supercritical Fluid Extraction พบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้เวลาประมาณ 90 นาที แต่ Supercritical Fluid Extraction จะใช้เวลาเพียง 30 นาทีเท่านั้น

จากการศึกษาที่ผ่านมา สามารถสรุปข้อดีและข้อจำกัดของการสกัดแคโรทีนอยด์ด้วยวิธี Supercritical Fluid Extraction ได้ดังนี้

ข้อดี - สามารถสกัดได้ทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลวและของแข็ง
- ใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่าวิธีอื่น
- ใช้ได้ผลดีกับการสกัดสารที่สลายตัวได้ง่ายจากความร้อน

ข้อจำกัด - ไม่เหมาะกับการสกัดสารที่ไม่อิ่มตัว เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
- ไม่สามารถสกัดแบบต่อเนื่องได้

2.5.2 การสกัดโดยใช้วิธีการดูดซับ

Adhikari et al. (1997) ได้ศึกษากลไกการดูดซับแคโรทีนอยด์ โดยใช้ acid-activated bleaching clay พบว่ากลไกการดูดซับเป็นแบบ chemisorptionซึ่งแตกต่างกับกลไกการดูดซับน้ำมันจากเฮกเซนซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยากับ silanol groups ส่วน Desai และ Dubash (1994) ได้ศึกษาการใช้ acid-treated bentonite และ alumina gel ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มดิบ พบว่าการใช้อัตราส่วน bentonite ต่อ alumina gel ที่เหมาะสมคือ 4:1 ซึ่งจะดูดซับแคโรทีนได้ 79 เปอร์เซ็นต์ Saburova และ Lepilin (1988) ศึกษาการดูดซับแคโรทีนอยด์จากน้ำมันดอกทานตะวันโดยใช้ activated carbon พบว่าสามารถดูดซับได้ง่ายและใช้ activated carbon น้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์ กัณณพนต์ โล่ห์เพชรัตน์ (2538) ได้ทำการสกัดเบต้าแคโรทีนจากผงฟอกสีที่ใช้ในการดูดซับในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มโดยใช้กระบวนการ alcoholysis ซึ่งจากการใช้สารละลายกรดอะซิติกในเอธานอล พบว่าสารสีส้มอมแดงที่สกัดได้ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเบต้าแคโรทีนอยู่ แต่เมื่อทำการสกัด โดยผ่านกระบวนการ alcoholysis ที่ทำให้น้ำมันปาล์มดิบถูก transethylate อย่างต่อเนื่อง ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที โดยมี NaOH 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมี toluene เป็นตัวเชื่อมวัฏภาค (phase binder) พบว่าจะสามารถช่วยสกัดเบต้าแคโรทีนได้ โดยสูญเสียแคโรทีนอยด์ประมาณ 36 - 42 เปอร์เซ็นต์ อนุตตรา นวมถนอม และ บุญตา เหตะโยธิน (2539) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสกัดเบต้าแคโรทีนจากผงฟอกสีโดยใช้ Activated carbon PX1-3 , Activated carbon OA , CPG-LF , Norit Draco S 51 , CAL , KK หรือ F-100 ในการดูดซับในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ใช้เฮกเซนเป็นสารแยกน้ำมันออกก่อนในขั้นตอนแรก จากนั้นจึงสกัดเบต้าแคโรทีนจากผงฟอกสีด้วยโทลูอีน พบว่าผงถ่านชนิด KK สามารถใช้ในการแยกเบต้าแคโรทีนได้สูงที่สุด ประมาณ 0.0007 กรัมต่อน้ำมันปาล์ม 1 กรัม Hills (1989) และจดสิทธิบัตรกระบวนการเตรียมแคโรทีนอยด์จากสาหร่าย โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์ม : เฮกเซน : อีเทอร์ : เมธานอล ในสัดส่วน 3:2:1:1 เมื่อสกัดสาหร่ายที่ทำลายผนังเซลล์แล้ว ทำการแยกสาหร่ายออกจากตัวทำละลายผสม และผ่านสารละลายผสมในเจลแป้ง ระเหยตัวทำละลายออกจากเจลแป้ง ตกตะกอนแป้งในแอลกอฮอล์ และแยกแคโรทีนอยด์ที่ละลายน้ำออกจากแป้ง ซึ่ง Mamuro et al. (1986) ก็ใช้วิธีการนี้ในการผลิตแคโรทีนให้เข้มข้น การสกัดแคโรทีนอยด์ โดยใช้วิธีการดูดซับ มีข้อดีและข้อจำกัดสรุปได้ดังนี้

ข้อดี - มีประสิทธิภาพในการสกัดสูง

- ใช้สารดูดซับในปริมาณต่ำ

ข้อจำกัด - เมื่อทำการดูดซับแล้ว จะต้องทำการสกัดแยกแคโรทีนอยด์ออกจากสารดูดซับอีกครั้ง

- ไม่สามารถสกัดแบบต่อเนื่องได้

- ใช้ได้กับวัตถุดิบที่เป็นของเหลวเท่านั้น

- สารดูดซับบางชนิด เช่น เบนโทไนท์ ถ้ามีการตกค้างอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

- มีปัญหาในการกำจัดกากสารดูดซับ

2.5.3 การทำให้เข้มข้น

การสกัดด้วยวิธีทำให้เข้มข้นได้มีการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น (Ibuki et al., 1996) โดยทำการละลายน้ำมันปาล์มดิบที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงด้วยสารละลายอินทรีย์ความเข้มข้น 5 – 30 เปอร์เซ็นต์ (w/w) แล้วนำไปทำให้เย็นอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราเร็ว 1 องศาเซลเซียสต่อนาที เพื่อตกผลึกส่วนต่างๆของน้ำมัน และเก็บส่วนที่ไม่ตกผลึกออกไป Tech ZusammenarbeitGtzGmbh d (de) (1993) จดสิทธิบัตรวิธีการผลิตน้ำมันโอเลอีนที่มีแคโรทีนอยด์เข้มข้น 750-1,000 พีพีเอ็ม จากน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งทำได้โดยนำน้ำมันปาล์มดิบทั้งหมดไปกำจัดกัม และทำการสกัดด้วยวิธีแบบลิควิด-ลิควิด และไปทำให้บริสุทธิ์โดยขั้นตอนดรายแฟลกชั่นเนชั่น

วิธีการนี้เป็นการเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำมัน โดยไม่ใช่วิธีการสกัดแยกโดยตรง และต้องติดตั้งระบบทำความเย็นเพิ่มเติม แต่เป็นวิธีที่น่าสนใจมากเนื่องจากไม่ซับซ้อน และสารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำละลายคือสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถประยุกต์ให้ใช้ชนิดเดียวกับที่มีใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่ใช้กันทั่วไปอยู่แล้วได้ เพียงแต่เพิ่มกระบวนการทางเคมีเข้าไปอีกเล็กน้อยก็จะสามารถทำให้เป็นกระบวนการสกัดที่สมบูรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายได้มีการศึกษาในวัตถุดิบหลายประเภท ยกเว้นน้ำมันปาล์มดิบ ดังนี้ Ghazi (1999) ได้ทำการสกัดเบต้าแคโรทีนจากเปลือกส้ม พบว่า สารละลายที่ใช้สกัดที่ให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุดคือ สารละลายผสมระหว่างอะซิโตนและเฮกเซน ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนสารละลายต่อตัวอย่างเท่ากับ 15:1 โดยปริมาตร และใช้เวลาในการสกัด 15 นาที Kajadphai et al. (1997) ได้ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดแคโรทีนอยด์ เพื่อนำไปวิเคราะห์แคโรทีนอยด์จากน้ำมะเขือเทศกระป๋อง พบว่า สารละลายที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการสกัดเบต้าแคโรทีนคือ การใช้สารละลายผสมระหว่าง เอธานอล:เฮกเซน ในอัตราส่วน 4:3 โดยปริมาตร โดยสกัด 2 ครั้ง จะได้ไลโคพีน 96 เปอร์เซ็นต์ แอลฟาแคโรทีน 102 เปอร์เซ็นต์ และเบต้าแคโรทีน 93 - 100 เปอร์เซ็นต์ Park et al. (1998) ได้ทำการสกัดแคโรทีนอยด์จาก Chrysanthemum boreale โดยสกัดด้วยเอธานอล 21 เปอร์เซ็นต์ ในสัดส่วน 143 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม เป็นเวลา 19 ชั่วโมง พบว่าได้แคโรทีนอยด์ 75 เปอร์เซ็นต์ Teixeira และ Rodriguez (1998) สกัดแคโรทีนอยด์จาก Brazilian nectarine (Prunuspersica) โดยใช้อะซิโตน และแยกอะซิโตนออกด้วยน้ำ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่นด้วย โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ในเมธานอล และนำไปทำให้เป็นกลาง พบว่าจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ 8.9 - 10.2 mug/g Boehm และ Bitsch (1997) สกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำผลไม้และผักด้วยเฮกเซนหลายๆครั้ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณและ Isomer ของแคโรทีนอยด์ พบว่าแคโรทีนอยด์ที่ได้จากน้ำผลไม้และผักหลายชนิดจะมีปริมาณและ Isomer ของแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกันออกไป Wu et al. (1996) สกัดสารสีเหลืองจากเปลือกฟักทองโดยใช้สารละลายแล้วนำมากรอง และกลั่นเพื่อนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นด้วยระบบสุญญากาศ พบว่าในสารสกัดจะมีเบต้าแคโรทีนอยด์ 16.84 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายในน้ำมัน และทำให้ละลายในรูปน้ำได้โดยการผสมอิมัลซิไฟเออร์ลงไป เบต้าแคโรทีนอยด์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นสารผสม อาหารได้ Delgado และ Paredas (1997) สกัดแคโรทีนอยด์จากดอกแมรี่โกลด์ ที่เติมเอนไซม์จากเชื้อราชนิดต่างๆ 5 ชนิด เพื่อดูผลของเอนไซม์ที่มีต่อสารสกัดแคโรทีนอยด์ ด้วยสารละลายเฮกเซน พบว่าเอนไซม์ ECONASE-CEP เข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงที่สุด Heidlas et al. (1997) สกัดสีประเภทแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีน จากวัตถุดิบธรรมชาติที่แห้งและเป็นของแข็ง ด้วยสารละลายเอธิลอะซิเตตและเอธิลอะซิเตตผสมกับ บิวทิวอะซิเตต ในวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมันเริ่มต้น ประมาณ 3 – 25 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการสกัดหลายชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 - 125 เซลเซียส พบว่าสีที่สกัดได้มีปริมาณสูงและบริสุทธิ์ Heidlas et al. (1996) สกัดแคโรทีนอยด์ จากวัตถุดิบแห้งตามธรรมชาติ โดยใช้ก๊าซความดันสูง เช่น โพรเพน และโพรเพนผสมกับบิวเทน เป็นสารสกัด วิธีการนี้จะให้สารที่สกัดได้มีแคโรทีนอยด์มีอยู่สูง ซึ่งสามารถใช้เป็นสีผสมอาหารได้ Wilberg และ Rodriguez (1995) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดแคโรทีนอยด์จาก ฝรั่ง มะม่วง และมะละกอ โดยใช้สารละลายหลายประเภท ได้แก่ เอธานอลผสมกับเฮกเซน ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร หรือผสมอะซิโตน เมทธานอลเอธานอล และ เฮกเซนในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า การใช้สารละลาย เอธานอลผสมกับเฮกเซนจะให้ ประสิทธิภาพในการสกัดสูงที่สุด Pokorny et al. (1993) สกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมัน rapeseed โดยนำเมล็ด rapeseed ไปอัด กรอง เหวี่ยง และสกัดด้วยสารละลาย ในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร Ihl et al. (1994) สกัดแคโรทีนอยด์จาก green leaves of Swiss Chard โดยใช้สารละลาย N,N-dimethylformamideและนำไปหาปริมาณเม็ดสีโดยใช้การวัดค่า L* a* b* พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอโรฟิลล์จะมีค่า correlation coefficient (R2) = 0.9264 และแคโรทีนอยด์จะมีค่า R2= 0.9264 Abouและคณะ (1992) สกัดแคโรทีนอยด์จากดอก calendula โดยใช้สารละลายชนิดต่างๆ เพื่อนำมาใช้เป็นสีผสมเครื่องดื่ม พบว่าอะซิโตน 95 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด รองลงมาตามลำดับคือ เฮกเซน 95 เปอร์เซ็นต์ และเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลาย starch จะเป็นตัวกลางที่ที่สุด ที่ทำให้แคโรทีนอยด์กระจายตัวเมื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร Vollbrecht et al. (1998) ข้อถือสิทธิ์คือ กระบวนการสกัดสีแคโรทีนอยด์ จากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยใช้แก๊สที่อัดจนเป็นของเหลว เช่น โพรเพน และหรือ บิวเทน แต่ในขั้นตอนต้องมีการทำให้วัตถุดิบที่ต้องการสกัดแห้งก่อน ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้ได้สีแคโรทีนอยด์ที่มีความเข้มข้นสูง Union (1957) สกัดน้ำมันโบเลโกะหรือน้ำมันไอซาโนะ โดยใช้ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนที่มีการเติมคลอรีนหรือออกซิเจน ที่มีจุดเดือดต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส Ig (1935) รายงานว่าสารบางชนิดที่สามารถละลายในน้ำมัน เช่น วิตามิน ในเนื้อเยื่อสัตว์ เนื้อเยื่อพืช สามารถแยกออกได้โดยการสกัดด้วยแอลกอออล์ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ หก จนถึง สิบ อะตอม หรืออาจใช้แบบผสมกัน ยกตัวอย่างเช่น ตับที่ผ่านการบดแล้ว จะถูกผสมด้วย ออกธิลแอลกอฮอล์ โนนิลแอลกอฮอล์ หรือเฮกซิลแอลกอฮอล์ และป้องกันออกซิเดชั่นด้วย ไนโตรเจน ใช้เวลา 3 - 4 ชั่วโมง และขณะสกัดทำความเย็นด้วยน้ำแข็ง ทำการกรองแยกของแข็ง และแยกตัวทำละลายด้วยการระเหยที่ความดันต่ำ และยังมีการเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆที่ใช้ในการทำให้แคโรทีนเข้มข้นที่จดสิทธิบัตรโดย Passino (1952) จากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถสรุปข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสกัดนี้ ได้ดังนี้

