รายงานการวิจัย

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศเพื่อใช้เป็นอาหารเสริม

The study of total phenolic content, lycopene and antioxidant activity in coconut oil with extracted Gac membrane and tomatoes to using as supplementary food

สุภามาส อินทฤทธิ์ Supamas Intharit
เพ็ญศรี เพ็ญประไพ Pensri Penprapai

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศเพื่อใช้เป็นอาหารเสริม

สุภามาส อินทฤทธิ์[1], เพ็ญศรี เพ็ญประไพ[1]

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ มีองค์ประกอบของสารประกอบแคโรทีนอยด์สูง เช่น ไลโคปีน และเบต้าแคโรทีน และสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อหาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบไลโคปีน และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl และ ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ จากการศึกษาความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศในระหว่างการจัดเก็บในที่มืดและที่มีแสงสว่าง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่จัดเก็บในที่มืดลดลงน้อยกว่าการจัดเก็บภายใต้แสงสว่าง และนอกจากนี้พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว มีไลโคปีนและแคโรทีนอยด์สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดขณะเดียวกันน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับ จากการทดลองพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยมากทั้งในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ จากการทดลองสรุปได้ว่า น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ความคงตัวและปริมาณสารประกอบไลโคปีนและแคโรทีนอยด์สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ

คำสำคัญ : ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณไลโคปีน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

The study of total phenolic content, lycopene and antioxidant activity in coconut oil with extracted Gac membrane and tomatoes to using as supplementary food

Supamas Intharit[1], Pensri Penprapai[1],

Abstract:

Coconut oil with extracts from gac fruit aril (COG) and coconut oil with extracts from tomato (COT) contains high total carotenoid such as lycopene and beta-carotene and can be used in dietary supplement. The objectives of this work were to study the antioxidant activity and determine total phenolic content, lycopene and total carotenoids in COG and COT. The antioxidant activity was assayed by DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid). It was founded that COG had the higher antioxidant activity than COT. The stability of lycopene and carotenoid in COG and COT was studied during storage in the dark and light at room temperature for 12 weeks. We found that lycopene and carotenoid in COG and COT during storage in the dark was reduced less than storage under the light. Moreover, COG had the higher lycopene and carotenoids than COT. Moreover, We found that COG and COT can inhibit lung cancer cell. COG can inhibit liver cancer cell. Total phenolic in both of COG and COT was found very little. This concluded that COG had the higher antioxidant activity, stability and content of lycopene, and carotenoids than COT

Keywords: total phenolic content, lycopene content, antioxidant activity, coconut oil with extracted Gac membrane and tomatoes

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon sri Thammarat

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ปีงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560 เป็นงานวิจัยเคมีประยุกต์

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณรัชนูญ ทองชู ผู้ช่วยนักวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในส่วนทำการทดลองจนงานวิจัยนี้ได้สำเร็จด้วยดี ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ์ ดำสุด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ศรีวิชัย และดร.ชุติมา แก้วพิบูลย์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ได้ช่วยเหลือในส่วนทำการทดลองทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งปอด

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยสุขภาพและความงาม มาโนเซ่ ให้บริการทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ (HT-29) และมะเร็งตับ (Hep G2)

ขอขอบคุณ คุณศิริวรรณ ปานเมือง นักวิทยาศาสตร์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ศรีวิชัย ได้ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัย

สุภามาส อินทฤทธิ์
เพ็ญศรี เพ็ญประไพ
กรกฎาคม 2561

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ซ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 อนุมูลอิสระ	3
2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ	6
2.3 ฟักข้าว	13
2.4 มะเขือเทศ	17
2.5 น้ำมันมะพร้าว	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี	29
3.2 อุปกรณ์/เครื่องมือ	30
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ	36
4.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ	39
4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบไลโคปีนและสารประกอบแคโรทีนอยด์รวม	40
4.4 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะที่ไม่มีแสง	41
4.5 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ	43
4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ	45

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

4.7 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด 48
4.8 สมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวหรือมะเขือเทศ 50
4.9 ฤทธิ์ยับยั้งต้านเบาหวาน 52
4.10 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ (Hep-G2) 52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 53
บรรณานุกรม 54
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 57
ภาคผนวก ข 72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลมะเขือเทศสด (*Lycopersicon esculentum cv. pyriforme*)	18
2.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศสุก และส่วนต่างๆของมะเขือเทศจากส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น	19
2.3 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าว	23
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	29
4.1 ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าว	38
4.2 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ	39
4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ug/1g oil)	39
4.4 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าว	40
4.5 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง	42
4.6 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง	42
4.7 ความคงตัวของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ ต่ออุณหภูมิต่าง ๆ	43
4.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ หรือฟักข้าว 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่อุณหภูมิต่าง ๆ	44
4.9 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ โดยวิธี DPPH	46
4.10 % Inhibition ที่ความเข้มข้น 0.04 g/ml ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ โดยวิธี ABTS	47
4.11 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS	48
4.12 ร้อยละการรอดของเซลล์เมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มข้าวและมะเขือเทศ	48
4.13 IC_{50} จากการใช้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว	49
4.14 Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ	50

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ 51

4.16 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวานของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ 52

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและฟักข้าว 57

2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ug/1g oil) ของน้ำมันตัวอย่าง 59

3 ปริมาณสารกอบแคโรทีนอยด์ของน้ำมันตัวอย่าง 60

4 ทดสอบความคงตัวด้วยเครื่อง rancimate ที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C มี Gas flow 20.0 L/h 61

5 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระโดยการไทเทรต 69

6 ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แท้จริงของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70

7 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวานของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อฟักข้าว 70

8 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวาน ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ 71

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงวงจรการเกิดอนุมูลอิสระ	3
2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์	7
2.3 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินอี	8
2.4 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินซี	9
2.5 โครงสร้างทางเคมีของเบต้า-แคโรทีน	10
2.6 โครงสร้างทางเคมีของไลโคปีน	12
2.7 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินเอ	13
2.8 ต้นฟักข้าว	14
2.9 ใบฟักข้าว	14
2.10 ดอกฟักข้าว	15
2.11 ผลฟักข้าวสุก	15
2.12 เมล็ดฟักข้าว	16
2.13 ผลของมะเขือเทศ	18
3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	30
4.1 ผลของฟักข้าวและเยื่อหุ้มฟักข้าว	36
4.2 เยื่อหุ้มฟักข้าว	36
4.3 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว	37
4.4 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	37
4.5 ร้อยละการยับยั้งของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	49
4.6 ร้อยละการยับยั้งของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว	49

ภาพผนวกที่

1 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากฟักข้าว	58
2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากมะเขือเทศ	58
3 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เท่ากับ 18.85, 13.16, 18.94 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	62
4 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3 : 0.3 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 26.48, 27.86, 27.76 h	63
5 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 24.55, 23.70, 25.94 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 22.28, 21.06, 24.05 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	65
7 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 23.31, 22.63, 23.59 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	66
8 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 19.31, 19.52, 18.62 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	67
9 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 16.12, 15.93, 15.52 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h	68

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล (Oxidative stress) เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตผล หรือความบกพร่องของการป้องกันอันตรายจากการเกิดออกซิเดชั่น เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่ทำหน้าต้านการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวลดลง โดยมีสารอนุมูลอิสระออกซิเจน (Reactive oxygen species) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากกระบวนการเมทาบอลิซึมในร่างกายหรือจากการดำรงชีวิต โดยจะทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุล เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอ็นเอ ทำให้เกิดการเสื่อมสลายและก่อโรคเรื้อรัง สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) มีบทบาทในการป้องกันหรือทำให้กระบวนการนี้เกิดช้าลง การบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี สารประกอบฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ซึ่งพบมากในผัก ผลไม้ เป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็ง หัวใจ เป็นต้น สารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระอีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจ ได้แก่ ไลโคปีน ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์ชนิดหนึ่ง มีฤทธิ์สูงกว่าเบต้าแคโรทีน และวิตามินอี ประมาณ 2 และ 10 เท่าตามลำดับ โดยไลโคปีนพบมากในมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าว ในผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด พบว่าไลโคปีนยังยั้งการสร้างคอเลสเตอรอลและลดความเสี่ยงในการเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตาย จากการศึกษาของปาจรีย์ (2545) พบว่า ระดับของไลโคปีนในซีรั่มและเนื้อเยื่อเป็นสัดส่วนผกผันกับการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งเต้านม ดังนั้น การรับประทานอาหารที่มีไลโคปีนเป็นประจำจะเป็นการลดสารอนุมูลอิสระออกซิเจนและลดความเสียหายของสารชีวโมเลกุลที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชั่น เป็นการลดการเกิดภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล เป็นผลให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือดลดลงด้วย ในกระบวนการแปรรูปมะเขือเทศและฟักข้าวนั้น ถ้ามีไขมันร่วมด้วยจะทำให้การดูดซึมไลโคปีนดีกว่ามะเขือเทศดิบหรือเยื่อหุ้มฟักข้าวสด

น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการบีบเย็น เรียกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ประกอบไปด้วยวิตามินอีและสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จะป้องกันการออกซิเดชันของลิพิดในเยื่อหุ้มเซลล์ กำจัดอนุมูลอิสระ โดยจับกับอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียวที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวถึงร้อยละ 92 ซึ่งมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และในน้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดไขมันสายโซ่ขนาดกลาง ร้อยละ 60 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สามารถย่อยง่ายและเร็ว (Bhatnagar, 2009) เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารในกลุ่มไขมัน นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (Lauric acid) เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 45-55 (Marina, 2009) ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ สามารถชะลอและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ รา โปรโตซัว และไวรัส

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และไลโคปีนจากมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าวด้วยน้ำมันมะพร้าวปราศจากการใช้สารเคมี ซึ่งทำได้ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ทำให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าวเพื่อใช้เป็นอาหารเสริม และศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสกัดน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ
2. เพื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. สกัดน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ **โดยหา**อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศหรือเยื่อหุ้มฟักข้าวที่เหมาะสมที่สุด เพื่อทำให้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ**อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด**
2. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ โดยศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ ด้วยวิธี DPPH radical-scavenging capacity และ ABTS (2,2’-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)

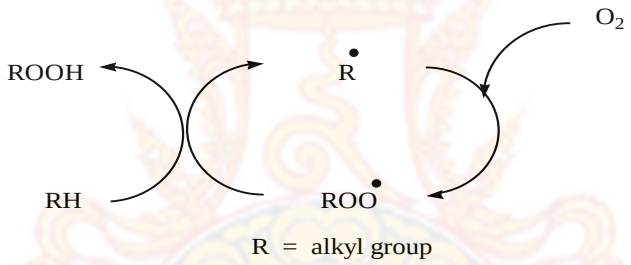
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารทั้งในประเทศ และต่างประเทศ
2. ได้แนวทางในการนำเอาน้ำมันมะพร้าว มะเขือเทศ และฟักข้าว ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เป็นการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร สามารถจัดเก็บรักษาได้นานและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรและเพิ่มมาตรฐานของสินค้าไทย

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลหรืออนุภาคที่ไม่เสถียรเนื่องจากรับหรือขาดอิเล็กตรอน (electron) ไป 1 ตัว ปกติธาตุต่างๆ ที่อยู่ในโมเลกุลที่เสถียรจะต้องมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนคู่ ในกรณีที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนจะทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงจำเป็นต้องหาอิเล็กตรอนเพื่อมาทำให้เกิดความเสถียร ดังนั้นจึงไปแย่งอิเล็กตรอนจากสารอื่นเพื่อมาทดแทน สารอื่นที่ถูกแย่งอิเล็กตรอนมาก็กลายเป็นสารที่สร้างปัญหา เนื่องจากจะต้องไปแย่งเอาอิเล็กตรอนมาทดแทนเช่นเดียวกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้นอย่างต่อเนื่อง เว้นแต่ว่าจะมาเจอกันเองแล้วรวมกันเป็นโมเลกุลที่เสถียรขึ้น สามารถแสดงวงจรการเกิดอนุมูลอิสระดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงวงจรการเกิดอนุมูลอิสระ

โดยปกติแล้วมักจะกล่าวถึงเฉพาะอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย แต่ในความเป็นจริงจะมีตัวกระตุ้นที่สำคัญเรียกว่า Reactive Oxygen Species (ROS) ซึ่งจะหมายถึงโมเลกุลที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจเป็นอนุมูลอิสระหรือไม่ใช่อนุมูลอิสระ (Nonradicals) ก็ได้ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระและ ROS เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ (Superoxide Anion Radical) อนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl Radical) อนุมูลเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Radical) อนุมูลเปอร์ออกซิล (Peroxyl Radical) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) โอโซน(Ozone) ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (Singlet Oxygen) อนุมูลไฮโดรเจน (Hydrogen Radical) และอนุมูลเมทิล (Methyl Radical) เป็นต้น

อนุมูลอิสระมีหลายชนิด แต่ที่เป็นปัญหาในร่างกายคนเราส่วนใหญ่ ได้แก่

1) Superoxide ($O_2^{\bullet}$) ส่วนมากจะเกิดจากออกซิเดชันในร่างกายหรือโอโซน

2) Hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$) เกิดจากสภาวะที่เป็นมลพิษซึ่งจะมี H_2O_2 (hydrogen peroxide)

3) Peroxyl radical ($ROO^{\bullet}$) เกิดจากสารประกอบพวกเปอร์ออกไซด์ เช่น H_2O_2 (hydrogen peroxide) หรือ RO-OR' (alkyl peroxide)

4) Nitric oxide ($NO^{\bullet}$) พบในอากาศที่เป็นมลพิษ

5) Peroxynitrite ($ONOO^{\bullet}$) เกิดจากการรวมกันของซุปเปอร์ออกไซด์กับไนตริกออกไซด์

อนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกายของเราเอง เป็นผลจากในร่างกายของเรามีกระบวนการเผาผลาญ เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย ที่ต้องดำเนินการตามปกติ ตัวอย่างเช่นในกระบวนการหายใจจะเกิดออกซิเจนที่มีประจุลบ อนุมูลอิสระสามารถรวมตัวกับไขมัน LDL ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็งเป็นต้น

2) อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกันคือ จากการได้รับเชื้อโรค เช่นการติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (Autoimmune Diseases) เช่นข้ออักเสบ รูมาตอยด์ จากรังสี เช่นรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะเช่นควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่น จากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้อีก ทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการปิ้ง ย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (Doxorubicin) เพนนิซิลามิน (Penicillamine), พาราเซทามอล (Paracetamol) เป็นต้น