ข้อดี - สามารถสกัดได้ทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลวและของแข็ง
- มีตัวทำละลายหลายชนิดให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม
- ใช้ได้ผลดีกับการสกัดสารที่สลายตัวได้ง่ายโดยความร้อน
- สามารถนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้

ข้อจำกัด - ตัวทำละลายบางชนิดมีความเป็นพิษต่อมนุษย์

2.5.5 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้แผ่นกรอง (membrane)

การแยกแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีกรอง มีผู้ทำการศึกษาคือ Ong et al. (1999) โดยใช้แผ่นกรองในขั้นตอนการกำจัดกัมในกระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถกรองแยกแคโรทีนอยด์ออกจากน้ำมันปาล์มดิบได้ถึง 15.8 เปอร์เซ็นต์

วิธีการแยกแคโรทีนอยด์ โดยการใช้แผ่นกรองมีข้อดีหลายประการได้แก่ใช้ได้ผลดีกับการสกัดสารที่สลายตัวได้ง่ายเพราะไม่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง ใช้พลังงานต่ำและเป็นการลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากแยกได้ทั้งกัมและแคโรทีนในเวลาเดียวกัน (สำหรับน้ำมันปาล์ม) และยังสามารถลดสารประกอบฟอสฟอรัสได้ถึง 96.4 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามวิธีนี้ จะใช้แยกแคโรทีนอยด์ได้เฉพาะในวัตถุดิบที่เป็นของเหลวเท่านั้น และความสามารถในการแยกจะลดลงเมื่อเวลาที่ใช้งานเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องหาเทคโนโลยีมาใช้ทำความสะอาด membrane เพื่อที่จะสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้

2.5.6 การสกัดโดยวิธี Molecular Distillation

Batistella และ Wolf (1998) ได้ทำการสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์ม โดยทำน้ำมันให้เป็นกลาง และทำปฏิกิริยา transesterification จากนั้นนำไปกลั่นแยกเอสเทอร์ ด้วยวิธี Molecular Distillation พบว่า สารที่กลั่นได้มีแคโรทีนอยด์ มากกว่า 30000 พีพีเอ็ม เช่นเดียวกับ Procter and Gamble (1945) รายงานว่าแคโรทีนอยด์เข้มข้นสามารถเตรียมได้จากการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอล์ไลซิ่งน้ำมันปาล์มด้วย อะลิฟาติกโมโนไฮดริกแอลกอฮอล์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และใช้ด่างเป็นแคตาลิส จากนั้นแยกอัลคิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น และจะได้แคโรทีนอยด์เข้มข้นในส่วนของสารตกค้างที่ได้จากการกลั่นแบบปกติ แต่ที่จัดอยู่ในการสกัดวิธีเดียวกันเนื่องจากมีลักษณะการทำใกล้เคียงกัน ยังมีผู้ที่ใช้วิธีการใกล้เคียงกันนี้คือ Hara et al. (1988), Hama et al. (1986), Eckey (1943), Sonntag (1984) และ Ooi et al. (1991)

วิธีการนี้มีข้อดีคือสามารถแยกแคโรทีนอยด์ออกมาได้ในปริมาณสูงมาก แต่มีข้อจำกัดคือใช้แยกแคโรทีนอยด์ได้เฉพาะในวัตถุดิบที่เป็นของเหลวเท่านั้น

2.5.7 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้ปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น

เนื่องจากแคโรทีนอยด์ไม่ทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น (Kimura et al., 1990) Siong และ Lam (1992) จึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโตกราฟฟี่ร่วมกับซาปอนนิฟิเคชั่น ในการสกัดแคโรทีนอยด์จากผักใบเขียว มะเขือเทศ French and long beans และแครอท โดยใช้ปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น ในการแยกสารอื่นที่ไม่ใช่แคโรทีนอยด์ออกไปก่อน แล้วจึงแยกแคโรทีนอยด์ออกโดยวิธีโครมาโตกราฟฟี่ Fernandez et al. (1999) ได้แยกแคโรทีนอยด์ชนิด ซีแซนทีน ในโอเรโอเรซิ่น และแยกแคโรทีนอยด์จากผักโดย การทำไอโซเมอไรซ์เซชั่น หรือการทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อีเทอร์ โพลีไฮดรอกซิลแอลกอฮอล์ หรืออีเทอร์ผสมแอลกอฮอล์ Katsumi และ Rikagaku (1924) ทำการแยกวิตามินที่ละลายในน้ำมัน โดยเปลี่ยนองค์ประกอบไขมัน ให้เป็นสบู่และสกัดวิตามินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยป้องกันการผสมของอากาศในระหว่างการทำปฏิกิริยา ตัวอย่างเช่น การทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่นน้ำมันตับปลาด้วยแคลเซี่ยมหรือแบเรี่ยมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอลล์ จากนั้นทำการกรองสบู่ออก ในบางกรณีก็สามารถทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชั่น ในสภาวะเพิ่มความดัน และผสมแอลกอฮอล์หรืออีเทอร์เป็นขั้นตอนสุดท้าย สำหรับแคลเซี่ยม หรือแบเรี่ยมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ จะตกตะกอนด้วยการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วกรองออก สำหรับกรดไขมันที่หลงเหลืออยู่ ก็ทำปฏิกิริยากับ โปแตสเซี่ยมคาร์บอเนตและการทำให้วิตามินที่ได้ปราศจากคอเลสเตอรอลทำได้โดยการละลายวิตามินลงในเมธิลแอลกอฮอล์ 85 - 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้คอเลสเตอรอลตกตะกอน ซึ่งวิตามินที่ได้ อาจจะละลายในน้ำมัน แอลกอฮอล์ หรือดูดซับด้วย แลกโตส หรือแป้งเป็นต้น ซึ่ง Tabor et al. (1948) และBlaizot et al. (1953) ก็ใช้วิธีนี้เช่นเดียวกัน

วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถลดสิ่งปลอมปนอื่นลงได้มาก และสามารถแยกแคโรทีนอยด์ได้ในปริมาณสูง แต่พบปัญหาคือ การทำปฏิกิริยานี้จะลดปริมาณของแคโรทีนอยด์ ที่ควรจะได้ลงบางส่วน (Kimura et al., 1990) และเมื่อทำปฏิกิริยานี้ อาจทำให้วัตถุดิบที่นำมาสกัดบางชนิด เช่น น้ำมัน เกิดการสูญเสียไปบางส่วน

2.5.8 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธี phase separation

Minguezและ (1989) ประสบความสำเร็จในการแยก chloroplast pigment ได้แก่ คลอโรฟิลและแคโรทีนอยด์จากผลมะกอก โดยไม่มีการปนเปื้อนของน้ำมัน โดยใช้วิธี phase separation ระหว่างตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เฮกเซน และ N,N-dimethylformamide นอกจากนี้ Hong et al. (1997) ได้สกัดเบต้าแคโรทีนเข้มข้นจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยเปลี่ยนโครงสร้างน้ำมันปาล์มดิบให้เป็นเมธิลเอสเทอร์ โดยใช้ความดัน 0.4 - 2.8 ความดันบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีนี้จะได้แคโรทีนอยด์ที่มีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากไม่มีการปนเปื้อนของน้ำมัน และเป็นวิธีที่ใช้ได้ดีสำหรับการแยกแคโรทีนอยด์ออกจากน้ำมันแต่มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ N,N-dimethylformamide ไม่มีความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้กับอาหาร

2.5.9 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธีการเติมสารตกตะกอนแคโรทีนอยด์

Graves และ Gallaher (1996) ได้แยกแคโรทีนอยด์จากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แครอท โดยแยกเนื้อและน้ำแครอทออกจากกัน จากนั้นเติมสารตกตะกอนแคโรทีนอยด์ออกจากส่วนที่เป็นน้ำ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือแคลเซียมแลกเตท หรือแคลเซียมกลูโคเนท ซึ่งจะทำให้แคโรทีนอยด์ตกตะกอนเป็นของแข็ง และแยกออกจากของเหลว

วิธีการนี้สามารถใช้ได้ดีกับ สารละลายแคโรทีนอยด์ที่ละลายได้ในน้ำหรือของเหลวมีขั้ว และสามารถแยกของเหลวออกได้เท่านั้น เนื่องจากสารที่ใช้ในการตกตะกอนจะสามารถละลายได้เฉพาะในตัวทำละลายที่มีขั้วเท่านั้น

2.5.10 การแยกแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธีเชิงกล

Manuf (1929) ได้แยกน้ำมันออกจากตับปลา โดยนำตับปลามาบดและสับ จนได้มีลักษณะเป็นของเหลว และนำไปผ่านเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำมันออก

วิธีการนี้สามารถใช้ได้ดีกับน้ำมันหรือวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมัน ที่ต้องสกัดแยกออกจากเนื้อเยื่อเซลล์พืชหรือสัตว์ ที่ต้องมีการทำให้เซลล์แตก และสารเหล่านี้จึงจะแยกตัวออกมาได้ด้วยแรงทางเชิงกล

จากการศึกษาวิธีการสกัดหรือการผลิตแคโรทีนอยด์ที่กล่าวมาทั้ง 10 วิธี จะเห็นว่าแต่ละวิธีต่างมีข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบทางอุตสาหกรรม ควรเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ต้นทุนต่ำ และปลอดภัย ทั้งนี้วิธีการใช้ตัวทำละลายในการสกัดเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ถ้ามีการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม จะทำให้ผลผลิตที่ได้ปลอดภัย มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังสามารถนำตัวทำละลายที่ใช้แล้วกลับไปใช้ใหม่ได้ และถ้ามีการออกแบบกระบวนการสกัดที่เหมาะสม ก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก

2.5.11 การเตรียมแคโรทีนอยด์รูปแบบต่างๆ

เมื่อสามารถแยกแคโรทีนอยด์ได้แล้ว การเตรียมแคโรทีนอยด์ให้อยู่ในรูปต่างๆ มีผู้ศึกษาไว้ในหลายกรณี ตัวอย่างเช่น Stein et al. (2001) ได้ทำแคโรทีนอยด์ให้เป็นผง โดย ผสมแคโรทีนอยด์ สารแอนตี้ออกซิแด๊นซ์ และ/หรือน้ำมันให้อยู่ในรูปซัสเพนชั่น ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำ นำไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ให้มีอุณหภูมิ 100 - 250 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาน้อยกว่า 5 วินาที และทำการผสมอย่างรวดเร็ว จนกระทั่ง อุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 20 - 100 องศาเซลเซียส จึงทำการแยกตัวทำละลายอินทรีย์ออก Hoffmann (1958) ได้เตรียมแคโรทีนอยด์ที่เหมาะสมที่ใช้ผสมกับอาหาร หรืออาหารสัตว์ โดยละลายแคโรทีนอยด์และแอนตี้ออกซิแด๊นซ์ เช่น โทโคเฟอรอล และหรือ แอสคอบิลปาล์มิเตท ในตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 เซลเซียส และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ต่อมา Haberkorn et al. (1999) ได้จดสิทธิบัตรการทำแคโรทีนอยด์ผง ที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 คุณสมบัติของตัวทำละลาย

การเลือกใช้ตัวทำละลายต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่นความมีขั้วของโมเลกุล อัตราการระเหย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ และความสามารถในการละลายสารที่ต้องการ เป็นต้น ความมีขั้วของตัวทำละลายพิจารณาจากค่า electric dipole ในโมเลกุล ซึ่งเกิดจากค่าความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี้ ออกซิเจน และไนโตรเจนอะตอม จะทำหน้าที่เหมือนเป็นขั้วลบในโมเลกุล เพื่อจะใช้ยึดหรือจับกับโมเลกุลของคาร์บอนหรือไฮโดรเจน (Rydberg et al., 1992)

ความสามารถในการละลายของสาร จะมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวมาจับกันของโมเลกุล โดยโมเลกุลของของเหลวหรือของแข็ง จะอยู่ใกล้ชิดหรือติดกัน จากแรงยึดเหนี่ยวภายในแต่โมเลกุลเอง และแรงดึงดูดภายในโมเลกุลของตัวทำละลาย จะไม่สามารถสู้แรงดึงดูดภายในของตัวถูกละลายได้ ตัวทำละลายจึงไปแทรกอยู่ระหว่างและรอบๆ โมเลกุลของตัวถูกละลาย และขณะเดียวกันโมเลกุลของตัวถูกละลาย จะไปแยกโมเลกุลของตัวทำละลายออกจากกันด้วย ดังนั้น ความสามารถในการจับกันของโมเลกุลของทั้งตัวทำละลาย และตัวถูกละลาย ควรใกล้เคียงกัน จึงจะสามารถละลายเข้ากันได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าโมเลกุลของทั้งตัวทำละลายและตัวถูกละลาย มีความสามารถในการจับกันของโมเลกุลที่แตกต่างกันมาก โมเลกุลที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดสูง ก็จะจับตัวกันเอง และไม่สามารถละลายเข้ากันได้ ตัวอย่างเช่น น้ำและน้ำมันไม่สามารถละลายเข้ากันได้ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำ จะจับกันเองอย่างเหนียวแน่น โดยไม่ยอมให้น้ำมันที่มีแรงดึงดูดต่ำกว่าแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำได้ (Burke, 1984) คุณสมบัติบางอย่างของตัวทำละลายบางชนิด แสดงในตารางที่ 2.4

จากทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดี พบว่าเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ มีค่า electric dipole ต่ำ จึงสามารถใช้ได้ดีกับตัวถูกละลายที่มีขั้วต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับตัวถูกละลายที่เป็นน้ำมัน และเฮกเซนยังมีจุดเดือดต่ำ ทำให้สามารถระเหยแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่าย และมีสารตกค้างภายหลังการระเหยที่ต่ำมาก ประมาณ 0.001 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	น้ำหนักโมเลกุล (กรัมต่อโมล)	Dielectric constant[b]	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)
c-Hexane	84.2	2.02	80.74
n-Hexane	86.2	1.88	68.7
n-Octane	114.3	1.95	258.3
Benzene	78.1	2.28	80.1
Toluene	92.1	2.38	110.6
Dichloromethane	89.9	8.9	39.8
Chloroform	119.4	4.9	61.2
Carbon tetrachloride	153.8	2.24	76.5
Chlorobenzene	112.6	5.6	131.7
Carbon disulfide	76.1	2.63	46
Water	18.0	78.4	100.0
Methanol	32.0	32.7	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143463

Ethanol	46.1	26.6	78.3
Diethyl ether	74.1	4.34	34.6
Acetone	58.1	20.7	56.3
Ethyl acetate	88.1	6.0	77.1
Propylene	102.1	66.1	240
carbonate	123.1	34.8	210.9
Nitrobenzene	41.1	37.5	81.6
Acetonitrile			

[b] At 25 องศาเซลเซียส

ที่มา: ดัดแปลงจาก Rydberg et al. (1992) และ Boiling Point Fuels (2007)

2.7 น้ำมันมะพร้าว (http://www.gotoknow.org, 2555)

ภาพที่2.3 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยธาตุ C, H และ O มาเกาะรวมกันเรียกว่า กรดไขมัน (Fatty Acids) กรดไขมันเมื่อรวมกับกลีเซอรอล (Glycerol) ได้เป็นกลีเซอไรด์ (Glyceride) ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เป็นส่วนมากและมีโมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันและน้ำมันอย่างอื่น น้ำมันมะพร้าวจะมีเปอร์เซ็นต์ของ Glycerol สูงกว่า 13.5 - 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันชนิดอื่นมี Glycerol 9 - 11เปอร์เซ็นต์ Glycerol เป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายน้ำตาล โครงสร้างของน้ำมันมะพร้าว เมื่อพิจารณาถึงคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของกรดไขมัน ที่อิ่มตัว น้ำมันมะพร้าวจัดเป็นประเภทไตรกลีเซอไรด์ที่มี Carbon Chain ขนาดกลาง เพราะมีคาร์บอนไม่เกิน 12 อะตอม หรือเรียกว่า MCFA (Medium Chain Fatty Acids; C8-C12) ซึ่งต่างจากไขมันสัตว์ที่มี Carbon Chain ขนาดยาวมีคาร์บอนเกินกว่า 12 อะตอม ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง

น้ำมันมะพร้าวมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 และ มีมาตราการเทียบวัดโดยย่อสำหรับอ้างอิง

1 ควอร์ต เท่ากับ 29.44 ออนซ์ เท่ากับ 1.84 ปอนด์โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/2 แกลลอน เท่ากับ 58.88 ออนซ์ เท่ากับ 3.68 ปอนด์โดยน้ำหนัก

1 แกลลอน เท่ากับ 117.76 ออนซ์ เท่ากับ 7.36 ปอนด์โดยน้ำหนัก

1 ช้อนโต๊ะของน้ำมันมะพร้าว เท่ากับ 13.05 กรัม

1 ไพน์ เท่ากับ 32 ช้อนโต๊ะ

1 ปอนด์ เท่ากับ 34.79 ช้อนโต๊ะ

2.7.1 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามกระบวนการผลิต

2.7.1.1 น้ำมันมะพร้าว RBD

น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการนำเนื้อมะพร้าวห้าวมาสกัดโดยการบีบ หรือใช้ตัวทำละลาย จากนั้นจึงนำไปผ่านความร้อนสูง และขบวนการทางเคมี RBD คือการทำให้บริสุทธิ์ (refining) กำจัดกลิ่น (deodorization) และฟอกสี (bleaching) หลังจากที่สกัดได้ ซึ่งทำให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการบริโภค โดยจะได้น้ำมันสีเหลืองอ่อนปราศจากกลิ่น รสชาติ วิตามินอี และมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์

2.7.1.2 น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (cold-pressed coconut oil)

น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการนำเนื้อมะพร้าวสดมาสกัดโดยขบวนการบีบซึ่งจะไม่ผ่านการให้ความร้อน โดยน้ำมันมะพร้าวที่ได้จะมีความบริสุทธิ์ที่สุด ใส มีวิตามินอี มีค่า peroxide และกรดไขมันอิสระต่ำ มีกลิ่นของมะพร้าวอ่อน ๆ ถึงแรง (ขึ้นอยู่กับขบวนการการผลิต) มีความชื้นไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่านขบวนการเติมออกซิเจน (oxidation) เรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้ว่า น้ำมันมะพร้าวพรหมจรรย์ (Virgin Coconut Oil)

2.7.2 น้ำมันมะพร้าวกับคอเลสเตอรอล

เป็นความจริงที่กรดไขมันอิ่มตัวบางชนิดทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดมีปริมาณสูงขึ้น แต่น้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ หากนำมาประกอบอาหาร ไม่ส่งผลเสียกับคอเลสเตอรอล จากงานวิจัยได้พบว่า น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดลอริค (lauric acid, C-12) 48 – 54 เปอร์เซ็นต์ กรดคาปริค (capric acid, C-10) 7 เปอร์เซ็นต์ กรดคาปริลิค (caprylic acid, C-8) 8 เปอร์เซ็นต์ และกรดคาโปรอิค (caproic acid, C-6) 0.5เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทั้งหมดเป็นกรดไขมันห่วงโซ่ยาวปานกลาง (medium chain fatty acid - MCFA) มีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างจากกรดไขมันที่เป็นกรดไขมันสายยาวเหมือนความแตกต่างระหว่างดำกับขาว

กล่าวคือ กรดไขมันห่วงโซ่ยาวปานกลาง แตกตัวและถูกย่อยได้ง่ายกว่ากรดไขมันสายยาวไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำดีจากตับอ่อนมาช่วยย่อยไขมัน จึงเปลี่ยนเป็นพลังงานได้หมด ไม่เกิดการสะสมเป็นไขมันในหลอดเลือด หรือส่วนอื่น ๆ ในร่างกาย ซึ่งเป็นเหตุผลที่อธิบายว่าทำไมกินกะทิแล้วไม่อ้วน จนขนาดบางประเทศมีการศึกษา พบว่าน้ำมันมะพร้าวสามารถช่วยลดโคเลสเตอรอลเลว (LDL) และเพิ่มโคเลสเตอรอลดี (HDL) ซึ่งดีกับสุขภาพหัวใจอีกด้วย

นอกจากนั้น กรดลอริค (lauric acid) นี้ เป็นชนิดเดียวกันกับที่พบในน้ำนมแม่ เมื่อสู่ร่างกายจะแตกตัวออกเป็นโมโนลอริน (monolaurin) ซึ่งมีคุณสมบัติ ในการฆ่าเชื้อโรค ที่เกิดจากแบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ และโปรโตซัว ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และต้านเชื้อไวรัส ถึงกับมีงานวิจัยที่ทำในประเทศฟิลิปปินส์ ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ให้ผู้ป่วยที่เป็นโรคเอดส์กินปรากฏว่าช่วยทำให้ผู้ป่วยมีภูมิคุ้มกันดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ปริมาณคอเลสเตอรอลของน้ำมันแต่ละชนิด

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณคอเลสเตอรอล (ส่วนต่อล้าน)
น้ำมันมะพร้าว	14
น้ำมันปาล์ม	18
น้ำมันถั่วเหลือง	28
น้ำมันข้าวโพด	50
เนยเหลว	3,150
น้ำมันหมู	3,500