อนุมูลอิสระที่มีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อไขมันโดยเฉพาะ LDL โปรตีน หน่วยสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ และคาร์โบไฮเดรต ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดตีบและแข็งตัว (Atherosclerosis) การกลายพันธุ์ (Mutation) ของเซลล์ ทำให้เกิดมะเร็งบางชนิด โรคอัลไซเมอร์หรือโรคความจำเสื่อม ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบ ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อรุนแรงขึ้น โรคไขข้ออักเสบและความเสื่อมของร่างกาย เป็นต้น ปัจจุบันนักชีววิทยาเชื่อกันว่าความแก่เกิดที่เนื้อเยื่อในร่างกายค่อยๆสะสมสารที่เป็นพิษต่อร่างกายอย่างช้าๆ ซึ่งมีผลทำให้ทำลายสมดุลของร่างกายที่ควบคุมการดำรงชีวิต และส่วนที่ได้รับผลกระทบมากคือดีเอ็นเอ การเปลี่ยนแปลงในดีเอ็นเอมีผลต่อการสร้างข้อมูลทางพันธุกรรมผิดพลาดไป ส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพลง อนุมูลอิสระสร้างมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายเองและในสภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายได้รับมลภาวะแวดล้อม

ภาวะที่ผิดปกติจะส่งผลให้ร่างกายสะสมอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ สิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อปกป้องตนเองเราเรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งเกิดจากการแตกสลายของกรดไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันประกอบด้วย

1) ขั้นเริ่มต้น อะตอมของไฮโดรเจนถูกดึงออกจากโครงสร้างของกรดไขมัน เกิดเป็นอนุมูลอัลคิล (alkyl radical) ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้จากการกระตุ้นของแสง โลหะ หรืออาจเกิดจากการแตกสลายตัวของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ที่เกิดขึ้นในช่วงการเผยแพร่

2) ขั้นการเผยแพร่ อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซีล (peroxyl radical) ($ROO^{\bullet}$) ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับไขมันไม่อิ่มตัวเกิดเป็นไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลอัลคิล (alkyl free radical, $R^{\bullet}$) สำหรับไฮโดรเพอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นสารประกอบอื่นที่มีผลต่อกลิ่นรสที่ไม่ดีสำหรับอาหาร ส่วนอนุมูลอัลคิลจะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่และเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นไฮโดรเพอรอกไซด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับออกซิเจนเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่

3) ขั้นสิ้นสุด อนุมูลอิสระที่มีปริมาณมากพอเกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบซึ่งไม่ทำปฏิกิริยา (non-free radical) จึงทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่หยุดลง การลดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ที่เกิดจากปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ ทำได้โดยการเติมสารกันหืนหรือสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ เกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีความคงตัว ทำให้การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ลดน้อยลง (จิรวัฒน์, 2541)

ปฏิกิริยาการยับยั้งอนุมูลอิสระของไลโคปีนที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาการถ่ายเทอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนโดยสารต้านออกซิเดชัน (AH) จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ($R^{\bullet}$) ทำให้ขั้นตอน propagation ของปฏิกิริยาออกซิเดชันหยุดลง และเกิดอนุมูลออกซิเดชัน (antioxidant radical หรือ $A^{\bullet}$) ซึ่งมีความคงตัวไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (สมการที่ 1) (Pokorny *et al.*, 2001)

$$LOO^{\bullet} + AH \xrightarrow{K_{inh}} LOOH + A^{\bullet}$$

$$LO^{\bullet} + AH \longrightarrow LOH + A^{\bullet} \qquad (1)$$

นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาอีกประเภทหนึ่ง เรียกว่า “ene reaction” ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์เป็นไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) เช่นกัน แต่กลไกในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการเกิด ene reaction นั้น ออกซิเจนจะเข้าจับกันที่อะตอมคาร์บอนใดอะตอมหนึ่งของพันธะคู่ ทำให้เกิดการย้ายตำแหน่งของพันธะคู่ เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากรูปแบบซีส (cis-) เป็น ทราน (trans-) โดยไม่มีการเกิดอนุมูลอิสระ singlet oxygen ($^1O_2$) ก่อให้เกิด ene reaction โดย singlet

oxygen ($^1O_2$) เป็นออกซิเจนที่มี unpaired electron หมุนในทิศทางตรงข้ามกัน (antiparallel spin) โดยอิเล็กตรอนอาจเรียงตัวอยู่ในออบิทอล (orbital) เดียวกันหรือต่างออบิทัลกัน การเรียงตัวแบบนี้ทำให้เกิดแรงผลกระหว่างอิเล็กตรอนสูงผลให้ singlet oxygen อยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited state) ซึ่งไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารอื่น singlet oxygen นอกจากจะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีแล้วยังเกิดได้จากปฏิกิริยาระหว่างแสงและรงควัตถุต่างๆได้อีกด้วย การควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจาก singlet oxygen ทำได้โดยการเติมสารที่เข้าทำปฏิกิริยา เปลี่ยน singlet oxygen (singlet oxygen quencher) ให้เป็น triplet oxygen ซึ่งมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาต่ำ เนื่องจากเป็นออกซิเจนที่มี unpaired electron อยู่คนละออบิทัล และมีการหมุนในทิศทางเดียวกัน (parallel spin) ทำให้เกิดแรงผลักของอิเล็กตรอน (electron) ไม่มากนัก ตัวอย่างสารที่ใช้เติมเช่น เบต้าแคโรทีน, ไลโคปีนและอัลฟาโทโคฟีรอล เป็นต้น (จิรวัฒน์, 2541)

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell, 2009) สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ ซึ่งกลไกการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (Preventive antioxidant) โดยการเปลี่ยนอนุมูลอิสระให้อยู่ในรูปของโมเลกุลที่มีความเสถียรก่อนที่จะไปทำปฏิกิริยากับสารอื่น ช่วยกำจัดไอออนของเหล็ก และ ROS สารในกลุ่มนี้ได้แก่ Glutathione peroxidase, Glutathione-s-transferase, Phospholipid hydroperoxide, Catalase (CAT), Superoxide dismutase (SOD)

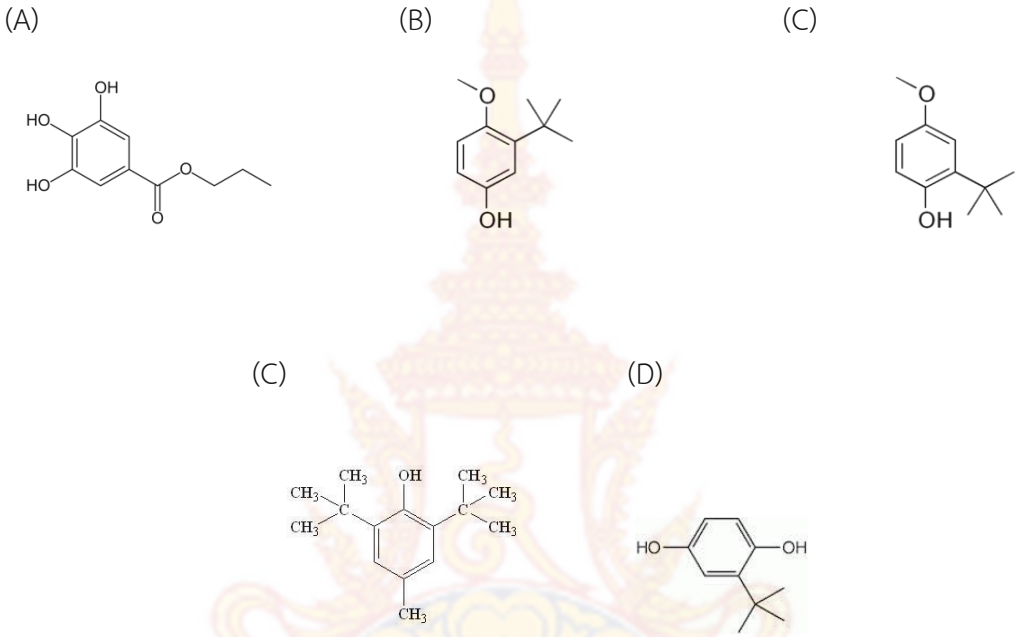
2) ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (Scavenging antioxidant เป็นการกำจัดอนุมูลอิสระหรือจับอนุมูลอิสระ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในขั้นตอน initiation และ propagation ซึ่งจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นอย่างไม่สิ้นสุด สารในกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มแรก คือ hydrophilic เช่น Vitamin C, uric acid, bilirubin, albumin, และ thiols ส่วนกลุ่มที่สอง คือ ipophilic เช่น vitamin E และ ubiquinol

3) หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ (Chain breaking antioxidant) เป็นการซ่อมแซมสารชีวโมเลกุลที่เกิดความเสียหาย สารในกลุ่มนี้คือ proteolytic enzymes, proteinases, proteases, peptidasses, glycol-sylases และ nucleases เป็นต้น

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพรได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

2.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3- butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone ซึ่งมีสูตร

โครงสร้างดังภาพประกอบ 2.2 เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al.,* 2000; Pokorny *et al.,* 2001)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์
(A)Propyl gallate, (B) 3-Butylated hydroxyanisole, (C) 2-Butylated hydroxyanisole, (D) Butylated hydroxytoluene, (E) Tertiary butyl hydroquinone (ที่มา: Howell and Saeed, 1999)

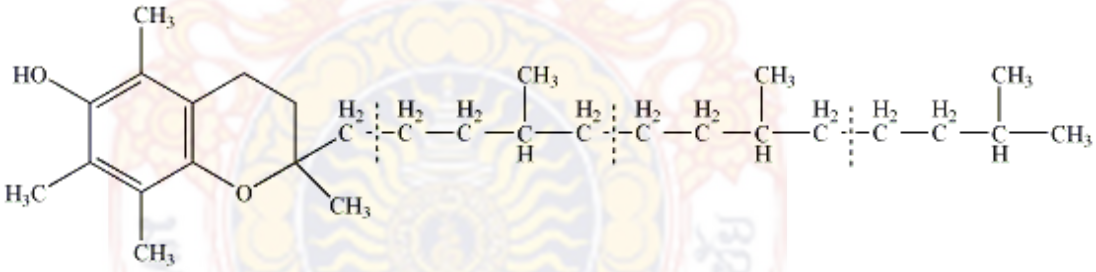
2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants)

สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nonnutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-

dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่น คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al*., 2000)

2.2.2.1 วิตามินอี (Tocopherol)

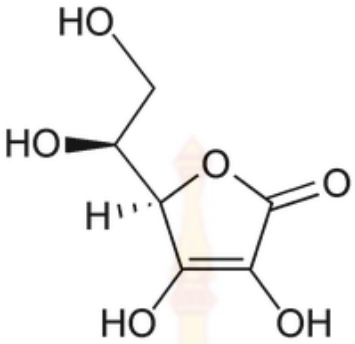
วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ซึ่งปริมาณวิตามินอีในเลือดของคนปกติมีค่า 1.0 มิลลิกรัมต่อร้อยละ 90 ของวิตามินอีในเนื้อเยื่อซึ่งจะอยู่ในรูปวิตามินซี สะสมในอวัยวะต่างๆ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ทั่วๆไป คือ ตับ กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน และต่อมต่างๆ วิตามินอีเป็นสารต้านออกซิแดนท์ได้ดีมากจะป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นส่วนของฟอสโฟลิปิดของผนังออร์แกนเนล เนื่องจากวิตามินอีละลายในไขมันได้ดีจะแทรกตัวอยู่ตามเมมเบรน โดยเมื่อเกิด Liquid Peroxidation จะมีการสร้าง Peroxyl Radicals และ Alkoxy Radicals ขึ้น วิตามินอีจะเข้าจับกับสารดังกล่าวก่อนที่ Peroxyl Radicals และ Alkoxy Radicals จะไปจับกับกรดไขมันอื่นในช่วงของ Propagation อีกทั้งวิตามินอียังทำงานร่วมกับ Glutathione Peroxidase และธาตุ Selenium โดยในช่วงแรกๆ มีการตั้งชื่อวิตามินอีว่า วิตามินป้องกันการเป็นหมัน เนื่องจากพบว่าวิตามินอีเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ในหนูตัวเมีย วิตามินอีแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ โทโคฟีรอล และโทโคไทรอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด คือ แอลฟา เบต้า แกมมา และเดลต้า ขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่เมธิล ที่ติดกับวงแหวนโครเมน โครงสร้างทางเคมีของวิตามินอี แสดงดังแผนภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินอี

2.2.2.2 วิตามินซี

เป็นสาระสำคัญในปฏิกิริยาสายโซ่ของเอนไซม์ที่สำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นตัวที่ทำให้วิตามินอี นั้นกลับคืนมาได้ใหม่อีกครั้ง วิตามินซี เป็นตัวก่อให้เกิดและปกป้องคอลลาเจนเสริมสร้างหน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกันให้ดีขึ้น เป็นตัวปรับน้ำตาลในเลือด ปกป้องดวงตาจากการทำลายของแสงอัลตราไวโอเลต ป้องกันการก่อตัวของคลอเลสเตอรอลในผนังเลือดแดง ป้องกันการแข็งตัวของเลือด ช่วยทำให้ปอดทำงานได้ดีขึ้น ช่วยให้มีการดูดซึมเหล็กได้ดีขึ้นที่ลำไส้เล็ก ป้องกันการเปลี่ยนรูปของสมการสารไนไตรท์เป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อตัวร่วมในการสร้างฮอร์โมนที่เป็นตัวลดระดับภาวะตึงเครียด วิตามินซีช่วยปกป้องเซลล์ เสริมสร้างผนังเซลล์ ทำให้เส้นเลือดฝอยแข็งแรง และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน โครงสร้างทางเคมีของวิตามินซีแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินซี

2.2.2.3 แคโรทีนอยด์ (Carotenoid)

แคโรทีนอยด์เป็นสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ในการยับยั้งและป้องกันโรค เราสามารถสามารถแบ่งตามชนิดของสีได้ 4 กลุ่ม คือ

1) สีม่วง ได้แก่ กะหล่ำม่วง มะเขือม่วง มันเทศม่วง เชอร์รี่ และองุ่นม่วงหรือแดง จะมีทั้งเบต้าแคโรทีน และไลโคพีน

2) สีแดง ได้แก่ แตงโม พริกแดง กระเจี๊ยบ และมะเขือเทศ จะมีไลโคปีน

3) สีส้ม ได้แก่ ฟักทอง แครอท มะละกอ และส้ม จะมีเบต้าแคโรทีน

4) สีเขียว ได้แก่ ผักใบเขียวต่างๆ เช่น ผักกาดหอม ถั่วแขก ถั่วลันเตา และแตงกวา ผักเหล่านี้จะมีทั้งเบต้าแคโรทีน ลูทีน และซีแซนทีน

แคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบจำพวกไขมัน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและไขมัน และตัวทำละลายที่ไม่มีสภาพนำไฟฟ้า เช่น ไซโคลเฮกเซน แคโรทีนอยด์อยู่รวมกับคลอโรฟิลล์มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้พบมากในดอกไม้ ผลไม้สุกหรือใบไม้ที่แก่จวนร่วงซึ่งไม่ได้มีบทบาทในการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรง แต่เป็นตัวรับพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อให้กับคลอโรฟิลล์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกต่อหนึ่ง หากพืชชนิดใดมีเฉพาะแคโรทีนอยด์อยู่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีคลอโรฟิลล์ พืชนั้นจะสังเคราะห์แสงเองไม่ได้ เพราะหน้าที่ของแคโรทีนอยด์มีเพียงรับพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อให้แคโรฟิลล์เท่านั้น การสังเคราะห์แสงไม่สามารถเกิดได้ที่โมเลกุลของแคโรทีนอยด์ เพราะเกิดพลังงานไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังมีอยู่ในพลาสติดรูปอื่นๆ เช่น โครโมพลาสต์ ที่อยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชที่มีสี เช่น ดอกไม้สีเหลือง หัวแครอท ผลมะเขือเทศสุก เป็นต้น นอกจากในพืชแล้ว ยังอาจมีอยู่ในเซลล์ของสัตว์ได้ เช่น ในเซลล์ที่มีชมพูของกุ้ง เป็นต้น แคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติมีประมาณ 600 ชนิด ที่พบมากมี 6 ชนิด คือ แอฟฟาแคโรทีน, เบต้าแคโรทีน, เบต้าคริปโทแซนทิน, ไลโคปีน, สารลูทีน, ซีแซนทิน สีของแคโรทีนอยด์จะผันแปรตามจำนวนพันธะคู่ ยิ่งพันธะคู่จำนวนมาก สีจะแดงเข้มทำให้ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เช่น ในพืช สาหร่ายและแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ อาจอยู่ในรูปของชีส หรือทรานแต่ในอาหารจะอยู่ในรูปทรานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อเปลี่ยนเป็นชิสมากขึ้นสีจะซีดลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแคโรทีนอยด์ คือ แสง ความร้อน และกรด

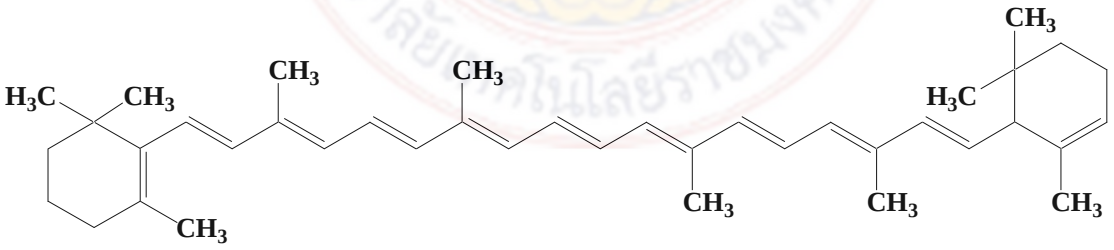
แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งตามโครงสร้างทางเคมีได้ 2 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มที่เป็นไฮโดรเจนคาร์บอน มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{40}H_{56}$ เป็นสารไม่มีขั้วไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ แต่สามารถละลายในไขมัน เอธิลอีเทอร์และคลอโรฟอร์ม แคโรทีนอยด์กลุ่มนี้ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ลูทีน และไลโคปีน เป็นต้น สามารถถูกสังเคราะห์ต่อไปเป็นวิตามินเอในร่างกายของสัตว์ได้ พบได้ในพืชและสาหร่ายทุกชนิด

2) กลุ่มที่มีออกซิเจนในโมเลกุล เป็นกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีหมู่อนุพันธ์ที่ประกอบด้วยออกซิเจนอะตอมอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งจะมีหมู่อนุพันธ์ที่ประกอบด้วยออกซิเจนอะตอมอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล คีโต หรือ อีพอกซี รวมเรียกว่า แซนโทฟิลล์ ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในเอธิลแอลกอฮอล์ และเอธิลอีเทอร์ พบในพืชโดยทั่วไป เช่น ข้าวโพด พริกแดง มะละกอสุก ส้ม และสาหร่ายทุกชนิด

2.2.2.4 เบต้า-แคโรทีน (Beta carotene)

เบต้าแคโรทีน เป็นหนึ่งในไอโซเมอร์ของแคโรทีน ซึ่งพบในธรรมชาติ 3 ไอโซเมอร์ คือ แอลฟาแคทีน เบต้าแคโรทีน และแกมมาแคโรทีน โดยเบต้าแคโรทีนเป็นชนิดที่พบมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 85 ของทั้งหมด ซึ่งจะเป็นผลึกของสารสีแดงที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อรับประทานเบต้าแคโรทีนจะแตกตัวให้วิตามินเอที่ตับ ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้เบต้าแคโรทีนยังมีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง และทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสะสมไว้ที่ผิวหนัง โดยแย่งทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระก่อน แล้วขับถ่ายออกไปตามระบบขับถ่ายต่างๆของร่างกาย เซลล์จึงรอดจากขบวนการทำลายโดยอนุมูลอิสระดังกล่าว เรียกกระบวนการในการแย่งทำปฏิกิริยาของเบต้าแคโรทีนกับอนุมูลอิสระว่า การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น หรือสารต้านอนุมูลอิสระ แต่มีรายงานว่า แอลฟาแคโรทีน ซึ่งอยู่ในกลุ่มแคโรทีน มีฤทธิ์เป็นแอนตี้ออกซิแด้นท์สูงกว่าเบต้าแคโรทีน แต่จะมีฤทธิ์เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วเท่านั้น เบต้า-แคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ซึ่งร่างกายนำไปใช้สร้างสารโรดอฟซินในดวงตาส่วน เรตินาทำให้มีความสามารถในการมองเห็นในตอนกลางคืนได้ และยังลดความเสื่อมของเซลล์ลูกตาลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจกด้วยเบต้าแคโรทีนยังให้ผลในการลดความเสื่อมของเซลล์จากอนุมูลอิสระซึ่งช่วยชะลอความแก่ โครงสร้างทางเคมีของเบต้า-แคโรทีน แสดงดังภาพที่ 2.5



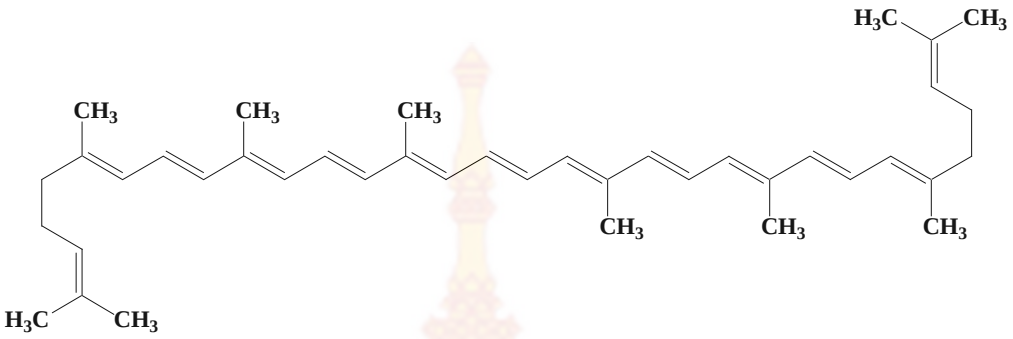
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของเบต้า-แคโรทีน

2.2.2.5 ไลโคปีน (Lycopene)

ไลโคปีนมีน้ำหนักโมเลกุล 536.58 ประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 89.48 ไฮโดรเจนร้อยละ 10.51 ลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสีแดงในรูปแบบทรานมีจุดหลอมเหลว 172-173 ºC มีค่าการดูดกลืนสูงสุด (Absorbance maximum) 361, 444, 470, 502 นาโนเมตร ค่าการละลายของไลโคปีน 1 กรัม ละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulfide) 50 มิลลิลิตร, ตัวทำละลายฮีเทอร์ทีเดือด (Boiling ether) 3 ลิตร, ตัวทำละลายปิโตเลียมฮีเทอร์ทีเดือด (Boiling petroleum ether) 12 ลิตร และเฮกเซน 14 ลิตร ละลายได้ดีในคลอโรฟอร์ม และ เบนซีน ไม่ละลายในเมทานอลและเอทานอล ไลโคปีนเป็นสารประกอบไตรเทอร์พีน (Tetratepene) ที่มี Isoprene 8 หน่วย พบในโครโมพลาสต์ (Chromoplast) ของมะเขือเทศ มีโครงสร้างสำคัญในการออกฤทธิ์ คือ 11 all-*trans* conjugates double bond ลักษณะเป็น แคโรทีนอยด์สายตรง มีพันธะคู่ 11 คู่ มีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ ไม่ละลายในน้ำ การเกิดการสลายตัวของไลโคปีน เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมีผลทำให้มะเขือเทศมีสีจางลง ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลง ปัจจัยต่างที่มีผลได้แก่ อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการผลิต แสง ออกซิเจน กรด และอิออน ของโลหะบางชนิด สารไลโคปีนมีโครงสร้างทางเคมีที่มีพันธะคู่สลับกันทำให้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระและยับยั้ง singlet oxygen (Takeoka *et al.,* 2001) สารต้านออกซิเดชัน คือสารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีผลทำให้อนุมูลที่มีประจุบวก (radical cation หรือ radical adduct) มีความคงตัวมากขึ้น สามารถช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้หรือเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระหรือปฏิกิริยาการยับยั้งกลไกการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นโมเลกุลที่ทำให้เกิดโรคและการเสื่อมคุณภาพของอาหารบางชนิด รวมทั้งการกำจัด singlet oxygen ด้วย

ไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์ หลักชนิดหนึ่งที่พบในร่างกายมนุษย์ ให้มีสีแดงเข้มและมีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในกลุ่มแคโรทีนอยด์ และมีประสิทธิภาพมากกว่า เบต้า-แคโรทีน 2 เท่าแต่ไม่มีฤทธิ์เป็นโปร์วิตามินเอ ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม และมะเร็งอื่นๆ ได้แก่มะเร็งในช่องปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้ ทวารหนัก นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน DNA และ Low density lipoprotein (LDL) ช่วยลดการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็งและโรคหัวใจ อีกด้วยโดยพบสารนี้ในผักและผลไม้ต่างๆ ได้แก่ ส้มโอสีชมพู แตงโม แครอท มะละกอ และปริมาณสูงในมะเขือเทศ ซึ่ง Eman M. Tawfik ศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศมีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าในมะเขือเทศสด Dr.Kohlmer กล่าวว่า “เนื่องจากความร้อนในกระบวนการผลิตหรือประกอบอาหารไปทำลายผนังเซลล์ ทำให้ไลโคปีนหลุดมาจากโปรตีนและเส้นใยที่เก็บกักไลโคปีนไว้ทำให้เกิดการปลดปล่อยไลโคปีน ออกมามากขึ้น” นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าไลโคปีน ที่พบในธรรมชาติอยู่ในรูป all-form isomer มีการดูดซึมในร่างกายได้ไม่ดี เมื่อเกิดปฏิกิริยา Isomerization ในระหว่างกระบวนการผลิตไปอยู่ในรูป *cis*-Isomer มี ผลทางชีวปริมาณออกฤทธิ์มากขึ้น ไลโคปีนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เบต้า-แคโรทีน นอกจากได้พืชแล้วแคโรทีนอยด์ ยังสามารถสังเคราะห์ได้จากจุลชีพอีกด้วย ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน, ไลโคปีน, ลิวทีน, ซีแซนทีน, แคนแซนทีน, เอสต้าแซนทีน และ โรโดแซนทีน ในปัจจุบันพบเฉพาะเบต้า-แคโรทีน และไลโคปีนเท่านั้นที่มีการสังเคราะห์ได้จากจุลชีพ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีของไขมัน น้ำมัน ชีส เครื่องดื่ม เพิ่มความแดงของไข่แดง ไก่สดและโยเกิร์ต การสูญเสียหรือการสลายตัว

ของไลโคปีนในระหว่างกระบวนการแปรรูป คือการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอเซชันและออกซิเดชั่น ซึ่งปัจจัยสำคัญมีผลในการทำให้เกิดการสูญเสียไลโคปีนในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิสูง ออกซิเจน ความเข้ม แสง พีเอสที่เป็นกรดแก่หรือเบสแก่ ความดันและไอออน โลหะ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของไลโคปีน

โลโคปีนมีส่วนช่วยในการลดอัตราเสี่ยงการเป็นมะเร็งหลายชนิด โดยเฉพาะมะเร็งต่อมลูกหมาก การได้รับสารไลโคปีนในปริมาณสูงส่งผลให้ช่วยลดโคเลสเตอรอลหรือ LDL ที่มีส่วนทำให้เกิดโรคหัวใจ จากผลการวิจัยพบว่าการรับประทานอาหารที่มีไลโคปีนเป็นประจำจะลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของเส้นเลือดตีบ และหัวใจวาย นอกจากนี้ยังสามารถช่วยสร้างภูมิต้านทานในการต่อสู้กับโรคหืดหอบได้อีกด้วยไลโคปีน เป็น carotenoid ที่ไม่ถูกทำลายระหว่างการแปรรูปอาหาร เหมือนเบต้าแคโรทีน อีกทั้งยังดูดซึมได้ดี ร่างกายของคนเราไม่สามารถผลิตไลโคปีน ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทานไลโคปีนจากผัก ผลไม้หรืออาหารเสริม นอกจากนี้ไลโคปีนมีประโยชน์ต่อผิวหนัง ดังนี้

1) ลดอัตราการเกิดสิว

2) ช่วยให้ผิวแข็งแรงทนต่อการทำลายของแสงแดดได้มากขึ้น 3 เท่า จึงลดความรุนแรงของการเผาไหม้ของผิวหนังจากแสง สามารถต่อต้านมะเร็งผิวหนัง และชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิว

3) ช่วยให้ผิวดูสวยอมชมพูมีเลือดฝาด

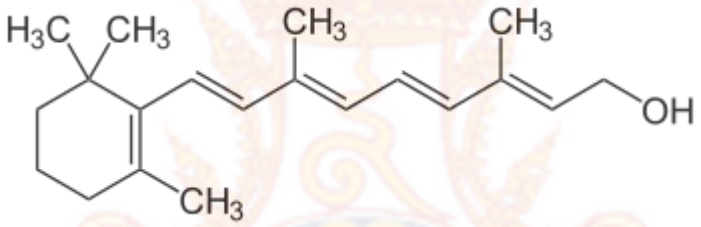
4) บำรุงผิวพรรณให้สดใส เปล่งปลั่ง ผิวมีสุขภาพดี ไม่ไวต่อแสง

ไลโคปีนมีฤทธิ์ที่ดีมากในการช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันชนิด Low density lipoprotein (LDL) จึงสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis) ลดอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด สามารถยับยั้ง singlet oxygen โดยไลโคปีนจะทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้เป็นtriplet oxygen และไลโคปีน triplet state ที่สามารถกลับสู่สภาวะพื้นได้ง่าย เมื่อระดับพลังงานความร้อนกระจายออกหรือลดลง (สมการที่ 2) (Edge *et al.,* 1997)

$$^{1}O_{2}^{*} + \text{lycopene} \longrightarrow {}^{3}O_{2} + {}^{3}\text{lycopene} \qquad (2)$$

ในทำนองเดียวกัน ไลโคปีนมีการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างและชนิดของตัวทำละลาย โดยหากกระบวนการแปรรูปหรือการสกัดที่มีผลต่อโครงสร้างของไลโคปีนแตกต่างกัน จะทำให้ไลโคปีนมีการดูดกลืนคลื่นแสงต่างกัน ตัวอย่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของไลโคปีนที่แตกต่างกันเมื่อชนิดของสารทำละลายต่างกัน เช่น สารไลโคปีนในสารทำละลายเอธานอลมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 443, 472 และ 502 นาโนเมตร (Karrer and Jucker, 1950) สารไลโคปีนในสารทำละลายอะซิโตนมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 446, 475 และ 506 นาโนเมตร (Jensen, 1962 อ้างอิงใน Goodwin, 1967) สารไลโคปีนในสารทำละลายเฮกเซนมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 445, 472 และ 503 นาโนเมตร (Sharma and Maguer, 1996) และการดูดกลืนคลื่นแสงของไลโคปีนในสารทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (Lea and Leegood, 1999) เป็นต้น

2.2.2.6 วิตามินเอ (Retinol) วิตามินเอช่วยบำรุงสายตา และแก้โรคตามัวตอนกลางคืน (Night Blindness) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของวิตามินเอ

2.3 ฟักข้าว

2.3.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของฟักข้าว

ฟักข้าว (*Momordica cochinensis*)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Momordica cochinchinensis*

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร : Plantae

หมวด : Magnoliophyta

ชั้น : Magnoliopsida

ลำดับ : Cucurbitales

วงศ์ :Cucurbitaceae

สกุล : *Momordica*

ชนิด : *M. cochinchinensis*

ชื่อพื้นเมืองอื่นๆ เช่น ขี้กาเครือ (ปัตตานี) ผักข้าว (ตาก ภาคเหนือ) มะข้าว (แพร่) แก็ก (Gac เวียดนาม) Baby Jackfruit Spiny Bitter Gourd, Sweet Gourd, และ Cochinchin Gourd

ฟักข้าวเป็นพืชประเภทไม้เถา เลื้อยพันไปตามต้นไม้อื่น มีมือเกาะไม่แยกแขนง ความยาวอาจถึง 20 เมตร เลื้อยเกาะพันต้นไม้หรือไม้พุ่ม หรือกิ่งไม้ตายแห้งทั่วไป ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ต้นฟักข้าว

ใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงกันแบบสลับ ใบรูปหัวใจหรือรูปไข่ กว้างยาวเท่ากันประมาณ 6.0-15.0 เซนติเมตร ขอบใบหยักเว้าลึกเป็นแฉก 3-5 แฉก เส้นแขนงใบตามจำนวนแฉกเห็นชัดเจนและเส้นแขนงใบย่อยเป็นร่างแหทั่วไป ผิวใบมีต่อมเป็นจุดๆ ก้านใบยาว 5.0-8.0 เซนติเมตรใบแก่สีเขียวเข้ม ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 ใบฟักข้าว

ดอก เป็นดอกเดี่ยว ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ต่างต้นกัน ดอกตูมประกบกันคล้ายหอยแครง เห็นลายเส้นกลีบรองดอกชัดเจน มีขนสั้นๆหนาแน่นสีขาวนวล หรือเหลือง ตรงกลางมีสีน้ำตาลแกมม่วง และออกดอกที่ซอกใบโดยดอกตูมจะเรียงลำดับในทางเดียวกันและหงายขึ้นเสมอเหมือนมีใบเป็นรูปหัวใจเรียงเด่น ดอกเพศผู้ก้านดอกยาว 5.0-15.0 เซนติเมตรเกสรผู้มี 3 อัน ดอกเพศเมีย ก้านดอกยาว 2.0-5.0 เซนติเมตรใบประดับมีขนาดเล็กกว่าดอกเพศผู้ รังไข่มี 1 ช่อง ท่อรังไข่ยาว ปลายแยกเป็น 3 แฉก ดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 ดอกฟักข้าว

ผล ผลของฟักข้าวมี 2 ลักษณะผลยาวมีขนาดยาว 8-15 เซนติเมตร ส่วนผลกลมยาว 4-6 เซนติเมตร แต่ละผลหนักตั้งแต่ 0.25-1.9 กิโลกรัม ผลอ่อนมีสีเขียวมีหนามถี่ และค่อยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มแดงตามลำดับเมื่อผลสุกใช้เวลาประมาณ 7-8 สัปดาห์ ฟักข้าวซึ่งเป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่นที่พบในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีคุณประโยชน์มากกว่าพืชอื่นๆ คือ มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนมากกว่าแครอท 10 เท่ามีปริมาณสารไลโคปีนมากกว่ามะเขือเทศ 70 เท่า ซึ่งสารไลโคปีน,แบต้าแคโรทีน และซีแอ็คแซนทีนที่อยู่ในรูปของกรดไขมันนาโนแบบธรรมชาติที่เรียกว่า Lipocarotenes อันเป็นสภาวะที่ร่างกายเราสามารถดูดซึมนำไปใช้งานได้ดีกว่าพืชทั่วไป อีกทั้งฟักข้าวยังมีวิตามินอีสูง ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ผลฟักข้าวสุก

ราก รสเบื่อเย็นถอนพิษทั้งปวง แก้พิษ ถอนพิษร้อน ถอนพิษสำแดง ถอนพิษไข้ทั้งปวง แก้ผมร่วง คุมกำเนิด แก้กระหายน้ำ ฆ่าเหา สระผมแทนสบู่ แก้พิษอักเสบฝีต่างๆ แก้ปวดบวม แก้พิษภายใน พิษแมลงต่อย พิษตะขาบต่อย

ใบ รสขมเย็น ดับพิษทุกชนิด พิษไข้หัวและพิษอักเสบต่างๆ แก้ปวดบวม แก้พิษภายใน พิษแมลงต่อย พิษตะขาบต่อย

เมล็ด แก้หูด ฝีมะม่วง บำรุงปอด แก้ไอ แก้วัณโรค แก้ฝีในปอด รักษาริดสีดวงทวาร ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 เมล็ดฟักข้าว

2.3.2 ฤทธิ์ทางชีวภาพของฟักข้าว

การวิจัยทางคลินิกที่มหาวิทยาลัยฮานอย ประเทศเวียดนาม พบว่าน้ำมันที่สกัดจากเยื่อเมล็ดฟักข้าวมีประสิทธิภาพในการรักษามะเร็งตับ และจากงานวิจัยของประเทศเวียดนามพบว่า เมื่อใช้เยื่อฟักข้าวเสริมอาหารให้กับเด็กก่อนวัยเรียน พบว่าเด็กในกลุ่มที่ให้ฟักข้าวเสริม จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนในพลาสมาสูงขึ้นและในกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นของเฮโมโกลบินต่ำเมื่อให้ฟักข้าวเสริมพบว่าจะทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของเฮโมโกลบินเพิ่มขึ้นด้วยจึงแนะนำให้ผู้มีเลือดจางกินข้าวหุงเยื่อเมล็ดฟักข้าวสุกด้วย ปัจจุบันมีผู้นำเยื่อเมล็ดฟักข้าวผลิตเป็นเครื่องดื่มอาหารเสริมจำหน่ายในต่างประเทศ และนำไปผลิตเป็นเครื่องสำอางด้วย

งานวิจัยฟักข้าวในประเทศจีน พบว่าโปรตีนจากเมล็ดฟักข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ตับในหลอดทดลอง ซึ่งเชื่อว่าเป็นส่วนหนึ่งของฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดฟักข้าว ช่วยลดความเสียหายของเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระในร่างกายจึงมีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีการนำเมล็ดฟักข้าวมาเป็นส่วนผสมของยาแก้ปวดกล้ามในเครื่องยาจีนหลายตำรับเช่นกัน

งานวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดลเกี่ยวกับสรรพคุณของเมล็ดฟักข้าว พบว่าเมล็ดฟักข้าวมีโปรตีนที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อเอชไอวี-เอดส์ และยับยั้งเซลล์มะเร็ง โดยตอนนี้ได้จดสิทธิบัตรในประเทศไทยเรียบร้อยแล้ว ส่วนงานวิจัยอื่นๆ ของไทยและต่างประเทศ พบว่าเมล็ดแก่ของฟักข้าวมีโปรตีนมอร์มอโคลชิน-เอส และโคลชินิน-บี (Colchicine-B) มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานไรโบโซมซึ่งเป็นแหล่งผลิตกรดอะมิโนและต้านการเจริญของเซลล์มะเร็งหลายชนิดในหลอดทดลอง ซึ่งอาจนำไปพัฒนาเภสัชภัณฑ์ได้

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ต้านมะเร็ง ต้านไวรัส ทำให้แท้ง ยับยั้งน้ำตาลในเลือด กระตุ้นให้มดลูกบีบตัว กระตุ้นเอนไซม์ Alcohol dehydrogenase และ Aldehyde dehydrogenase ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงแตก

2.3.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำฟักข้าว

ปัจจุบันฟักข้าวได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากในผลฟักข้าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และมีองค์ประกอบทางพฤกษเคมี เช่น เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เป็นต้น โดยเฉพาะในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของผลฟักข้าว อุณหภูมิในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำ

ผลไม้มีต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักของน้ำผลไม้ เช่น บีต้าแคโรทีน ไลโคปีน สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด รวมถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำฟักข้าว ซึ่งการหาปริมาณของบีต้าแคโรทีน และไลโคปีน ทำได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 และ 470 นาโนเมตร ตามลำดับ การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดทำการตรวจสอบโดยใช้การวัดการดูดกลืนแสงจากสีที่เปลี่ยนไปในการเกิด ปฏิกิริยาเคมี การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยการใช้วิธี Folin–Ciocalteu และการวิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำฟักข้าวทำได้โดยการใช้วิธี DPPH assay และ FRAP assay ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารพฤกษเคมีที่เป็น องค์ประกอบหลักของน้ำฟักข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิจาก 60 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียสจะส่งผลให้สารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบและกิจกรรมการ ต้านอนุมูลอิสระลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำฟักข้าวโดยยังคงปริมาณของสารประกอบพฤกษเคมี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุดคือ 80 องศาเซลเซียส (Praychoen, P., *et al*., 2013)

2.4 มะเขือเทศ

2.4.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของมะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นพืชเศรฐกิจที่มีความต้องการของตลาดมะเขือเทศสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด มะเขือเทศที่ปลูกในประเทศอยู่ในวงศ์ Solanaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum. Mill.* มะเขือเทศและผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะสารไลโคปีน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้อย่างประสิทธิภาพ (Stahl and Sies, 1996) ซึ่งอนุมูลอิสระส่งผลต่อการทำงานของเซลล์ ปฏิกิริยาเคมีและการสื่อสารทางประสาทระหว่างเซลล์ในมนุษย์เร่งการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเสื่อมสภาพและทำให้เกิดโรคตามมา เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และโรคข้ออักเสบ (Crawford, 2000) ด้วยคุณสมบัติของไลโคปีนเป็นสารต้านออกซิเดชันสามารถป้องกันและลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคดังกล่าวได้ ดังนั้นการบริโภคมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศจะช่วยป้องกันร่างกายจากการทำลายของอนุมูลอิสระและช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเรื้อรังต่างๆได้ มะเขือเทศเป็นพืชล้มลุกอายุ 1 ปี เติบโตเร็ว ลำต้นมีขนปกคลุม มีกลิ่นเฉพาะตัว ใบหยักเว้าลึก (วีณา, 2543) ผลมะเขือเทศในระยะที่ยังอ่อนหรือดิบจะมีสีเขียวของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เมื่อเริ่มสุกสีเขียวมะเขือเทศหายไปมีสีขาว (Watada, *et al.,* 1976) และต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มอ่อนของรงควัตถุแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เมื่อมะเขือเทศเริ่มแก่หรือสุกจะมีสีแดงของสารไลโคปีนปรากฏขึ้นและสีเหลืองจะลดลง มะเขือเทศ 1 กิโลกรัม ให้ปริมาณ ของไลโคปีน 0.02 กรัม สีแดงของมะเขือเทศเป็นผลจากรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่ คือสารไลโคปีนที่มีปริมาณมากกว่า 80% ของรงควัตถุทั้งหมดที่พบในมะเขือเทศ (Cadoni, *et al.,* 2000; López, *et al.,* 2001) ทั้งนี้รงควัตถุชนิดต่างๆ มีความสามารถในการสะท้อนแสงหรือปล่อยพลังงานออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่กระตุ้นให้เรตินาที่อยู่ในตาของคนเรามองเห็น (visible light) โดยปกติจะอยู่ในช่วง 380 - 780 นาโนเมตร (Moss, *et. al.,* 2000)