ที่มา : www.organicthailand.com, 2548

ผลงานวิจัยบางชิ้นที่แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น เป็นเพราะงานวิจัยชิ้นนั้นไม่ได้ทำการศึกษาจากน้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ หากแต่ใช้น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธีมาทำการทดลอง น้ำมันผ่านกรรมวิธีทุกชนิด ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นอยู่แล้ว นี่จึงเป็นเหตุผลที่ว่า ทำไมน้ำมันมะพร้าวที่ดีที่สุดต้องเป็นน้ำมันมะพร้าวที่มาจากการผลิตด้วยวิธีบีบเย็นเท่านั้น

2.7.3 ประโยชน์ของการรับประทานน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

2.7.3.1 น้ำมันมะพร้าวช่วยลดคอเลสเตอรอล

น้ำมันมะพร้าวช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิดเลวที่เรียกว่า LDL คอเลสเตอรอล และช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิดดีที่เรียกว่า HDL คอเลสเตอรอล น้ำมันมะพร้าวจึงให้ผลดีกับหัวใจ ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และโรคเส้นโลหิตตีบ ซึ่งต่างจากไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมันพืชผ่านกรรมวิธีบางชนิด ซึ่งลด HDL แต่กลับเพิ่ม LDL

2.7.3.2 น้ำมันมะพร้าวกับความอ้วน

ผู้ที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำ ดังเช่นชาวเกาะทะเลใต้ ที่อยู่ในตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก มีรูปร่างที่สมส่วน ไม่อ้วน แต่ก็ไม่ผอม ทั้งนี้เพราะน้ำมันมะพร้าว ช่วยลดความอ้วนได้ดีกว่าน้ำมันอื่นๆ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

2.7.3.3 ช่วยกระตุ้นเมตาบอลิสซึม

ทำให้เกิดความร้อนสูง (thermogenesis) การเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึมนี้ ยังนำไปสู่การเกิดความร้อนสูง นั่นคือมีการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายอีกด้วย เมื่อคนที่เป็นโรคที่ทำให้มีระบบการทำงานของต่อมธัยรอยด์ต่ำ (hypothyroidism) บริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไป อุณหภูมิของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างกายจะสูงขึ้นประมาณ 1 - 2 องศาเซลเซียส และจะยังคงสูงอยู่เป็นเวลาหลายชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่บริโภคเข้าไป ดังนั้น คนอ้วนเพราะต่อมธัยรอยด์ทำงานในระดับต่ำ จึงสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวกระตุ้นให้ต่อมธัยรอยด์ทำงานดีขึ้น เพื่อช่วยลดน้ำหนักได้

2.7.3.4 ช่วยชะลอความหิว

น้ำมันมะพร้าวสามารถช่วยลดปริมาณรวมของการบริโภคอาหารและแคลอรี คุณจะรับประทานอาหารได้น้อยลง และรู้สึกอิ่มนานขึ้น จึงไม่รับประทานมากขึ้นในมื้อถัดไป

2.7.3.5 น้ำมันมะพร้าวกับโรคเบาหวาน

เป็นอาหารให้แก่เซลล์ น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันขนาดกลาง (Medium-chain fatty acids – MCFAs, C 6-12) จึงเข้าไปในเซลล์ได้โดยไม่ต้องมีอินซูลินเป็นตัวพาเข้าอีกทั้งน้ำมันมะพร้าวยังสามารถใช้ เป็นอาหารหล่อเลี้ยงเซลล์ได้ส่งผลให้เซลล์มีอาหารโดยไม่ต้องพึ่งอินซูลินดังนั้นถ้าร่างกายสร้างอินซูลินได้ไม่พอหรือเซลล์ไม่ตอบสนองต่ออินซูลินก็ไม่เป็นปัญหา

ช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิสซึม น้ำมันมะพร้าวสามารถกระตุ้นการทำงานของต่อมธัยรอยด์ จึงช่วยเพิ่มอัตราเมตาบอลิสซึม ส่งผลให้มีการเพิ่มการผลิตอินซูลิน และการดูดซึมน้ำตาลเข้าไปในเซลล์

ช่วยให้ตับอ่อน กลับมาสร้างอินซูลินได้อีกครั้ง เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวสามารถทดแทนอาหารของเซลล์ได้โดยไม่ต้องพึ่งอินซูลิน ทำให้ความต้องการเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตอินซูลินในตับอ่อนลดลง จึงช่วยลดความเครียดให้แก่ตับอ่อนในขณะรับประทานอาหาร ซึ่งมีการผลิตอินซูลินอย่างเต็มที่ ทำให้ตับอ่อนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาและกลับมาสร้างอินซูลินได้ดังเดิม

กรดลอริก (lauric acid, C-12, 48 – 53 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันมะพร้าว มีฤทธิ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของตับอ่อนในการสร้างอินซูลิน นอกจากนั้นกรดไขมันขนาดกลางชนิดอื่นๆ ได้แก่กรดคาโปรอิก (capric acid, C–10, 10.7 เปอร์เซ็นต์) กรดคาปริลิก (caprylic acid, C-8, 8.8 เปอร์เซ็นต์) และกรดคาโปรอิก (caproic acid, C-6, 6.05 เปอร์เซ็นต์) ในน้ำมันมะพร้าวต่างก็ช่วยกันเร่งกระบวนการเมตาบอลิสซึม ส่งผลให้เพิ่มการสร้างอินซูลิน และการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์

2.7.3.6 ช่วยนำแร่ธาตุและวิตามินต่างๆเข้าสู่ร่างกาย

แคลเซียม แม็กเนเซี่ยม เบตาแคโรทีน วิตามิน A, D, E, K ล้วนต้องละลายในไขมันร่างกายจึงจะดูดซับไปใช้งานได้ คนเราจึงไม่สามารถขาดการบริโภคไขมัน เพราะน้ำมันมะพร้าวย่อยง่าย เปลี่ยนเป็นพลังงานได้เร็ว จึงช่วยนำแร่ธาตุและวิตามินต่างๆเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายได้เร็ว

2.7.3.7 มันมะพร้าวช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง

หากร่างกายขาดแคเซียมและแม็กเนเซี่ยม จะทำให้กระดูกไม่แข็งแรง เกิดอาการกระดูกเปราะ แตกหักง่าย การรับประทานน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซับแคลเซียมและแม็กเนเซี่ยม จึงเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง

2.7.3.8 น้ำมันมะพร้าวเป็นประโยชน์กับทารกและตัวอ่อนในครรภ์

น้ำมันมะพร้าวทำให้ร่างกายดูดซับสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย หากผู้ที่กำลังจะเป็นคุณแม่รับประทานอาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าว ทารกจะได้รับสารอาหารที่จำเป็นอย่างพอเพียง นอกจากนั้นในน้ำมันมะพร้าวยังประกอบด้วยกรดลอริค ซึ่งเป็นกรดไขมันที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ในน้ำนมแม่การรับประทานน้ำมันมะพร้าวจึงเป็นการกระตุ้นให้น้ำนมแม่อุดมไปด้วยสารอาหารและกรดลอริคนี่เองที่มีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรค ทำให้ทารกแข็งแรงมีภูมิคุ้มกัน

2.7.3.9 น้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์กับผู้มีปัญหาเรื่องตับ

น้ำมันส่วนมากเป็นกรดไขมันสายยาวจึงย่อยยาก ต้องอาศัยน้ำดีและเอนไซม์จากตับเป็นตัวช่วยย่อย กระบวนการการย่อยไขมันจะเกิดที่ลำไส้ ผู้ที่เป็นเบาหวานตับอ่อนบกพร่อง สำหรับน้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันสายปานกลาง ย่อยง่ายสามารถย่อยได้แม้ใน กระเพาะอาหาร น้ำมันมะพร้าวจึงมีประโยชน์มากกับผู้มีปัญหาเรื่องตับ

2.7.3.10 น้ำมันมะพร้าวเป็นสารแอนติออกซิแดนท์

นักวิทยาศาสตร์ทราบดีว่าการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันภายในร่างกายสามารถนำไปสู่การเกิด มะเร็งได้ในหลายรูปแบบ สารแอนติออกซิแดนท์ถูกค้นพบว่า สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน น้ำมันมะพร้าว มีคุณสมบัติ ตรงข้าม กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เพราะน้ำมันมะพร้าวทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ซึ่งสามารลดการเกิด ออกซิเดชั่นของไขมันและน้ำมัน จึงมีประโยชน์ในการ ต่อต้านมะเร็ง

2.7.3.11 น้ำมันมะพร้าวเป็นอาหารของเซลล์

รับประทานอาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าวทุกวัน เป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้เซลล์ได้รับสารอาหารอย่างง่ายและรวดเร็ว เพื่อช่วยคงความมีชีวิตและความแข็งแรง กรดไขมันสายปานกลางช่วยเพิ่มพลังงานที่จำเป็นแก่เซลล์ เร่งอัตราการเผาผลาญที่ใช้ในการขับของเสียและสารพิษ, การใช้ออกซิเจน เพื่อการทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุด

2.7.3.12 น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติในการล้างพิษ

2.7.3.12.1 น้ำมันมะพร้าวมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อไวรัส แบคทีเรีย และเชื้อรา จึงสามารถลดการเกิดโรคต่างๆและลดการติดเชื้อ สาเหตุสำคัญเป็นเพราะน้ำมันมะพร้าวอุดมด้วยกรดลอริค กรดคาปริลิค และกรดคาปริก ซึ่งกรดไขมันทั้ง 3 นี้ ไม่ว่าอยู่ในอาหารชนิดใด จะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค

2.7.3.12.2 น้ำมันมะพร้าวมีโครงสร้างทางเคมีที่เสถียร จึงมีฤทธิ์เป็น สารแอนตี้ออกซิแด๊นซ์ สามารถต่อต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากสารพิษ

2.7.3.12.3 กรดไขมันสายปานกลางช่วยให้ร่างกายเร่งการเผาผลาญ เมื่ออัตราการเผาผลาญสูงขึ้น การจัดการกับสารพิษ การซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ

2.7.3.12.4 น้ำมันมะพร้าวทำให้สารพิษหลายอย่างเป็นกลางรวมทั้งพิษที่ร้ายแรงของอัลฟาท็อกซิน หากคุณรับประทานน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำจะทำให้สารพิษในร่างกายของคุณมีปริมาณน้อยลงหรือมีพิษน้อยลง ทำให้สุขภาพโดยรวมดีขึ้น หรือแม้แต่ทำให้โรคร้ายต่างๆหายไป

2.7.4 ปริมาณการรับประทานน้ำมันมะพร้าว

ขนาดที่แนะนำคือวันละ 3 ช้อนโต๊ะสำหรับผู้ใหญ่ทั่วๆไป เป็นปริมาณที่อัตราส่วนพอๆกับกรดไขมันสายปานกลางธรรมชาติที่พบในน้ำนมแม่ ซึ่งเป็นปริมาณเพียงพอที่จะป้องกันทารกจากการติดเชื้อ การเจ็บไข้ได้ป่วย และช่วยในการรับสารอาหารที่มีคุณค่าในสภาวะปกติทั่วๆไป

สำหรับผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม ปริมาณ 3 ช้อนโต๊ะเป็นปริมาณที่เหมาะสม ผู้ที่มีน้ำหนักน้อยกว่านี้สามารถลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวลง ½ ช้อนโต๊ะต่อน้ำหนักที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยลง 10 กิโลกรัม ส่วนผู้ที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 กิโลกรัม รับประทานน้ำมันมะพร้าววันละ 4 ช้อนโต๊ะถือเป็นปริมาณที่ไม่มากเกินไป

การรับประทานควรแบ่งรับประทานก่อนอาหารมื้อละประมาณ 1 ช้อนโต๊ะการรับประทานก่อนอาหารมีประโยชน์เพราะจะทำให้ร่างกายดูดซับสารอาหารที่จำเป็นได้ดียิ่งขึ้นการรับประทานน้ำมันมะพร้าวแล้วดื่มน้ำตาม ยังช่วยลดความหิวทำให้ทานอาหารน้อยลงเป็นประโยชน์กับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเหนียวดำฉะเชิงเทรา

3.1.2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์บีบเย็น (โสพสภูมิ, บริษัท แนชเจอรัลก๊ิฟ จำกัด)