ขึ้นกับจำนวนของพันธะคู่ที่เชื่อมต่อกัน (Conjugated double bonds) ในโครงสร้างและชนิดของสารทำละลายที่ใช้ ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 ผลของมะเขือเทศ

2.4.2 ประโยชน์ทางโภชนาการ

เป็นแหล่งของสารแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะสารไลโคปีน กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี (ascorbic acid) วิตามินอี โฟเลท (folate) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารฟีโนลิค (phenolics) โพแทสเซียม โปรตีนและเยื่อใย คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศ (ตารางที่ 2.1) ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ ความแก่อ่อน และสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต (Abushita *et al.,* 2000) นอกจากนี้ มะเขือยังเป็นแหล่งของรงควัตถุที่สำคัญ (ตารางที่ 2.2) มะเขือเทศที่มีสีแดงจัดจะมีปริมาณสารไลโคปีนสูงถึง 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่มะเขือเทศที่มีสีเหลืองมีปริมาณเพียง 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเท่านั้น (McClain and Bausch, 2003)

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลมะเขือเทศสด (*Lycopersicon esculentum cv. pyriforme*)

คุณลักษณะทางเคมี	ผลมะเขือเทศสด
โปรตีน (%)	0.85**
ไขมัน (%)	0.33**
เถ้า (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	0.42**
เยื่อใย (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	1.1**
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	5.43-6.60*
ค่าพีเอช	4.25-4.30*
ความชื้น (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	93.76**

ที่มา: * Calligaris, *et al*. (2002) ; Anese, *et al.* (2002)

** USDA Nutreint Database for standard Reference (2001)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศสุก และส่วนต่างๆของมะเขือเทศจากส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น

ประเภทแคโรทีนอยด์	ปริมาณที่พบ (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักเปียก)			
	มะเขือเทศสุก	เมล็ด*	เปลือก*	เนื้อมะเขือเทศเข้มข้น*
ไฟโทอีน	1.86**	0	เล็กน้อย	2.29
ไฟโทฟลูลีน	0.82**	0	เล็กน้อย	1.86
บีต้า-แคโรทีน	0.23**	0.13	0.30	1.06
ไลโคปีน	8.8 – 42***	0.04	11.98	16.79

ที่มา : * Al-Wandawi, *et al*. (1985) ** Tonucci, *et al*. (1995) *** Bramley (2000)

2.5 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (virgin coconut oils, VCO) คือน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวสดโดยวิธีทางกลหรือวิธีทางธรรมชาติโดยผลิตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส (ลลิตา, 2548) ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสีใส มีกลิ่นหอมของมะพร้าวไม่มีกลิ่นเหม็นหืนและเหม็นเปรี้ยวสามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพที่สำคัญในน้ำมันมันมะพร้าวจะมีกรดลอริก อยู่ประมาณ 54.61% กรดลอริกสามารถสร้างภูมิคุ้มกันหลอดเลือดแข็งตัวเมื่อเราบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกายกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ที่มีชื่อว่าโมโนลอรีนซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่อยู่ในน้ำนมมารดาที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารกในระยะ 6 เดือนแรกที่ร่างกายยังไม่สร้างระบบภูมิคุ้มกัน และนอกจากน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันชนิดเดียวในโลกที่มีแคลอรี่ต่ำ มีกรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่ปานกลาง ซึ่งสลายตัวเป็นพลังงานและไม่สะสมไขมันในร่างกาย น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างจากน้ำมันมะพร้าวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดซึ่งผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (chemical refining) ผ่านการฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (de-odorsing) เรียกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD ที่ย่อมาจาก Refined, Bleached, De-odorised coconut oil โดยน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้จะมีสีเหลืองไม่มีกลิ่นแต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืนไม่มีรสชาติ วิตามินอีได้ถูกกำจัดออกไประหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและใช้สารเคมี (Bawalan, *et al.,* 2006) ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เหมาะแก่การนำมาประกอบในอาหารหวานคาวใช้เป็นน้ำมันทอดอาหารและน้ำมันปรุงอาหารนอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถใช้เป็นยาและสมุนไพรในการรักษาอาการเจ็บป่วยสมานแผลและใช้รักษาแผลเรื้อรัง และนอกจากนี้ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องสำอาง เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระและมีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งประกอบด้วยอาหารประเภทไขมัน (dietary fat) เส้นใยอาหาร (dietary fibres) โปรตีนคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุรอง (micromineral) เช่นโพแทสเซียมฟอสฟอรัสรวมทั้งวิตามิน เช่น ไนอะซีน (niacin) และไรโบฟลาวิน ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารและยา

ในตลาดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย พบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดลอริก 46.64-48.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไอโอดีน อยู่ในช่วง 4.47-8.55 (Marina, *et al*., 2009) ซึ่งค่าไอโอดีน หมายถึง จำนวนกรัม ของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม คาไอโอดีนเป็นตัวบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันนั้นมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าไอโอดีนสูง แสดงว่าในน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันชนิดไมอิ่มตัวเป็นประกอบมากและสามารถเกิดการหืนได้ง่ายจากการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจน จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าต่ำ แสดงว่าทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีกรดไขมันชนิดไมอิ่มตัวต่ำ แต่ทั้งนี้ค่าไอโอดีนก็ไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดในการประเมิน ความเสถียรของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซาพอนนิฟิเคชัน (sponification value) ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่าเท่ากับ 250.07-260.67 mg KOH ซึ่งซาพอนนิฟิเคชัน หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม เป็นค่าเฉพาะที่เป็นตัวบ่งบอกสมบัติเฉพาะของไขมันหรือน้ำมันแต่ละชนิด เนื่องจากสามารถบ่งชี้ถึงขนาดโมเลกุลหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่าซาพอนนิฟิเคชันสูง แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่าต่ำ คือ 0.21-0.57 meq oxygen/kg ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ หมายถึงจำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.002 นอร์มอล ที่ใช้ในการ ไทเทรตไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม หรือหมายถึงจำนวนมิลลิสมมูลของเปอร์ออกไซด์ ออกซิเจนที่มีในไขมันหรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย นั้นก็คือมีความเสถียรต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจน (oxidation stability) ในอากาศได้มาก การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการทางธรรมชาติ (auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไมอิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เองอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ นอกจากนี้ยัง พบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีปริมาณของกรดไขมันอิสระต่ำ คืออยู่ในช่วง 0.15-0.25 แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีการหืนแบบ hydrolytic rancidity น้อย ดังนั้นเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จัดเป็นน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีคุณภาพดี

จากงานวิจัยของ Bhatnagar, *et. al.,* (2009) ได้ศึกษาความเสถียรของพืชผสมกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยน้ำมันประมาณร้อยละ 55-65 มีกรดไขมันหลักซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดลอริก ในน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว ประมาณร้อยละ 6 ซึ่งถือว่ามีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย และนอกจากนี้ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง ประมาณร้อยละ 1 และวิตามินอีทั้งหมด ประมาณ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันมะพร้าวก็ยังประกอบด้วยกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลางถึงร้อยละ 58 ซึ่งง่ายต่อการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นการศึกษาความเสถียรของน้ำมันพืชผสมน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

พบว่าการผสมน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันพืชชนิดอื่น ทำให้น้ำมันที่ได้มีกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลางและความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในขณะเดียวกันจะมีการเพิ่มปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว สารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าว

2.5.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การผลิตน้ำมันมะพร้าวในอุตสาหกรรมทั่วไป จะเริ่มจากการนำเนื้อมะพร้าวออกจากผลมะพร้าว โดยการนำมาตากแห้งหรืออบแห้ง จากนั้นจึงบดย่อยเนื้อมะพร้าวแห้งให้เป็นชิ้นเล็กๆ และทำการบีบน้ำมันมะพร้าวออกด้วยเครื่องบีบแบบเกลียวอัด น้ำมันที่ได้มักมีเศษมะพร้าวแห้งปะปนมาด้วย จึงต้องนำไปกรองเพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวดิบสีน้ำตาลใสปราศจากเศษมะพร้าวแห้ง โดยกากของเนื้อมะพร้าวจะถูกส่งขายเป็นอาหารสัตว์ และน้ำมันมะพร้าวดิบสีน้ำตาลใสนั้นจะนำไปเข้าสู่กระบวนการกลั่นให้บริสุทธิ์โดยวิธีทางเคมี (โดยใช้ด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าว จากนั้นล้างสบู่และด่างส่วนเกินออกด้วยน้ำจนมีสภาพเป็นกลาง วิธีนี้อาจทำให้สูญเสียน้ำมันมะพร้าวสูง) หรือกระบวนการกลั่นให้บริสุทธิ์โดยวิธีทางกายภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ทำโดยการนำน้ำมันมะพร้าวดิบที่ได้จากการสกัดมากำจัดยางเหนียวด้วยกรดฟอสฟอริกและฟอกสีด้วยผงฟอกสี จากนั้นนำน้ำมันเข้าสู่กระบวนการกลั่นที่อุณหภูมิสูงและความดันต่ำกว่าบรรยากาศเพื่อแยกกรดไขมัน กลิ่นและสีออก จากนั้นนำมากรองอีกครั้งจึงได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อรอจำหน่ายต่อไป ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ลลิตา, 2548) มีดังนี้คือ

1) วัตถุดิบ ใช้มะพร้าวที่มีอายุ 12-13 เดือน ซึ่งเป็นมะพร้าวที่โตเต็มที่ (fully mature nut) และต้องไม่มีเซลล์เบียน (haustorium) เนื่องจากจะทำให้ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวลดลง โดยจำนวนมะพร้าวที่ใช้ผลิตเพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าว 1 ลิตร คือ 10-15 ลูก หรือเนื้อมะพร้าวขูดที่อบแห้งแล้ว 1 กิโลกรัม เมื่อผ่านการบีบเย็นแล้วจะให้ผลผลิตของน้ำมันมะพร้าว 0.17 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของการผลิตและกระบวนการที่ใช้การผลิตระดับจุลภาค (micro-scale enterprise) มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 1000-5000 ลูกต่อวัน (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006)

2) การเตรียมวัตถุดิบ ควรเลือกใช้น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกใหม่ๆ และระมัดระวังไม่ให้ผลมะพร้าวปริแตกระหว่างการขนส่งเนื่องจากลูกมะพร้าวจะเกิดการเน่าเสีย (spoilage) จากการทำงานของเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้มีกลิ่นและรสที่ไม่ดี โดยทั่วไปเนื้อมะพร้าวขูดจะมีความชื้นประมาณ 50% ทั้งนี้ควรนำเนื้อมะพร้าวนั้นเข้าอบแห้งภายใน 4 ชั่วโมง และไม่ควรทิ้งไว้ข้ามคืน

3) กระบวนการในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวมีหลายกรรมวิธีด้วยกันเช่น วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมในระดับครัวเรือน วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวอัด วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงและวิธีการหมัก (ลลิตา, 2548) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การผลิตแบบดั้งเดิม เป็นกรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวในระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม การผลิตเริ่มต้นจากการบีบน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวขูดที่เก็บรักษาไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งองค์ประกอบในน้ำกะทิประกอบด้วยน้ำมัน น้ำ โปรตีน และอื่นๆ น้ำกะทิจะถูกหมักเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันมะพร้าวแยกออกจากชั้นน้ำ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันมะพร้าวเพื่อไล่

ความชื้นและทำการกรอง ข้อเสียของวิธีการนี้คือ เป็นการผลิตในระดับกำลังการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวให้สม่ำเสมอนั้นเป็นไปได้ยาก

ข. เป็นการผลิตน้ำมันมะพร้าวโดยใช้เครื่องบีบแบบสกรู โดยเนื้อมะพร้าวที่ใช้ได้ผ่านการขูดและอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 4 ชั่วโมง หลังจากกะเทาะเปลือกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรีย การผลิตวิธีนี้สามารถใช้ความดันต่ำร่วมด้วย หรือเรียกว่า low pressure oil extraction โดยเนื้อมะพร้าวที่ใช้จะมีความชื้นของเนื้อมะพร้าวประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่บีบได้มีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากที่มาจากความชื้นของเนื้อมะพร้าวประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้ เมื่อวางทิ้งไว้ให้น้ำมันและน้ำแยกชั้นออกแล้วอาจใช้ความร้อนเพื่อกำจัดปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ ระยะเวลาที่ใช้ต่อการดำเนินงาน 1 ครั้ง ประมาณ 1.5 ชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการ

ค. การสกัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเครื่องไฮโดรลิกและวิธีการสกัดแบบอัดเกลียวนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตเชิงธุรกิจ เนื่องจากต้องลงทุนเกี่ยวกับเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง โดยขั้นตอนในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีดังนี้คือ นำเนื้อมะพร้าวที่อบแห้งสดไปไปอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30-45 นาที นำเนื้อมะพร้าวที่อบแห้งมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปบีบด้วยเครื่องบีบแบบไฮโดรลิก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกมา จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไปกรองด้วยผ้ากรองตาถี่หลายชั้น แล้วใส่ในภาชนะที่มีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ให้ตกตะกอนละนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เฉพาะน้ำมันใสๆ มากรองอีกครั้งหนึ่ง จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น (cold-pressed) จากนั้นนำไปบรรจุลงในขวดที่มีฝาปิด

ง. การสกัดด้วยวิธีการหมัก เป็นวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ง่ายสะดวกและลงทุนต่ำการหมักเป็นวิธีการดั้งเดิมของชาวฟิลิปปินส์ อินเดีย และชาวเกาะแปซิฟิก ทำโดยการคั้นน้ำกะทิจากผลมะพร้าวแก่ที่เก็บมาจากต้นภายใน 24 ชั่วโมง วิธีการหมักมีข้อเสียเกี่ยวกับความชื้นในน้ำมันมะพร้าว ถ้านำน้ำมันมะพร้าวไปไล่ความชื้นออกโดยการโดยการผ่านการให้ความร้อนก็สามารถไล่ความชื้นออกไปได้และได้น้ำมันที่มีคุณภาพดีการสกัดด้วยวิธีการหมัก มีขั้นตอนดังนี้คือ นำเนื้อมะพร้าวขูดใส่ในกะละมัง เติมน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสลงไป โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวขูดต่อน้ำอุ่นเท่ากับ 1 ต่อ 1 ส่วน จากนั้นคั้นน้ำกะทิในกะละมังแล้วใช้ผ้าขาวบางหรือตะแกรงลวดกรองเอากากมะพร้าวทิ้งไป โดยกากมะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น ทำปุ๋ย หรือใช้เป็นอาหารสัตว์เป็นต้น

2.5.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

โดยทั่วไปพืชที่สกัดและให้น้ำมัน (plant seed oil) จะมีส่วนประกอบหลักคือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride: TGs) และส่วนประกอบรองคือโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride: MGs) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride: DGs) สเตอรอล (sterols) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid: FFA) เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD จะพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีโมโนกลีเซอไรด์ สเตอรอล และกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD เนื่องจากน้ำมันมะพร้าว RBD ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้สารเคมีภายใต้สภาวะด่าง (alkaline refining) ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการผลิต (Dayrit, FM.,*et al*., 2008)

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าว

ส่วนประกอบ	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	น้ำมันมะพร้าว RBD
Monoglyceride (I-MGs)	0.027%	0.019%
diglyceride	1.549%	4.095%
sterols	0.096%	0.032%
Free fatty acid	0.127%	0.015%

ที่มา : Daryt, FM., *et al.* (2008)

Marina, AM., et al. (2009)_กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างกัน เนื่องจากถิ่นกำเนิดทางภูมิศาสตร์ (geographical origin) วิธีการผลิตและระยะเวลาในการเก็บ (duration of storage) รวมทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต โดยความร้อนจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลดลง

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD เนื่องจากมีวิตามินอีและเอรวมทั้งสารพอลิฟีนอลที่สูงกว่าโดยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการลดคอเลสเตอรอล (hypocholesterolemic effect) จากการทำงานของสารที่ไม่สามารถทำให้เกิดฟองได้ (unsaponifiable component) บางตัว ได้แก่ วิตามิน พอลิฟีนอล (polyphenols) และสเตอรอล (sterol) จึงส่งผลให้ระดับของไขมันและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง โดยทั่วไปสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีและซี เบต้าแคโรทีนอยด์ ซีลีเนียม ทองแดง และสังกะสี ส่วนเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) catalase (CAT) glutathione peroxidase (GSH-Px) และ glutathione reductase ZGSH-Red) ซึ่งจะทำหน้าที่ปกป้องเนื้อเยื่อจากการบาดเจ็บโดยการเปลี่ยนเป็น oxygen free radical เช่น superoxide anion (O^{-}_{2}) hydroxyl radical (OH^{-}) และ hydrogen peroxide (H_2O_2) ซึ่งเชื่อกันว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ได้และมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับโรคท่อเลือดแดงและหลอดเลือดแดงแข็งเรื้อรัง (chronic artherosclerosis) และภาวะโรคหัวใจ (cononary artery disease) โดยผลิตผลตัวแรกที่เกิดจากปฏิกิริยา lipid peroxidation คือ alkoxyl radicals จะเป็นตัวที่ทำให้พันธะคาร์บอน-คาร์บอนเกิดการแตกหลุดออกจากกัน โดยการมีโลหะทรานซิชันเป็นตัวช่วยแล้วเกิดเป็น short-chain unesterifiedaldehyde ซึ่งการเกิดออกซิเดชันของ LDL โดยอนุมูลอิสระนี้ถือเป็นกุญแจสำคัญของการเกิดโรคท่อเลือดแดงและหลอดเลือดแดงแข็ง สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นี้สามารถป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือดได้โดยไปยับยั้งการเกิด lipid peroxidation นอกจากนี้ยังทำให้น้ำมันมะพร้าว RBD บริสุทธิ์ (refing) ยังส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิก (phenolic contents) โดยพบว่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าว RBD มีค่าต่ำสุดอาจเนื่องมาจากน้ำมันมะพร้าว

RBD ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดโดยใช้วิธีการหมักมีค่ากรดไขมันอิสระสูง ทำให้มีปริมาณน้ำในน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น อันเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมัน (lipolytic enzyme) ส่วนตัวอย่างของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน เนื่องมาจากความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Marina, *et at.,* 2009)

1) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 90 % กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวจัดเป็นกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลาง (medium-chain fatty acid : MCFA) มีจำนวนคาร์บอน 8-12 อะตอม โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่สำคัญได้แก่ กรดคาโปอิก กรดคาปริลิก กรดลอริก และกรดไมริสติก กรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางนี้คิดเป็น 64 % ซึ่งมีสัดส่วนของกรดลอริกมากที่สุดคือ 47-53 % (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ให้น้ำมันชนิดอื่นแล้ว พบว่า น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มีปริมาณกรดลอริกสูง คือ มีประมาณ 47-53 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริกนี้เองที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติพิเศษในการเสริมสุขภาพและความงานของมนุษย์ นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยังมีกรดคาปริกอยู่ประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งช่วยเสริมประสิทธิภาพในการทำงานของกรดลอริกได้

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsatuarated fatty acid) ประมาณ 9 % (กันทิมา และ วิมลนารถ, 2548) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monosaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัวมาจับจึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (double bond) จึงเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียง 1 คู่

ข. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ซึ่งส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนของคาร์บอนอะตอมมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดลินโนเลอิก

2.5.3 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ น้ำมันมะพร้าว RBD และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หรือน้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (กันทิมา และ วิมลนารถ, 2548) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) น้ำมันมะพร้าว RBD เป็นน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวห้าวโดยการบีบหรือใช้ตัวละลายแล้วนำมาผ่านความร้อนสูงและกระบวนการทางเคมีคือ การทำให้บริสุทธิ์ (refining) การฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (deodorization) ซึ่งน้ำมันมะพร้าวภายหลังการสกัดเหมาะสำหรับนำมาบริโภคนั้นจะมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นและรสชาติ ปราศจากวิตามินอี มีปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.1 % ปัจจุบันไม่ค่อยมีน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้จำหน่าย เนื่องจากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวประเภทนี้ส่วนใหญ่เลิกดำเนินการไปแล้ว

2) น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (cold-pressed coconut oil) เป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดผ่านกระบวนการบีบ แต่ไม่ผ่านความร้อนสูง เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ดีที่สุด สีใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอีและไม่ผ่านกระบวนการเติมออกซิเจน (oxidation) มีค่าเปอร์ออกไซด์และกรดไขมัน

อิสระต่ำ มีกลิ่นมะพร้าวอ่อนถึงแรง (ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต) มีความชื้นไม่เกิน 0.1 % โดยเรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้อีกอย่างว่า “น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์” (virgin coconut oil) ซึ่งเป็นน้ำมันที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในครัวเรือน ทั้งนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวสดจะมีปริมาณส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive components) มากกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD ที่สกัดโดยใช้การสกัดแบบแห้ง หรือ dry process

2.5.4 คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทางเคมีและกายภาพ

2.5.4.1 คุณสมบัติทางเคมี

Marina, *et al.,* (2009) ได้ศึกษาตลาดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซียเกี่ยวกับลักษณะทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แต่ละตัวอย่างมีปริมาณกรดลอริก (lauric acid content) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดลอริก 46.64-48.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไอโอดีน (iodine value : I.V) อยู่ในช่วง 4.47-8.55 ซึ่งหมายถึงจำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม ค่า I.V เป็นตังบ่งชี้ว่า ไขมันหรือน้ำมันนั้นว่ามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า I.V สูง แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบมากและสามารถเกิดการหืนได้ง่ายจากการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจน จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าต่ำจึงทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่ำ แต่ทั้งนี้ค่า I.V ก็ไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดในการประเมินความเสถียรของปฏิกิริยาออกซิเดชัน sponification value (S.V) ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าเท่ากับ 250.07-260.67 mg KOH ซึ่งหมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม S.V เป็นค่าเฉพาะที่เป็นตัวบ่งสมบัติเฉพาะของไขมันหรือน้ำมันแต่ละชนิดเนื่องจากสามารถบ่งชี้ถึงขนาดโมเลกุลหรือหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่า S.V สูง แสดงว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value : P.V) ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าต่ำคือ 0.21-0.57 mequiv oxygen/kg ซึ่งค่า P.V หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มอล ที่ใช้ในการไทเทรตไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่า P.V ต่ำ แสดงว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความเสถียรต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจน (oxidation stability) ในอากาศได้มาก จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เกิดการหืน (oxidative rancidity) ได้น้อย oxidative rancity เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบวนการทางธรรมชาติ (auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น peroxide linkage ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เองอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีปริมาณของกรดไขมันอิสระต่ำคือ อยู่ในช่วง 0.15-0.25 แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีชนิดหนึ่ง

2.5.4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ทดสอบจากการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) มีดังนี้กล่าวคือ สีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ควรมีสีใสเหมือนน้ำ การเกิดสีของน้ำมันมะพร้าวอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนในน้ำมันระหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (microbial contaminant) ในเนื้อมะพร้าวก่อนขั้นตอนการสกัด (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006) ถ้ามีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์จะทำให้สีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือชมพูหรือแดงส้ม ทั้งนี้กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพดี ควรมีกลิ่นหอมอ่อนๆของมะพร้าว ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ในการสกัด รสชาติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต้องไม่ระคายเคืองในลำคอเมื่อรับประทานเข้าไป

2.5.5 บทบาทของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีต่อร่างกาย

2.5.5.1 กรดไขมันอิ่มตัว จากความเชื่อที่ว่ากรดไขมันอิ่มตัวเป็นไขมันที่ไม่ดีต่อสุขภาพของเรานั้น ความจริงแล้วกรดไขมันอิ่มตัวมีหลายประเภทและมีบทบาทต่อร่างกายที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวมีความแตกต่างจากในสัตว์คือ ในสัตว์มีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีขนาดความยาวมาก (long-chaon fatty acids : LCFA) คิดเป็นปริมาณ 98-100 % ดังนั้นการบริโภคน้ำมันมะพร้าวจึงไม่ได้เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดและโรคหัวใจ (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2550) ดังจะเห็นได้จากชาวพื้นเมืองในเกาะมหาสมุทรแปซิฟิกที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำในปริมาณสูง ไม่มีใครเป็นโรคหัวใจแต่อย่างใด ซึ่งการที่น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางทำให้มีข้อดีดังนี้คือ

ก. สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับได้อย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง จึงไม่ทำให้เกิดการสะสมไขมันในร่างกาย

ข. เพิ่มเมตาบอลิซึ่มในร่างกาย โดยจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของต่อมไทรอยด์ส่งผลให้มีอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายเร็วขึ้น จึงทำให้ร่างกายผอมลงได้

2.5.5.2 กรดลอริก สามารถช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในร่ายกายได้ กล่าวคือ เมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ที่เรียกว่า “โมโนลอริน” (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับน้ำนมของมารดาที่ใช้เลี้ยงทารกในระยะ 6 เดือนแรก ซึ่งร่างกายยังไม่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันได้ นอกจากนี้โมโนลอรินยังทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ และเป็นสารฆ่าไวรัส โดยโมโนลอรินจะเข้าไปทำลายเฉพาะเชื้อโรคที่มีเกราะหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมัน เช่น เชื้อไข้หวัดใหญ่ โรคเริม คางทูม โรคซาร์และโรคเอดส์ โดยเกราะนี้จะถูกละลายโดยน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้โมโนลอรินเข้าไปทำลายเชื้อโรค อย่างไรก็ตามโมโนลอรินก็ไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ นอกจากกรดลอริกแล้วยังมีกรดคาปริกอีกตัวที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของโมโนลอริน โดยการเปลี่ยนเป็นสารโมโนคาปริน (monocaprin) เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะมีฤทธิ์เช่นเดียวกับโมโนลอริน ทั้งนี้ประสิทธิภาพการทำงานของสารทั้งสองตัวขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (กันทิมาและวิมลนารถ, 2548; Tenda, *et al.,* 2009)

2.5.5.3 วิตามินอี วิตามินอีทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหาร เครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ ความเครียด รังสี เป็นต้น อนุมูลอิสระนี้เองที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้เซลล์มีความผิดปกติและกลายพันธุ์จนเป็นสาเหตุของโรคสำคัญต่างๆ สารโทโคไทรอีนอลวิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะมีสารโทโคไทรอีนอลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าสาโทโคเฟอรอลที่มีอยู่ในเครื่องสำอาง 40-60 เท่า จึงทำให้วิตามินสามารถต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.6 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

2.5.6.1 แบบรับประทานได้ (edible use)

ก. น้ำมันทอดอาหาร น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถนำมารับประทานได้ โดยการนำมาเป็นน้ำมันทอดอาหารและน้ำมันปรุงอาหาร เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการต้านกลิ่นหืน สามารถใช้แทนไขมันในน้ำนมที่มีราคาแพง โดยไม่ทำให้รสชาติเปลี่ยน (Bawalan and Chapman., 2006) การทอดเป็นกรรมวิธีหนึ่งในการทำอาหารโดยการสัมผัสของอาหารกับน้ำมันที่ร้อน ขณะทอดน้ำมันปรุงอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนไปสู่อาหาร การทอดโดยใช้อุณหภูมิสูงและคงที่ รวมทั้งสภาวะของการทอดที่มีอากาศและความชื้นนั้นจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา เช่น polymerization, oxidation และ hydrolysis ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้านอื่นๆ เช่น เป็นแหล่งของไขมันสำหรับทารกหรืออาหารสำหรับทารก เนื่องจากสามารถย่อยและดูดซึมง่าย ใช้เป็น spray oil สำหรับขนมปังกรอบ คุกกี้ และอาหารเช้าที่ทำจากธัญพืช เพื่อเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มความมันเงาของอาหาร

ข. ยาและผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลาง ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับไขมันในน้ำนมแม่และสามารถสร้างระบบคุ้มกันให้กับมารดาและผู้ใหญ่ได้ อีกทั้งน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีคุณสมบัติของ anti-inflammatory, anti-microbial และ antioxidant properties ที่ทำงานร่วมกันและป้องกันโรคท่อเลือดแดงและหลอดเลือดแดงแข็ง และโรคหัวใจ โดยการเพิ่ม high density lipoprotein (HDL) ซึ่งเป็นไขมันที่ดียิ่งมีมากก็จะป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและอุดตันได้ HDL จะทำหน้าที่จับไขมันส่วนเกินหรือคอเลสเตอรอลในร่างกายจากการขับของเสียออกมาจากร่างกายโดยตับ และช่วยให้ย่อยง่ายโดยไม่ต้องใช้น้ำดีจากตับเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน ช่วยเร่งขบวนการเมตาบอลิซึมและป้องกันการติดเชื้อโรค ช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารโดยการเพิ่มการดูดซึมของวิตามิน แร่ธาตุและกรดอะมิโนต่างๆและช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง

2.5.6.2 แบบรับประทานไม่ได้ (inedible use) วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซักรีดและสบู่ อาบน้ำ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถนำมาใช้เป็นสารเคมีในการผลิตสารชำระล้างที่มีความสามารถในการย่อยสลาย แชมพู เจลอาบน้ำ และเป็นสารทำความสะอาดในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเป็นสารช่วยให้เกิดฟอง (Bawalan and Chapman., 2006)

ก. พลังงาน ตั้งแต่ปี 1970 เป็นต้นมา มีการใช้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจาก coco methyl ester สำหรับใช้ผลิตเชื้อเพลิงดีเซลทดแทน ปัจจุบันประเทศฟิลิปปินส์ใช้ coco methyl ester เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพในเชื้อเพลิงดีเซล โดยใช้ส่วนผสม 5 เปอร์เซ็นต์เพื่อลดการปล่อยควันและการเกิดของไนตรัสออกไซด์ ในประเทศไทยมีการนำน้ำมันมะพร้าวมาผสมกับ 10-20% kerosene ในการกำจัดไขมันต่างๆนำมาใช้เป็นสารตัวเติม (filler) และใช้เป็นสารทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยเช่นเดียวกัน

ข. เครื่องสำอาง เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติอ่อนโยนต่อผิวแพ้ง่าย ปัจจุบันจึงนิยมใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในด้านหลักๆ ดังนี้คือ คอนดิชันเนอร์สำหรับเส้นผมและผิวหนัง เป็นส่วนผสมน้ำมันในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ดูแลผิว หรือเป็นน้ำมันพื้นฐานในสุวคนธบำบัดและน้ำมันนวด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1. สารเคมี

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อ	เกรด	บริษัทผู้ผลิต
Hexanes (C_6H_{14})	A.C.S. Reagent	J.T. Baker
Methanol (CH_3OH)	A.C.S. Reagent	J.T. Baker
Sodium Carbonate (Na_2CO_3)	Analytical univar reagent	LOBAL Chemie
Folin Ciocalteu reagent		
Gallic acid (3,4,5-Trihydroxybenzoic acid)	A.C.S. Reagent	SIGMA-AIDRICH
Ethyl Acetate ($CH_8COOC_2H_6$)	A.C.S. Reagent	J.T. Baker
2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($C_{18}H_{12}N_5O_6$)		SIGMA-AIDRICH
β-carotene ($C_{40}H_{56}$)	assay ≥ 97.0% (UV)	SIGMA-AIDRICH
Linoleic acid ($C_{16}H_{32}O_2$)	assay : 60-74% (GC)	SIGMA-AIDRICH
Ecoteric T20		Ajax Finechem
Chloroform ($CHCl_3$)	AR. (Meet A.C.S. Specifications)	RCI Labscan
ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)	assay ≥ 98.0% (HPLC)	SIGMA-AIDRICH
Potassium Persulphate ($K_2S_2O_8$)	Laboratory Unilab reagent	Ajax Finechem
Ethanol (C_2H_5OH)	A.C.S. Reagent	J.T. Baker
Acetone	A.C.S. Reagent	J.T. Baker
DMSO		
MTT (3-(4-, 5-dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide)		
ละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์		
Glu-kit (Sigma-Aldrich)		

3.2. อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) รุ่น: Rotavapor R-215 ยี่ห้อ : Buchi
2. เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer รุ่น: Spectro22 ยี่ห้อ : LaboMed,inc.
3. เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ยี่ห้อ: biochrom รุ่น: Libra S22
4. เครื่อง Vortex apparatus รุ่น: Genie 2
5. อ่างให้ความร้อน (Water bath)
6. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ: Sartorius รุ่น: BP 210 S
7. เครื่องเหวี่ยง รุ่น: Digicen 20 R
8. เครื่อง Micro plate reader

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.3.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว

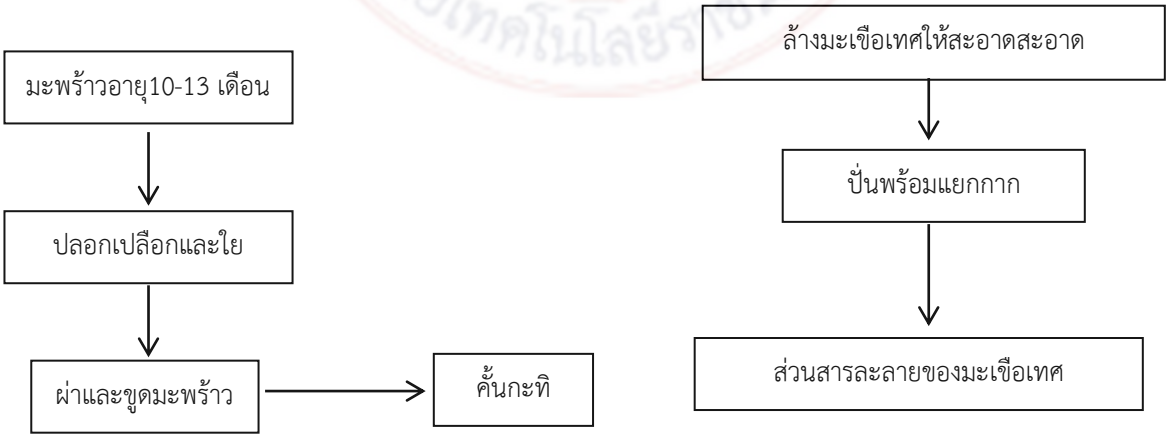
ขั้นตอนการเตรียมน้ำกะทิ โดยนำเนื้อมะพร้าวตามอัตราส่วนข้างต้นมาขูดสด และคั้นกะทิโดยใช้สัดส่วนน้ำต่อเนื้อมะพร้าวขูดสดในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก (ใช้น้ำต้มสุกและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

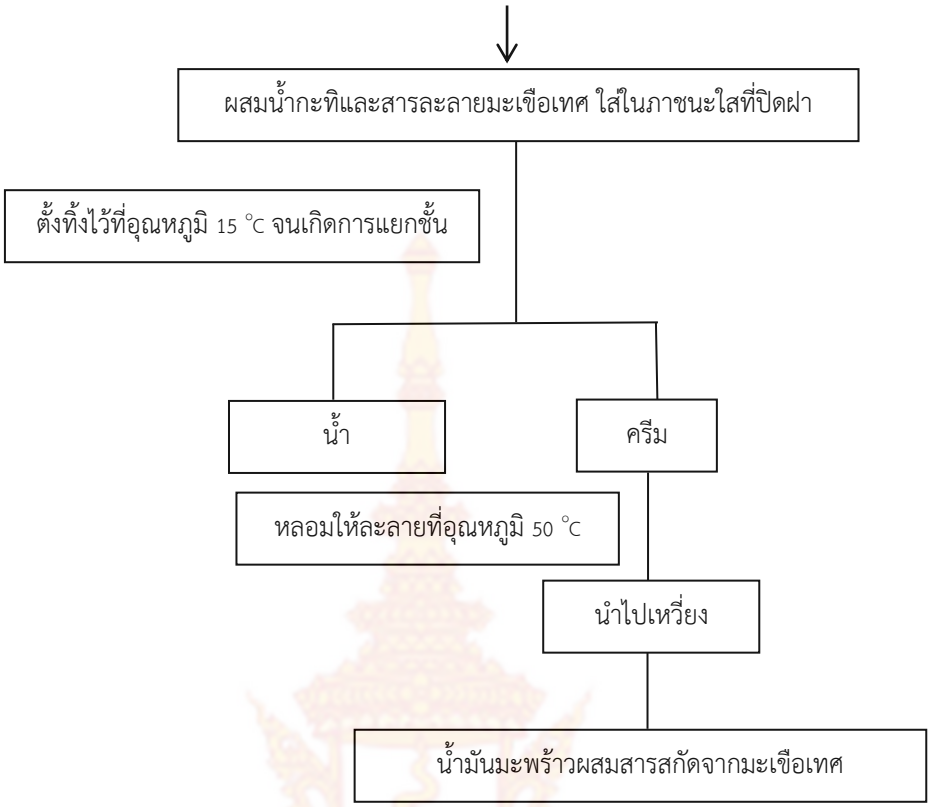
ขั้นตอนการเตรียมสารละลายเยื่อหุ้มฟักข้าว ตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยนำเยื่อหุ้มฟักข้าวมาละลายกับน้ำต้มสุก

นำส่วนของน้ำกะทิสดและสารละลายจากเยื่อหุ้มฟักข้าว เทผสมกัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นชั้นครีมและชั้นน้ำ จากนั้นนำครีมไปเหวี่ยงแยกน้ำมันออกจากครีมและน้ำ น้ำมันที่ได้กรองและเก็บในขวดแก้วชา เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ได้ วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีนและหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.3.2 การผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ

การผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ แสดงดังภาพที่ 3.1





ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ

ขั้นตอนการเตรียมน้ำกะทิ โดยนำเนื้อมะพร้าวมาขูดสด และคั้นกะทิสด

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากมะเขือเทศ นำมะเขือเทศมาล้างให้สะอาด จากนั้นปั่นพร้อมแยกกาก เพื่อให้ได้ส่วนที่เป็นสารละลาย

นำส่วนของน้ำกะทิสดและสารละลายจากมะเขือเทศ เทผสมกัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นชั้นครีมและชั้นน้ำ จากนั้นนำไปแช่ในช่องแช่แข็ง แล้วนำมาหลอม จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกน้ำมันออกจากครีมและน้ำ แล้วเก็บในขวดแก้วชา

3.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Seneviratne, *et al.,* (2009) โดยนำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ 10 กรัม ละลายในเฮกเซน 20 มิลลิลิตร และย้ายไปที่กรวยแยก (Separatory funnel) จากนั้นเติม methanol- water (80:10 v/v) จำนวน 10 มิลลิลิตร พร้อมเขย่า 3 นาที แยกเอาชั้นล่างออกมาใส่ในขวดก้นกลม ซึ่งเป็นชั้นของ methanol- water ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วรวมส่วนของ methanol - water จากนั้นนำสารละลายที่ได้ระเหยด้วย rotary evaporator ภายใต้ vaccum ที่ 40 °C จากนั้นนำส่วนที่เหลือเจือจางด้วยเมทานอล จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วใส่ในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10 มิลลิลิตรจากนั้นเติม Folin Ciocaltex reagent (เจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำ deionized) จำนวน1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) เข้มข้น 7.5 % จำนวน 4 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 min วัดค่าดูดกลืนที่ 725 nm. โดยใช้ UV-VIS speetro photometer เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid เข้มข้น 0.1 – 0.5 mg/mL ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน สำหรับทำกราฟมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.3.3 วิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีน

ชั่งน้ำมันมะพร้าวตัวอย่าง 10 กรัม ละลายใน hexane : acetone : ethanol (25:12.5:12.5 v/v) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ถ่ายลงไปในกรวยแยก แล้วเติมเมทานอล: น้ำ (80:10 v/v) จำนวน10 มิลลิลิตร พร้อมเขย่า 3 นาที แยกเอาชั้นล่างออกซึ่งเป็นชั้นของเมทานอล: น้ำ ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วนำส่วนของชั้นบนซึ่งเป็นส่วน hexane : acetone : ethanol นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร โดยเทคนิค UV-Visible Spectrophotometer แล้วคำนวณหาปริมาณสารไลโคปีนได้จาก สมการที่ 2

$$\text{Lycopene (mg/100 g oil)} = -0.0458A_{663} + 0.204A_{645} + 0.372A_{505} - 0.0806A_{453} \quad (2)$$

3.3.4 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

3.3.4.1 DPPH radical-scavenging capacity

โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Paola Zunon (2010) นำน้ำมันจำนวน 1 กรัม ละลายด้วยเอทิลอะซิเตท และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่ได้มาจำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ ให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาเขย่าด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา 10 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เทียบกับแบลงค์ (โซเดียมอะซิเตตบริสุทธิ์) จากนั้นเตรียมตัวอย่างควบคุม (ไม่มีน้ำมัน) ใช้เอทิลอะซิเตทจำนวน 2 มิลลิลิตรเติมสารละลาย DPPH จำนวน 9 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรเทียบกับ แบลงค์ ที่เวลา 30 นาที และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ คำนวณหาร้อยละการยับยั้งจากสูตร

$$\% \text{ Inhibition activity} = \frac{(A_{control} - A_{sample}) \times 100}{A_{control}}$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

3.3.4.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวหรือมะเขือเทศ

1. การเตรียม ABTS

ก. ชั่งสาร ABTS มา 0.0376 กรัม ละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 ml.