3.1.3 น้ำมันถั่วเหลือง (ตราองุ่น, บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด มหาชน)

3.2 สารเคมี

3.2.1 นอมอลเฮกเซน

3.2.2 เฮกเซนมาตรฐาน (Avantor performance Materials, Inc)

3.2.3 เบต้าแคโรทีนมาตรฐาน (22040-10-F ความบริสุทธิ์ 97.0% (UV))

3.2.4 ผงฟู (Birlasulf-sm, ประเทศไทย)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 เครื่องสีข้าว (ประเทศไทย)

3.3.2 เครื่องระเหยสุญญากาศ (R-200, BuchiRotavapor)

3.3.3 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (UV – Vis spectrophotometer1601, 1700)

3.3.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแน่ง (Sartorius รุ่นED, เยอรมันนี)

3.3.5 เครื่องชั่ง 2 ตำแน่ง (Mettler Toledo รุ่นPB3002-L, เยอรมันนี)

3.3.6 เครื่องเขย่า (Gerhardt, ประเทศเยอรมัน)

3.3.7 เครื่องปั่นเอนกประสงค์ (ฟิลลิป, รุ่น HR-2115)

3.3.8 ปั๊มสุญญากาศ (Wonchang vacuum pump, ญี่ปุ่น)

3.3.9 เครื่องเขย่าสาร (Scientific Industries รุ่น G650E, ไต้หวัน)

3.3.10 ตู้แช่แข็ง (พานาโซนิค รุ่น SF- Pc1497, ญี่ปุ่น)

3.3.11 ตู้ดูดควัน (Toplab)

3.3.12 ตู้เย็น (mitsubishi electric รุ่นMR -17D)

3.3.13 ตะแกรงร่อน (ปลากระเบนคู่, ไทย)

3.3.14 เครื่องแก้ว

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การหา standard curve (กราฟมาตรฐาน)ของเบต้าแคโรทีนโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐาน

สร้างกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีนตามวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (2002)

3.5.1.1 ชั่งเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน 0.0100 กรัม ลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ละลายเบต้าแคโรทีนมาตรฐานด้วยเฮกเซนมาตรฐานและปรับปริมาตรสารละลายให้ครบ 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 3.5.1.1 มา 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนครบ 50 มิลลิลิตรด้วยเฮกเซนมาตรฐาน

3.5.1.3 ปิเปตสารละลายในข้อ 3.5.1.2 มา 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2 และ 1.3 มิลลิลิตรตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบด้วยเฮกเซนมาตรฐาน

3.5.1.4 นำสารละลายในข้อ 3.5.1.3 มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จากความเข้มข้นน้อยไปมาก โดยใช้เฮกเซนมาตรฐานเป็น blank

3.5.1.5 นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน (กรัมต่อลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

3.5.2 ศึกษาการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการสกัดเบต้าแคโรทีน

3.5.2.1 นำข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำฉะเชิงเทรามาจำนวน 1 กิโลกรัม

3.5.2.2 ทำการสีข้าวเปลือกด้วยเครื่องสีข้าว จะได้ส่วนที่เป็นเปลือกข้าว รำข้าว และเมล็ดข้าวออกมา นำแต่ละส่วนมาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1x1 มิลลิเมตร

3.5.2.3 ชั่งเปลือกข้าว รำข้าว และเมล็ดข้าว อย่างละ 100 กรัม แบ่งใส่ขวดรูปชมพู่ใบละ 50 กรัม

3.5.2.4 ทำการสกัดเบต้าแคโรทีนจาก เปลือกข้าว รำข้าว และเมล็ดข้าว โดยใช้วัตถุดิบต่อนอมอลเฮกเซน 1:3 คือใช้วัตถุดิบ 50 กรัม นอมอลเฮกเซน 150 มิลลิลิตร แช่วัตถุดิบในนอมอลเฮกเซนและเขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองแยกกากออกจากสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และทำการสกัดซ้ำโดยใช้กากเดิมในอัตราส่วนเท่าเดิมเป็นเวลา 30 นาที

3.5.2.5 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยนอมอลเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยได้ กลั้วสารที่ระเหยได้ออกมาด้วยนอมอลเฮกเซนแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรหาปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้โดยเทียบจาก Standard curve จากข้อ 3.5.1 และทำการคัดเลือกวัตถุดิบที่จะนำไปทดลองในข้อ 3.5.3 ต่อไป

3.5.2.6 รายงานผลในรูปแบบของกราฟเพื่อแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนที่ได้ วางแผนการทดลองแบบ CRD และ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

3.5.3 ศึกษาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแยกเบต้าแคโรทีนโดยใช้นอมอลเฮกเซนจากวัตถุดิบที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.5.2 เพื่อสกัดเบต้าแคโรทีน

3.5.3.1 นำวัตถุดิบที่คัดเลือกได้จาก ข้อ3.5.2 300 กรัม มาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1x1 มิลลิเมตร

3.5.3.2 จากนั้นชั่งวัตถุดิบที่ได้ใส่ในขวดรูปชมพู่จำนวน 6 ใบ ใบละ 50 กรัม นำมาทำการสกัด 3 รูปแบบ รูปแบบละ 2 ใบ (2 ซ้ำ)

3.5.3.3 ทำการสกัด 3 รูปแบบดังนี้ คือ

รูปแบบที่ 1 ทำการสกัดโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ ต่อ นอมอลเฮกเซน 1:3 คือ วัตถุดิบ 50 กรัม นอมอลเฮกเซน 150 มิลลิลิตร เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 2 ทำการสกัดเหมือนรูปแบบที่ 1 และทำการสกัดซ้ำอีก1 ครั้ง ด้วยอัตราส่วนเดิมเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้วัตถุดิบเดิม

รูปแบบที่ 3 ทำการสกัดเหมือนรูปแบบที่ 2 และทำการสกัดซ้ำอีก1 ครั้ง ด้วยอัตราส่วนเดิมเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้วัตถุดิบเดิม

3.5.3.4 ในแต่ละรูปแบบการสกัดจะทำการกรองแยกกากวัตถุดิบออกจากสารละลายนอมอลเฮกเซนด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยนอมอลเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยนอมอลเฮกเซน กลั้วสารที่เหลือออกมาด้วยนอมอลเฮกเซนแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร หาปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้โดยเทียบจาก Standard curve จากข้อ3.5.1

3.5.3.5 เมื่อทราบจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแล้ว นำผลการทดลองไปแสดงในรูปแบบของกราฟ วางแผนการทดลองแบบ CRD และ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

3.5.4 การเตรียมสารสกัดเบต้าแคโรทีน

3.5.4.1 นำวัตถุดิบที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.5.2 มาจำนวน 1.3 กิโลกรัม มาล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตหรือผงฟู โดยการนำโซเดียมไบคาร์บอเนต 1/2 ช้อนโต๊ะผสมกับน้ำอุ่น 10 ลิตร แช่วัตถุดิบไว้ 15 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ตามคำแนะนำของสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค (http://www.ocpb.go.th, 2556) นำวัตถุดิบที่ได้มาตากแห้ง แล้วนำมาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1x1 มิลลิเมตร

3.5.4.2 ทำการสกัดเบต้าแคโรทีน โดยใช้อัตราส่วน วัตถุดิบ ต่อ นอมอลเฮกเซน 1:3 คือใช้วัตถุดิบ 50 กรัม นอมอลเฮกเซน 150 มิลลิลิตร เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองแยกกากออกจากสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และทำการสกัดซ้ำตามจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแยกแบต้าแคโรทีนที่ทดลองได้จากข้อ 3.5.3 โดยใช้อัตราส่วนเท่าเดิม (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ)

3.5.4.3 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยนอมอลเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยแล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหย กลั้วสารที่ระเหยแล้วออกมาด้วยนอมอลเฮกเซนแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

3.5.5 เทคนิคการแยกไขมันออกจากสารสกัดเบต้าเคโรทีน

3.5.5.1 นำสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.4 ทั้ง 2 ซ้ำ มาปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

3.5.5.2 นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยนอมอลเฮกเซนออกแล้ว

3.5.5.3 เทนอมอลเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 10 ใบแช่ในตู้ Freezer ที่อุณหภูมิ -55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้อ 3.5.5.2 มาหยดลงในเฮกเซนที่แช่แข็งไว้เขย่าเบาๆ แล้วแช่แข็งต่อเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นค่อยๆรินเอาส่วนใสออกมาใส่ในขวดรูปชมพู่ และนำนอมอลเฮกเซนที่แช่ไว้ในขวดรูปชมพู่อีก 4 ใบ มาชะในส่วนที่เป็นของแข็ง แล้วรินส่วนใสไว้รวมกัน (ทำ5 ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5.4 นำส่วนใสมาระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยนอมอลเฮกเซนออกแล้ว กลั้วสารที่ระเหยแล้วออกมาด้วยน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 20 มิลลิลิตร

3.5.5.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

3.5.6 การนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์

ปิเปตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นปริมาตร 10, 9.80, 9.60, 9.40, 9.20 และ 9.00 มิลลิลิตร ตามลำดับใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตรด้วยสารสกัดเบต้าแคโรทีนจากข้อ3.5.5 ให้ได้ความเข้มข้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นำไปเขย่าด้วยเครื่อง vortex และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรแล้วรายงานผลในรูปแบบของกราฟ

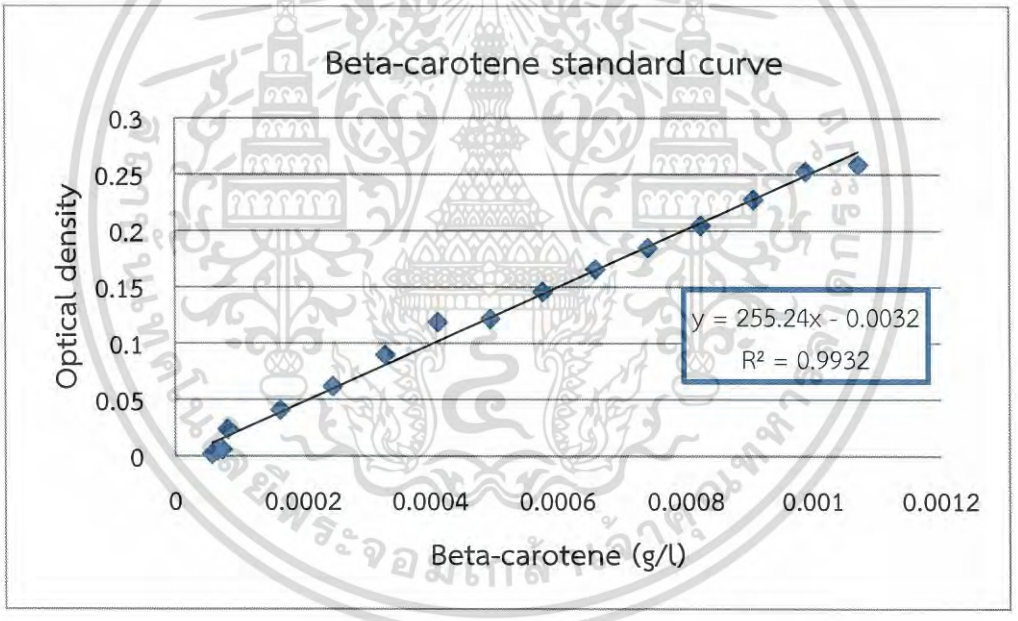
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การหา standard curve (กราฟมาตรฐาน) ของเบต้าแคโรทีนโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐาน

จากการทดลองการวิเคราะห์หากราฟมาตรฐานโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐานตามวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (2002) เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบปริมาณเบต้าแคโรทีนจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งใช้ระดับความเข้มข้นที่ 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2 และ 1.3 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรจะได้ค่าดังนี้ 0.0020, 0.0050, 0.0060, 0.0240, 0.0410, 0.0620, 0.090, 0.1190, 0.1220, 0.1460, 0.1660, 0.1850, 0.2050, 0.2280, 0.2530 และ 0.2590 ตามลำดับ

จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีนแสดงดังภาพที่ 4.1



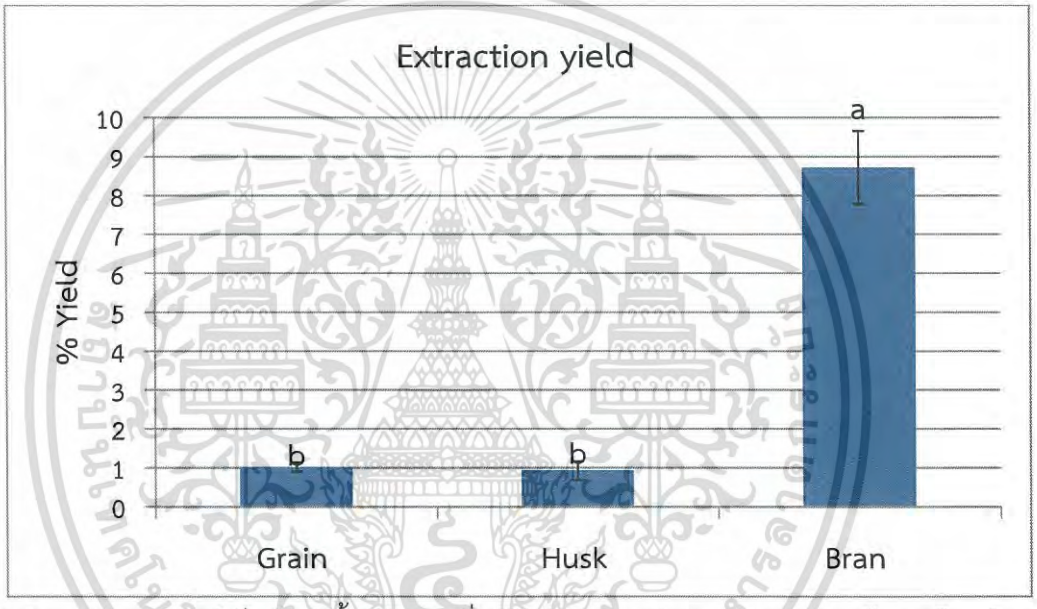
ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อกรัม) กับค่าการดูดกลืนแสง

สรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งจากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสง จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของปริมาณเบต้าแคโรทีน และได้ค่า R^2 = 0.9932

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการสกัดเบต้าแคโรทีน

จากการทดลองสกัดเบต้าแคโรทีนจากส่วนต่างๆ ของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ เมล็ดข้าวทั้งเมล็ดไม่ได้ขัดสี แกลบ และรำข้าว จากการทำการสกัดพบว่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารที่สกัดได้ในรำข้าวมีมากที่สุด คือ 8.7217 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวมี 1.0195 เปอร์เซ็นต์ และแกลบมี 0.9294 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.2) จากนั้นนำสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จาก เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าว ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3) จะเห็นได้ว่าในรำข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด คือ 0.7014 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาคือเมล็ดข้าวมี 0.3232 ไมโครกรัมต่อกรัม และแกลบมี 0.1704 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า รำข้าวเหมาะสมในการนำมาสกัดเบต้าแคโรทีนเนื่องจากมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด



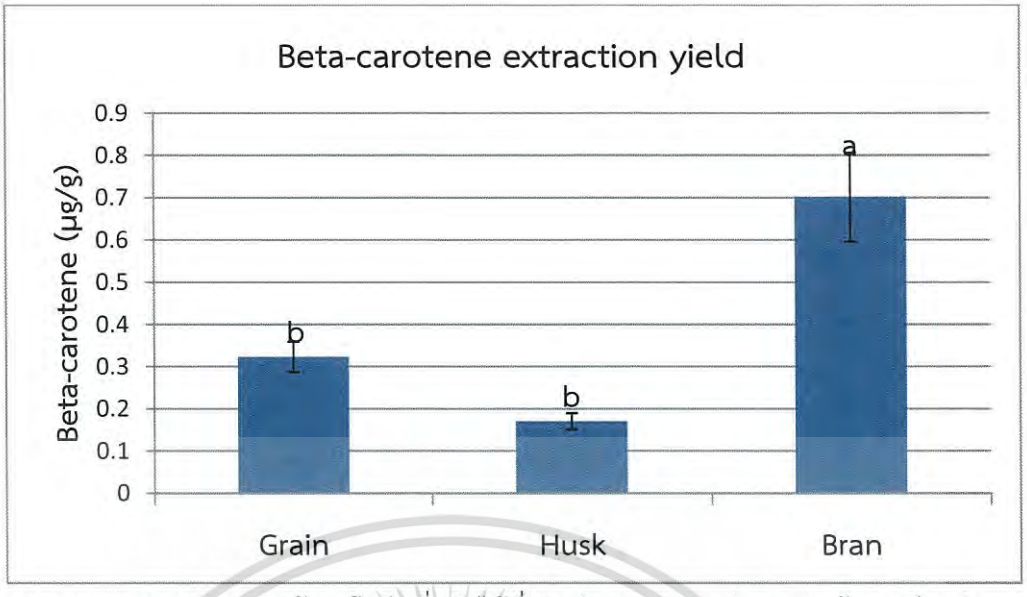
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารที่สกัดได้จากส่วนประกอบต่างๆ ของข้าวเหนียวดำ

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีนจากส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าว

ผลิตภัณฑ์	เมล็ดข้าว	แกลบ	รำข้าว
เบต้าแคโรทีน (µg/g)	0.32328 ± 0.036^{b}	0.17045 ± 0.019^{b}	0.70141 ± 0.105^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ที่จากส่วนประกอบต่างๆ ของข้าวเหนียวดำ

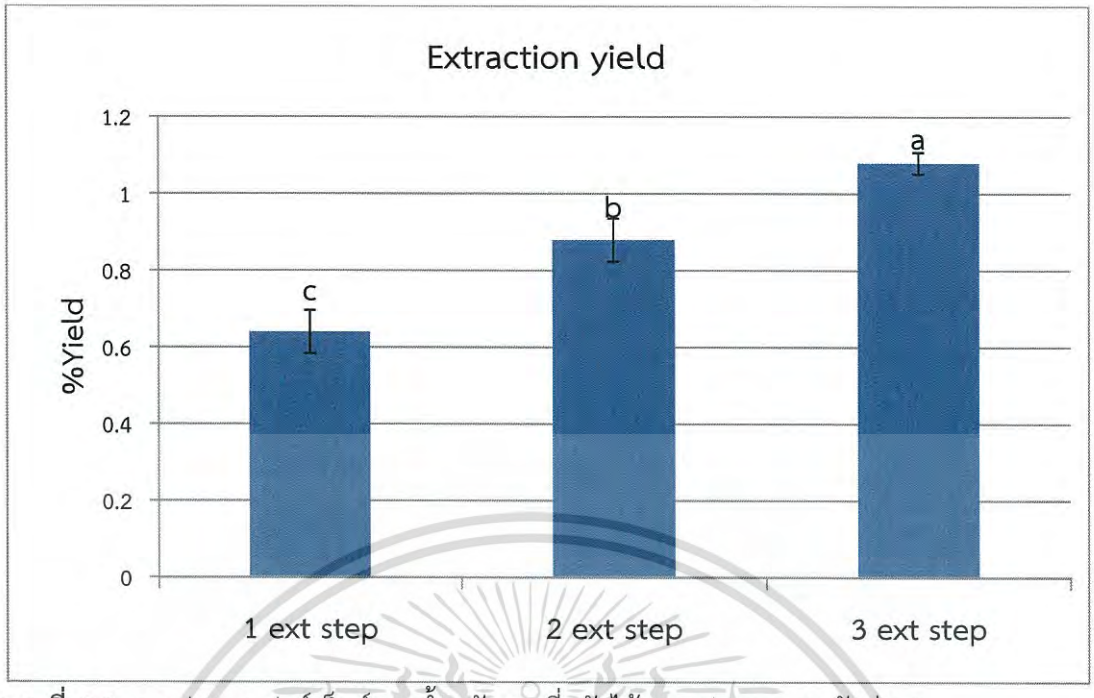
แต่เนื่องจากในอุตสาหกรรมได้มีการนำรำข้าวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆมากมายเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ เป็นต้นในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมยังไม่ได้มีการนำแกลบมาใช้ประโยชน์มากนักจึงมีแนวคิดที่จะนำแกลบมาใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

4.3 จำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดแยกเบต้าแคโรทีนจากวัตถุดิบที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้

จากที่ได้ทำการทดลองทำการสกัด 3 รูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 ทำการสกัด 1 ครั้ง รูปแบบที่ 2 ทำการสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง และรูปแบบที่ 3 ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง พบว่าการสกัดในรูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสารที่สกัดได้มากที่สุด คือ 1.0794 เปอร์เซ็นต์ และรูปแบบที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 0.8795 และ 0.6397 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) จากนั้นนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนทั้ง 3 รูปแบบไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.5) จะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด คือ 0.7836 ไมโครกรัมต่อกรัม และรูปแบบที่ 2 และ 1 มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 0.4898 และ 0.2527 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ

ดังนั้นจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดคือ การสกัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

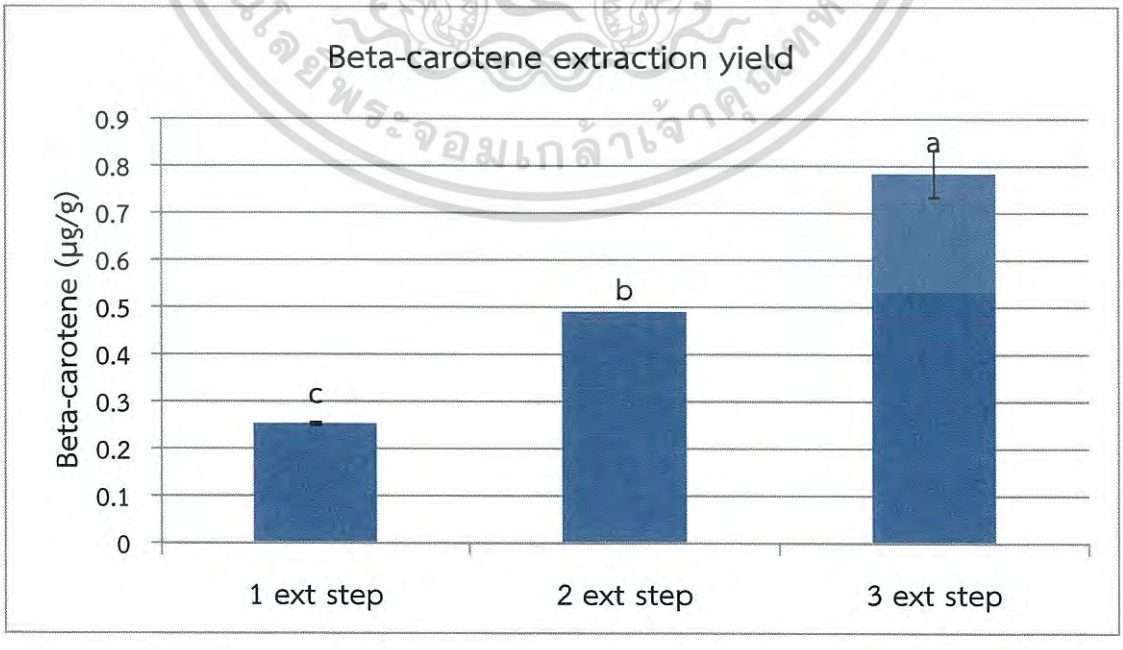


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารที่สกัดได้จากรูปแบบการสกัดต่างๆ

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีนจากรูปแบบการสกัดทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบที่	1	2	3
เบต้าแคโรทีน (µg/g)	0.25274 ± 0.003^{c}	0.48981 ± 0.000^{b}	0.78369 ± 0.050^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



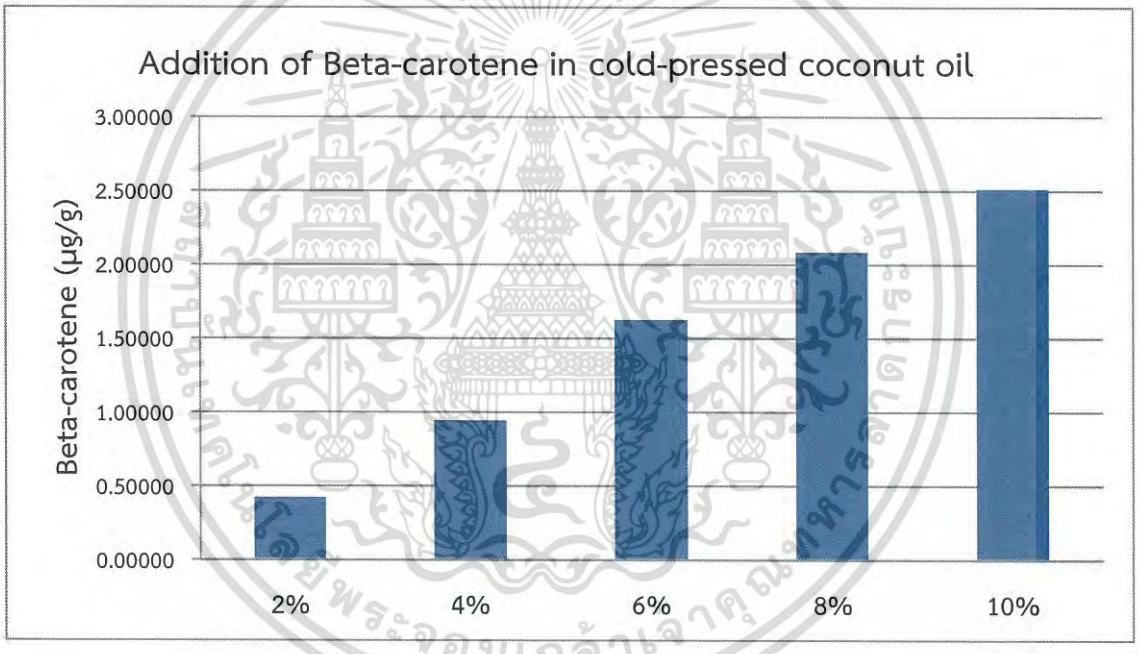
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากรูปแบบการสกัดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์

จากการทดลองที่ได้นำสารสกัดเบต้าแคโรทีนมาใส่ในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ความเข้มข้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร พบว่าที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 0.4232, 0.9443, 1.6261, 2.0646 และ 2.5117 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ (ภาพที่ 4.6)

สำหรับคำแนะนำในการบริโภคน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 3 ช้อนโต๊ะต่อวัน (45 กรัม) (www.natural mind.co.th, 2552) ถ้าคิดปริมาณเบต้าแคโรทีนที่เติมลงไปในน้ำมันมะพร้าวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าผู้บริโภคจะได้รับปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 113.0292 ไมโครกรัม ซึ่งคิดเป็น 14.13 เปอร์เซ็นต์ (800 ไมโครกรัมต่อวัน:www.moph.go.th,2541)



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิจัยเทคนิคการสกัดเบต้าเคโรทีนจากข้าวเหนียวดำ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการสกัดเบต้าแคโรทีนจากส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำได้แก่ เมล็ดข้าว แกลบ และรำข้าว พบว่ารำข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 0.7014 ไมโครกรัมต่อกรัม
2. ผลจากการสกัด 3 รูปแบบโดยใช้แกลบเป็นวัตถุดิบในการสกัดพบว่า การสกัดในรูปแบบที่ 3 ซึ่งมีการสกัดทั้งหมด 3 ซ้ำโดยใช้เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมงได้ปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 0.7836 ไมโครกรัมต่อกรัม
3. จากการนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นพบว่าเมื่อใส่ความเข้มข้นของสารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ 10 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 2.5117 ไมโครกรัมต่อกรัมและเนื่องจากปริมาณที่แนะนำในการรับประทานน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 3 ช้อนโต๊ะต่อวันเมื่อใส่สารสกัดเบต้าแคโรทีนไป 10 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 113.0292 ไมโครกรัม ซึ่งคิดเป็น 14.13 เปอร์เซ็นต์ ของที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัณณพนต์ โล่ห์เพชรัตน์. 2538. การสกัดเบต้าแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะ วิทยาศาสตร์.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กนกพร อะทะวงษา. 2555.น้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี. สืบค้นที่ http:// www.pharmacy.mahidol.ac.th/thai/knowledgeinfo.php?id=125(20 มกราคม 2557).

ไม่ปรากฏผู้แต่ง. 2555. ข้าวพื้นบ้านสารอาหารสูง.ฉบับที่ 8: 36-41.

ร่วมจิตร นกเขา และถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ. 2552. การผลิตชาข้าวไร่อินทรีย์:ชาเพื่อสุขภาพ.สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2531. ท่านจะใช้คาโรทีนอยด์ในเครื่องดื่มได้อย่างไร. วารสารอาหาร, ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, 126-130.

ลักขณา เบญจวรรณ์. 2553. ชาใบอ่อนข้าวไทย เกษตรก้าวหน้า 23(1) : 65-68.

อนุตตรา นวมถนอม และบุญตา เหตะโยธิน. 2539. การสกัดเบต้าแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มและการทำให้ บริสุทธิ์. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรัญจิต เพ็งรัตน์. 2551. ข้าวเหนียวดำ.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : www.brrd.in.th/main/document/Pattaya52%20report/25.pdf.(27 มกราคม 2557).

กะทิและน้ำมันมะพร้าว.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.gotoknow.org/posts/481082. (27 มกราคม 2557).

การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.maprawthai.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=5331977.(27 มกราคม 2557).

การทานน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 24 ชั่วโมง. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.rakbankerd.com/
agriculture/open.php?id=3022&s=tblplant.(30 มกราคม 2557).

การรับประทานน้ำมันมะพร้าว.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://parisut.com/index.php?dispatch= pages.view&page_id=190.(30 มกราคม 2557).

น้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 16 ออนซ์.[ออนไลน์.]เข้าถึงได้จาก : http://www.coconutoil-online.com/measuring_coconut_oil.html.(30 มกราคม 2557)

น้ำมันมะพร้าว. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.naturalmind.co.th/index.aspx?ContentID=ContentID-080517064612711. (30 มกราคม 2557)

ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าว. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://thai-health-advice.blogspot.com/2012/05/blog-post_07.html#!/2012/05/blog-post_07.html.(30 มกราคม 2557).

ปริมาณคอเลสเตอรอลของน้ำมันแต่ละชนิด.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.organicthailand.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรัส ตั้งไพฑูรย์. 2540. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ.

อภิสิทธิ์ เฉลิมวัย. 2546.การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงแกลบในจังหวัดบุรีรัมย์.สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ.

สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. 2556.การล้างผักผลไม้ให้ปลอดภัยจากยาฆ่าแมลง.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :http://www.ocpb.go.th.(31 มกราคม 2557).

Jump up Ngah, W.S., and Hanafiah, M.A.K.M. 2008. Removal of heavy metal from wastewaterby chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. BioresourceTechnology. 99, 3935 – 3948

Adhikari, C., Proctor A. and Blyholder G. 1997. An infrared spectroscopy study of lipid adsorption from hexane onto an acid-activated bleaching clay. Journal of the American oil chemists society, 74: 1265-1268.

Anderson L., "Extraction of carotenoid pigments from shrimp processing waste" US patent number 3906112, 1975.

BASF technical bulletin. 2001. Natural colour bulletin. BASF corporation. New Jersey.

Batistella, C. and Wolf M. 1998. Recovery of carotenoids from palm oil by molecular distillation. Computer and chemical engineering, 22: 53-60.

Blaizot, P., "Carotenoid from palm oil" US patent number 2652433, 1953.

Boehm, V. and Bitsch R. 1997. Isomer specific carotenoid analyses of fruit and vegetable juices. Zeitschriftfuer ernaehrungswissenschaft, 36: 78.

Choo Y. 1994. Palm oil carotenoids. Food and nutrition bulletin, 15: 2.

Cocero, M., Gonzalez, S., Perez S. and Alonso E. 2000. Supercritical extraction of unsaturated products. Degradation of Bata-carotene in supercritical extraction processes. The journal of supercritical fluids, 19: 39-44.

Colorcon technical bulletin. 2004. Colour bulletin. Colorcon Co. Ltd. Pennsylvania.

Delgado, F. and Paredas O. 1997. Effects of enzymatic treatments on carotenoid extraction from marigold flowers (Tagetes erecta). Food Chemistry, 58: 255-258.

Desai, B. and Dubash P. 1994. Recovery of carotenes from crude palm oil by adsorptionmethod. Journal of food science and technology. India, 31: 60-61.

Dontas, S., Liodakis S. and Parissakis G. 1998. Isolation of palm oil carotenoids using preparative liquid chromatography. Rivista Italiana EPPOS, 9: 29-39.

Eckey E. "Carotenoid concentrates from palm oil" US Patent number 2460796, 1943.

Fernandez, M., Sanroma V., De Bloos D. and Ferrater M. "Process for preparing carotenoid pigments" US patent number 5998678, 1999.

Ghazi A. 1999. Extraction of beta carotene from orange peels. Die nahrung, 43: 274-277.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Graves, F. and Gallaher D. "Extraction of carotenoids from natural sources" US patent number 5510551, 1996.

Haberkorn, H., Rauschenberger V., Bohn H., Horn D., Auweter H. and Lueddecke E. "Production of carotenoid preparations in the form of coldwater-dispersible powders, and the use of the novel carotenoid preparations" US patent number 5998678, 1999.

Hama, N., Tanaka Y., Yogo Y. and Okabe T. "Carotenes-containing concentration" JP Patent number 61109764, 1986.

Harold, E. and Purcell A. 1967. Carotenoid pigments of peanut oil. Journal Am Oil Chemistry Society, 44: 328-330.

Heidlas, J., Cully J., Wiesmueller J. and Vollbrecht L. 1997. Process for extraction of natural carotenoid colourants. German federal republic patent application.

Heidlas, J., Huber G. and Cully J. 1996. Process for extraction of carotenoid pigments from natural materials. German federal republic patent application.

Hoffmann La Roche. "Carotenoid preparations suitable for colouring foodstuffs and animal feeds and a process for the manufacture" GB patent number 803077, 1958.

Hong, S., Jang E., Kim S. and Park J. "Extraction method for preparation of carotene" KR patent number 9704413, 1997.

Ibuki, M., Imamura Y., Nishimoto T., and Kubota H. 1996. Oil with high carotene content. Trends in food science and technology, 7:135.

Kajadphai, A.,Taungbodhitham, G.,Jones P.,Mark L. and David R. 1997. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetables. Food chemistry, 63: 577-584.

Kimura, M., Rodriguez D. and Godoy H. 1990. Assessment of the saponification step in the quantitative determination of carotenoids and provitamins A. Food chemistry, 33: 985-992.

Kitaoka, M., Kiyota T. and Tsubokura A., "Process for extraction of carotenoids from bacterial cells" EP patent number 0719866, 1996.

Lee, H., and Castle W. 2001. Seasonal changes of carotenoid pigments and colour in Hamlin, Eartygold, and Budd blood orange juices. Journal of agricultural and food chemistry, 877-882.

Luiz, F., and M. Angela A. Meireles. 2000. Modeling the extraction of carotene and lipid .The journal of supercritical fluids, 18: 35-47.

Mamuro, H., Kubota Y. and Shiina H. "Carotene concentrates" JP patent number 61282357, 1986.

Manuf de Machines Auxiliaires. "Process for the cold extraction of fish oils" GB patent number 306020, 1929.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Marsili, J. and Callahan M. 1993. Comparison of a liquid solvent extraction technique and supercritical fluid extraction for the determination of alpha- and beta-carotene in vegetables. Journal of chromatographic science, 31: 422-428.

Messerschmidt, K., Raasch A. and Knorr D. 1993. Colours from waste products. Extraction of natural plant pigments from sea buckthorn using supercritical CO2. Lebensmitteltechnik, 25: 37-40.

Minguez, M. and Garrido J. 1989. Chlorophyll and carotenoid presence in olive fruit (Olea europaea), Journal of Agricultural and Food Chem., 37: 1-7.

Murakoshi, M., Takayasu J. and Kimura O. 1989. Inhibitory effect of carotene on proliferation of the human neuroblastoma cell line GOTO. Journal of Natural Cancer Institute, 81: 1649-52.

Ong, K., Fakhrul A., Baharin B. and Hassan M. 1999. Degumming of crude palm oil by membrane filtration. Artificial cells, blood substitutes, and Immobilization Bio technology, 27: 381-385.

Ooi, C., Choo Y. and Ong A. "Recovery of carotenoids" US Patent number 5019668, 1991.

Park, N., Gee L., Yong J. and Joong K. 1998. Optimization of extraction conditions for physicochemical properties of ethanol extracts from chrysanthemum boreale. Journal of the Korean society of food science and nutrition, 27: 585-590.

Passino, H. "Concentrating carotenes" US Patent number 2615927, 1952.

Patte, H. and Purcell A. 1969. Changes in carotenoid and oil content during maturation of peanut seeds. Journal Am Oil Chemistry Society, 46: 629-631.

Pokorny, J., Velisek J., Panek J., Kanova J., Parizkova H., Holasova M., Koplik R. and Cmolik H. 1993. Minor lipophilic components in crude rapeseed oil. Potravinarske Vedy, 11: 189-196.

Rich, GT., Fillery A. and Parker M. 1998. Low pH enhances the transfer of carotene from carrot juice to olive oil. Lipids, 33: 985-992.

Ronald, R., and Eitenmiller W. 1999. Vitamin A and carotenoids. Department of food s cience and technology. University of Georgia. CRC Press. Boca Raton London. Newyork Washington D.C., 1-18.

Rydberg, J., Musikas C., and Choppin G., 1992. Principles of solubility and solutions. Principles and practices of solvent extraction. Marcel Dekker Inc., 22-25.

Saburova, N. and Lepilin V. 1988. Adsorption of carotenoids from vegetable oils by activated carbon. Pishchevaya Promyshlennost. USSR, 5: 32.

Siong, T. and Lam L. 1992. Analysis of carotenoids in vegetables by HPLC. ASEAN Food Journal, 7: 91- 99.

Sonntag, N. 1984. New developments in the fatty acid industry in America. Journal AmChemistry society, 61: 229-232.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spanos, G., Hao, C., and Schwartz S. 1993. Supercritical CO2 extraction of beta-carotene from sweet potatoes. Journal of food science, 58: 817-820.

Stahl W. and Sies H. 1999. Carotenoids: Occurrence, biochemical activities, and bioavailability. In "Antioxidant food supplements in human health" (P. Lester, H. Midom, and I. Ioshikazu). Acadamic Press, New York, 191.

Stein, H., Viardot K. and Yang B., "Process for preparing a finely divided pulverous carotenoid retinoid or natural colourant preparation" US patent number 2001008644, 2001.

Tech Zusammenarbeit Gtz Gmbh d (de). "Process for obtaining an oil with adjustable carotene content from palm oil" EP patent number 0529107, 1993.

Teixeira, H. and Rodriguez D. 1998. Carotenoid composition of brazilian nectarine (Prunus perica). Revista do Instituto Adolfo Lutz, 57: 73-79.

Vollbrecht, H., Cully J., Heidlas J. and Wiesmueller J., "Process for the extraction of natural carotenoid dyes" US patent number 5789647, 1998.

Wilberg, V. and Rodriguez D. 1995. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. Lebensmittel wissenschaft und technologie, 28: 474-480.

Zhou, C. and Barth M. 1996. Response surface model for supercritical fluid extraction of carotenoids from carrot tissue. IFT annual meeting: Book of abstracts, 94.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องสีข้าว

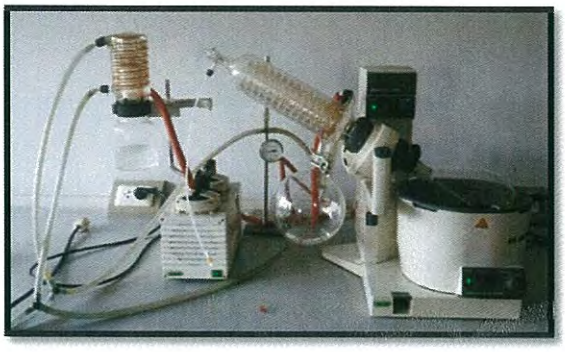
ภาพผนวกที่ ก1 เครื่องสีข้าว

2. เครื่อง Spectrophotometer

ภาพผนวกที่ ก2 เครื่อง Spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องระเหยสุญญากาศ



ภาพผนวกที่ ก3 เครื่องระเหยสุญญากาศ

4. ปั๊มสูญญากาศ

ภาพผนวกที่ ก4 ปั๊มสูญญากาศ

5. ตู้ Freezer

ภาพผนวกที่ ก5 ตู้ Freezer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบวิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบวิธีการทดลอง

1. ขั้นตอนการทำ standard ของเบต้าแคโรทีนโดยใช้เบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐาน

1.1 ชั่งเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน 0.0100 กรัม ลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตรละลายเบต้าแคโรทีนมาตรฐานด้วยเฮกเซนมาตรฐานและปรับปริมาตรสารละลายให้ครบ 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

ภาพผนวกที่ ข1 ภาพเบต้าแคโรทีนมาตรฐานและการชั่งเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน

1.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 1.1 มา 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนครบ 50 มิลลิลิตรด้วยเฮกเซนมาตรฐาน

ภาพผนวกที่ ข2 สารละลายในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ปิเปตสารละลายในข้อ 3.5.1.2 มา 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2 และ 1.3 มิลลิลิตรตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบด้วยเฮกเซนมาตรฐาน

ภาพผนวกที่ ข3 สารละลายเบต้าแคโรทีนที่ความเข้มข้น 0.07 มิลลิลิตร ถึง 1.3 มิลลิลิตร

1.4 นำสารละลายในข้อ 1.3 มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จากความเข้มข้นน้อยไปมาก โดยใช้เฮกเซนมาตรฐานเป็น blank

ภาพผนวกที่ ข4 การวัดค่าดูดกลืนแสงของเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน

1.5 นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนกับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการสกัดเบต้าแคโรทีน

2.1 นำแกลบมาจำนวน 1.3 กิโลกรัม แล้วนำมาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1x1 มิลลิเมตร

ภาพผนวกที่ ข5 แกลบจำนวน 1.3 กิโลกรัม

2.2 ทำการสกัดเบต้าแคโรทีน โดยใช้อัตราส่วน แกลบต่อนอมอลเฮกเซน 1:3 คือใช้แกลบ 50 กรัม นอมอลเฮกเซน 150 มิลลิลิตร

ภาพผนวกที่ ข6 การสกัดเบต้าแคโรทีนโดยใช้อัตราส่วนแกลบต่อนอมอลเฮกเซน (1:3)

เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองแยกกากออกจากสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และทำการสกัดซ้ำ 2 ครั้งโดยใช้อัตราส่วนเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ ข7 การเขย่าและกรองสารสกัดเบต้าแคโรทีน

2.3 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยนอมอลเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยแล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหย กลั้วสารที่ระเหยได้ออกมาด้วยนอมอลเฮกเซนแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

ภาพผนวกที่ ข8 สารสกัดเบต้าแคโรทีนหลังจากนำไประเหยนอมอลเฮกเซนออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทคนิคการแยกไขมันออกจากสารสกัดเบต้าเคโรทีน

3.1 นำสารสกัดเบต้าแคโรทีนทั้ง 2 ซ้ำมาปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

ภาพผนวกที่ ข9 สารสกัดเบต้าแคโรทีนในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร

3.2 นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหยได้

ภาพผนวกที่ ข10 สารสกัดเบต้าแคโรทีนหลังจากนำไประเหย

3.3 เทนอมอลเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 10 ใบแช่ในตู้ Freezer ที่อุณหภูมิ -55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนมาหยดลงในเฮกเซนที่แช่แข็งไว้เขย่าเบาๆแล้วแช่แข็งต่อเป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

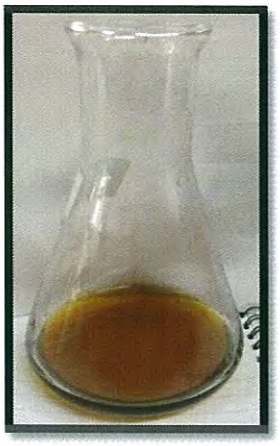
ภาพผนวกที่ ข11 การหยดสารสกัดเบต้าแคโรทีนในเฮกเซนที่แช่แข็ง

จากนั้นค่อยๆรินเอาส่วนที่เป็นส่วนใสออกมาใส่ในขวดรูปชมพู่ และนำนอมอลเฮกเซนที่แช่ไว้ในขวดรูปชมพู่อีก 4 ใบมาชะในส่วนที่เป็นของแข็งแล้วรินส่วนใสไว้รวมกัน

ภาพผนวกที่ ข12 ส่วนใสและส่วนที่เป็นของแข็งแยกออกจากกัน

3.4 นำส่วนใสมาระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่ระเหย แล้วกลั้วสารที่ระเหยได้ออกมาด้วยน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 20 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ ข13 สารสกัดที่กลั้วออกมาด้วยน้ำมันถั่วเหลือง

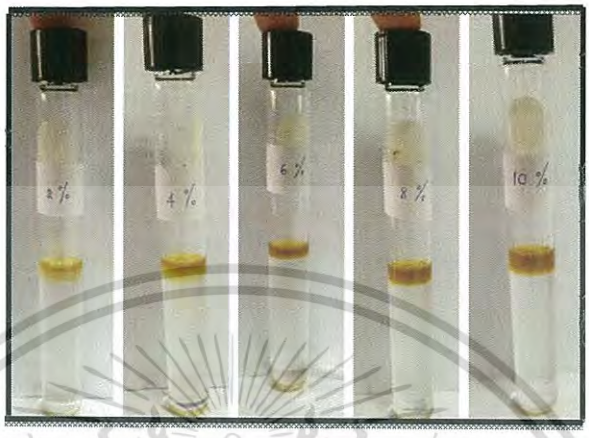
3.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

ภาพผนวกที่ ข14 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเบต้าแคโรทีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การนำสารสกัดเบต้าแคโรทีนไปใช้ประโยชน์

4.1 ปิเปตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นปริมาตร 10, 9.80, 9.60, 9.40, 9.20 และ 9.00 มิลลิลิตร ตามลำดับใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตรด้วยสารสกัดเบต้าแคโรทีน ให้ได้ความเข้มข้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพผนวกที่ ข15 การปรับปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

4.2 นำไปเขย่าด้วยเครื่อง vortex และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรแล้วรายงานผลในรูปแบบของกราฟ

ภาพผนวกที่ ข16 การเขย่าด้วยเครื่อง vortex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ ข17 สีหลังเขย่าผสมสารสกัดเบต้าแคโรทีนในน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ ค1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ที่จากส่วนประกอบต่างๆของข้าวเหนียวดำ

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.299	2	.149	35.131	.008
Within Groups	.013	3	.004		
Total	.312	5			

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	2	.170454550	
1	2	.323275850	
3	2		.701410650
Sig.		.101	1.000

Means for groups in homogeneous subset are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากรูปแบบการสกัดต่างๆ

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.283	2	.141	170.126	.001
Within Groups	.002	3	.001		
Total	.218	5			

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	2	.252743		
2	2		.489812	
3	2			.783700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปัญจมา แสนเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2534 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศสวนกุหลาบวิทยาลัย สมุทรปราการ ในปี พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตรจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวสุนันทา สังข์สุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2535 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบางเขน ในปี พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตรจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวสุพัชชา หมายพึ่ง เกิดเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2535 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพรตพิทยพยัต ในปี พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตรจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้