ข. ชั่งสาร Potassium Persulphate 0.0166 กรัม ละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร

ค. หลังจากนั้นดูด ABTS มา 8 มิลลิลิตร ผสมกับ Potassium Persulphate 12 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 16-18 ชั่วโมงในตู้เย็น

ง. นำ ABTS ที่เตรียมไว้มาปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 5:200 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.8± 0.2

2. การเตรียมน้ำมันตัวอย่าง และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

ชั่งน้ำมันมา 1 g ปรับปริมาตรด้วย (ethanol + DMSO เข้มข้น 40%) ให้ได้ 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำมัน มา 1 ml ผสมกับ ABTS 9 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 750 nm ที่ 30 นาที เทียบกับ Blank เกิดจากดูดน้ำมัน มา 1 ml ละลายกับตัวทำละลายผสม (ethanol + DMSO เข้มข้น 40%) 9 มิลลิลิตร

Sample solution = Oil + ABTS , 1 : 9

Blank solution = Oil + (ethanol + DMSO) , 1 : 9

Positive solution = (ethanol + DMSO) + ABTS , 1 : 9

Negative solution = (ethanol + DMSO)

สูตรการคำนวณ % inhibition = $[(\text{Abs control}_c - \text{Abs sample}_c)/\text{Abs control}_c] \times 100$

Abs control = Abs (positive) – Abs (negative)

Abs sample = Abs sample – Abs blank

3.3.5 ทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งปอด

การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดที่ได้ต่อเซลล์มะเร็ง (Cytotoxicity Test) การทดสอบนี้จะทำการทดสอบโดยใช้สารชื่อ MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide) ด้วยวิธีการที่เรียกว่า MTT assay โดยจะทำการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดที่ได้ต่อเซลล์มะเร็งต่างๆ คือเซลล์มะเร็งตับ (Hep-G2) และเซลล์มะเร็งปากมดลูก (Caski) มะเร็งปอดชนิด NCl-H 187

โดยขั้นตอนทดลอง มีดังนี้

1. ทำการ seed cell ที่เพาะเลี้ยงไว้ลงในจานเพาะเลี้ยงชนิด 96 หลุม (Microtiter plate) ที่เตรียมไว้โดยใช้จำนวนเซลล์เริ่มต้นคือ 5×10^4 เซลล์ต่อหลุม

2. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. ชั่งสารสกัด 5 มิลลิกรัม ละลายด้วย DMSO (Dimethylsulfoxide) 100 ไมโครลิตร จะได้สารสกัดที่เป็น stock solution ที่มีความเข้มข้น 50 mg/ml

4. นำสารสกัด (stock solution) ที่เตรียมไว้มาผสมกับอาหารเลี้ยงเซลล์มะเร็งให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 µg/ml จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายตั้งแต่ 6.25-100 µg/ml

5. เติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงไปในเซลล์ที่เพาะเลี้ยงไว้ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ
6. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
7. เติมสารละลาย MTT ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ลงไปในแต่ละหลุม
8. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. เติมสารละลาย DMSO ลงในแต่ละหลุม เพื่อละลายผลึกสีม่วงที่เกิดขึ้น
10. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ด้วย Micro plate reader
11. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของเซลล์ (% of cell survival) ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของเซลล์(\% of cell survival)} = \frac{OD_T - OD_B}{OD_C - OD_B} \times 100$$

OD_T คือ ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย เมื่อนำสารสกัดมาตรวจสอบกับเซลล์มะเร็ง

OD_B คือ ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของ Blank

OD_C คือ ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของ Control

12. นำค่าเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของเซลล์ มาทำการสร้างกราฟเพื่อหาค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งการเจริญของเซลล์ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50})

3.3.6 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนูดัดแปลงวิธีมา Damsud *et al.,* 2014 การเตรียมเอนไซม์มอลเทส นั้นเตรียมได้จากสารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบจากลำไส้เล็กของหนู เตรียมโดยชั่งเอนไซม์หยาบมา 1 กรัม เติม 0.9% โซเดียมคลอไรด์ (0.9% NaCl) จำนวน 30 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 rpm เป็นเวลา 30 นาที ดูดสารละลายส่วนบนไปหาความจำเพาะ (specific activity) ต่อซับสเตรต (มอลโทส) ทุกครั้งก่อนการทดสอบ การวิเคราะห์เตรียมตัวอย่างของส่วนสกัดต่างๆ ที่ความเข้มข้น (0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ละลายสารตัวอย่างใน DMSO และ 20 % Triton X-100 ดูดตัวอย่างมาจำนวน 10 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 6.9 จำนวน 50 ไมโครลิตร เติมสารละลายเอนไซม์ จำนวน 40 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มปฏิกิริยาเบื้องต้นเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เติมซับสเตรต (มอลโทส) ที่ความเข้มข้น 0.58 มิลลิโมลาร์ จำนวน 50 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมกลูโคส โดยใช้ glu-kit (Sigma-Aldrich) จำนวน 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งและค่า IC_{50} โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Inhibition} = [(A0-A1)/A0] \times 100$$

เมื่อ A0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาที่ไม่มีสารสกัด

A1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาที่มีสารสกัด

3.3.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ (HT-29)

นำตัวอย่างไปทำให้ไร้เชื้อโดยกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2 ไมครอน เจือจางด้วยสารละลายตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่ต้องการด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งได้แก่ 30% DMSO ใน เอทานอล ที่ทำให้ไร้เชื้อแล้ว จากนั้นนำไปทดสอบการต้านการแบ่งตัวในเซลล์มะเร็งตับด้วยวิธีการย้อมสี sulforhodamine B (SRB) คำนวณเปอร์เซ็นต์เซลล์ที่เพิ่มจำนวนหลังได้รับสารตัวอย่างเป็นเวลา 4 ชั่งโมง (% cell growth, % G) แล้วนำไปสร้างกราฟระหว่าง % G และความเข้มข้นของสาร จากนั้นหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ 50% (IC_{50}) (Manosroi, 2012)

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

ในเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศมีสารสีส้มอยู่จำนวนมาก ได้แก่ ไลโคปีนและเบต้าแคโรทีน (Cao-Hoang, *et al*; 2011) จึงได้สกัดสารสำคัญ เช่น ไลโคปีนและเบต้าแคโรทีน จากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศให้อยู่ในน้ำมันมะพร้าว ในการทดลองใช้ผลฟักข้าวสุก และมะเขือเทศลูกท้อ การทดลองใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว : น้ำหนักของเยื่อหุ้มฟักข้าวเท่ากับ 3.0:0.3, 3.0:0.6 และ 0.3:0.9

ขั้นตอนการเตรียมน้ำกะทิ โดยนำเนื้อมะพร้าวตามอัตราส่วนข้างต้นมาขูดสด และคั้นกะทิ โดยใช้สัดส่วนน้ำต่อเนื้อมะพร้าวขูดสดในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก (ใช้น้ำต้มสุกและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่ได้จากเยื่อหุ้มฟักข้าว นำผลฟักข้าวล้างด้วยน้ำให้สะอาดและผ่าครึ่งผลฟักข้าว (ภาพที่ 4.1) จากนั้นนำเยื่อหุ้มที่เกาะติดกับเมล็ดฟักข้าวออกจากผลและนำเยื่อหุ้มที่เกาะติดกับเมล็ดฟักข้าว (ภาพที่ 4.2) ไปละลายน้ำแล้วบีบคั้นเอาเฉพาะเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จากนั้นนำส่วนสารละลายที่ได้จากเยื่อหุ้มฟักข้าวกรองผ่านผ้าขาวบาง จะได้สารละลายจากเยื่อหุ้มฟักข้าวที่มีสีส้มแดง

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่ได้จากมะเขือเทศ โดยนำผลมะเขือเทศลูกท้อล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นนำผลมะเขือเทศมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกกาก จะได้สารละลายจากมะเขือเทศ

ภาพที่ 4.1 ผลของฟักข้าวและเยื่อหุ้มฟักข้าว

ภาพที่ 4.2 เยื่อหุ้มฟักข้าว

นำสารละลายที่ได้จากเยื่อหุ้มฟักข้าวหรือมะเขือเทศผสมกับกะทิ แล้วตั้งทิ้งไว้ที่ห้องเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นสารละลายสีส้มแดงจะเข้าไปอยู่ชั้นครีม (ชั้นบน) ส่วนน้ำอยู่ชั้นล่าง จากนั้นแยกส่วนชั้นครีมและน้ำ นำชั้นครีมไปเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออกจากครีม นำชั้นครีมที่ได้ทั้งหมดไปแช่ในตู้เย็นช่องแช่แข็ง ประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำไปหลอมและเหวี่ยง จะได้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ภาพที่ 4.3) จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเยื่อหุ้มฟักข้าวที่ใช้ในการสกัด ส่วนน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศสีจะเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของมะเขือเทศที่ใช้ในการสกัด (ภาพที่ 4.4) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศมีความเข้มของสีแตกต่างกัน ที่อัตราส่วนเดียวกันน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวสีเข้มกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ในขั้นตอนสุดท้ายของผลิตน้ำมันคือนำน้ำมันที่ได้ไปกรอง และเก็บน้ำมันในขวดแก้วชา

ภาพที่ 4.3 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว

ภาพที่ 4.4 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผลมะเขือเทศหรือเยื่อหุ้มจากฟักข้าว ทำให้ปริมาณน้ำมันลดลง เพราะสารสกัดจากมะเขือเทศหรือเยื่อหุ้มจากฟักข้าวไปจับกับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้น้ำมันแตกตัวออกมาได้น้อย และจะเห็นแนวโน้มของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่ได้มีปริมาณสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าว

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณน้ำมัน (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	18.67±1.76
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	20.15±1.80
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	18.36±.42
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	17.61±.64
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	19.26±1.61
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	16.65±1.48
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	16.80±1.95

การผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศสกัดด้วยวิธีข้างต้นยังมีกลิ่นเนื่องจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ทำให้ได้น้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นหมักคุณภาพต่ำ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันโดยวิธีแช่แข็ง ในการทดลองผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักสดของเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก และการผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักสดของมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก นำส่วนผสมน้ำกะทิสดและสารสกัดมาแช่ที่อุณหภูมิ -4 $^{\circ}$C เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จะเห็นทุกส่วนเป็นของแข็ง จากนั้นให้นำมาหลอมที่อุณหภูมิ ประมาณ 70-80 ^{0}C เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นชั้นบนมีส่วนผสมของครีมกับน้ำ จากแยกน้ำออก นำครีมที่ได้แช่ในช่องแช่แข็งจนกระทั่งครีมแข็งตัว จากนั้นนำไปหลอมอีกครั้ง จะเห็นน้ำแยกออกจากครีม นำครีมไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C แยกส่วนน้ำมันออกมาแล้วกรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ และเก็บในขวดแก้วชา ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

ลำดับที่	ตัวอย่างน้ำมัน	ปริมาณน้ำมัน (%)
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	15.66
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	14.31

4.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มหลักในพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพร ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีหมู่ฟีนอลบนวงแหวนแบนซีน มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกจึงมีความสามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น จากการทดลอง พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (gallic acid) (y = 0.0771x+0.0509) โดย y = ค่าการดูดกลืนแสง และ x = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค (µg/L) R^2 = 0.9945 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่ใช้ในการสกัด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีอยู่ในปริมาณน้อยมาก ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ug/1g oil)

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ug/1g oil
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	14.61 ± 0.07^{a}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	18.85 ± 4.18^{ab}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	28.30 ± 1.98^{abc}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	67.46 ± 8.11^{d}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	$27.58\pm.659^{abc}$

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ug/1g oil) (ต่อ)

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ug/1g oil
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	33.33 ± 1.89^{bc}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	41.41 ± 3.07^{c}

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบไลโคปีนและสารประกอบแคโรทีนอยด์

เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเป็นแหล่งที่ให้สารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีในปริมาณสูง มีหลายเทคนิคที่ใช้ในสกัดสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนจากเยื่อหุ้มฟักข้าว เช่นการใช้ไมโครเวฟ (พรรณิภา ชุมศรี, 2536) และใช้เมทานอลเป็นตัวสกัด ในการทดลองนี้ได้สกัดสารสำคัญจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศโดยใช้น้ำมันมะพร้าวซึ่งเป็นตัวทำละลายธรรมชาติ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์รวมได้จากการนำสารละลายที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีนที่มีความเข้มข้น 0-10 ppm ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณสารไลโคปีน ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ สามารถคำนวณไลโคปีนได้จากสมการที่ (1)

$$\text{Lycopene} = (3.1206 \times A_{503} \times \text{sample volume} \times 100)/ \text{sample weight} \times 1000 \qquad (1)$$

จากการทดลอง พบว่าสารประกอบไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าวที่ใช้ในการสกัด นอกจากนี้ยังพบว่าที่อัตราส่วนเดียวกันน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์รวมและไลโคปีนสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ แสดงดังตารางที่ 4.5 จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Muller-Maatsch, et al., 2016 พบว่าปริมาณของไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนจากเยื่อหุ้มฝักข้าวสูงกว่ามะเขือเทศและแครอท

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ และเยื่อหุ้มฟักข้าว

ลำดับที่	น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)	ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (mg/g oil)
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	0.423±0.043	0.144±0.017

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ และเยื่อหุ้มฟักข้าว (ต่อ)

ลำดับที่	น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)	ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (mg/g oil)
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	0.970±0.014	0.330±0.002
3	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	2.214±0.0153	0.834±0.024
4	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	13.605±0.218	3.145±0.007
5	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	0.242±0.011	0.050±0.007
6	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	0.553±0.024	0.105±0.002
7	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	0.588±0.011	0.116±0.003
8	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ 1:1 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	2.138±0.032	0.293±0.009

4.4 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะที่ไม่มีแสง

4.4.1 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะที่ไม่มีแสง

ในการทดลองได้ทดสอบความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของเยื่อหุ้มฟักข้าวหรือมะเขือเทศ 0.9 โดยน้ำหนัก ภายใต้สภาวะมีแสงและไม่มีแสง พบว่าภายใต้สภาวะที่มีแสง ปริมาณสารประกอบไลโคปีนและแคโรทีนอยด์จะลดลงมากกว่าภายใต้สภาวะไม่มีแสงเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ดังตารางที่ 4.5

แสดงว่าไลโคปีนและแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนแสง ดังนั้นเพื่อป้องกันการสลายตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ต้องจัดเก็บไว้ในภาชนะทึบแสง

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง

ระยะเวลา (week)	ปริมาณไลโคปีน(mg/100g oil)		ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/1g oil)	
	มีแสง	ไม่มีแสง	มีแสง	ไม่มีแสง
0	2.373±0.014	2.296±0.014	0.850±0.008	0.865±0.003
3	2.085±0.014	2.028±0.014	0.796±0.004	0.812±0.005
9	1.185±0.014	1.922±0.014	0.645±0.016	0.799±0.021
12	0.800±0.014	1.850±0.014	0.379±0.285	0.800±0.005

4.4.2 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะที่ไม่มีแสง

ในการทดลองได้ทดสอบความคงตัวไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศโดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก ภายใต้สภาวะมีแสงและไม่มีแสง พบว่าภายใต้ภาวะที่มีแสงปริมาณไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่มีแสง ดังตารางที่ 4.6 ผลการทดลองสอดคล้องกับความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง

ระยะเวลา	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)		ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (mg/1g oil)	
	มีแสง	ไม่มีแสง	มีแสง	ไม่มีแสง
เริ่มต้น	0.503 ± 0.014^{c}	0.491 ± 0.014^{c}	$0.101\pm0.003^{a,b}$	$0.101\pm0.001^{a,b}$

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารไลโคปีนและสารกอบแคโรทีนอยด์รวมในในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง (ต่อ)

ระยะเวลา	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)		ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (mg/1g oil)	
	มีแสง	ไม่มีแสง	มีแสง	ไม่มีแสง
3 สัปดาห์	$0.391\pm0.014^{b,c}$	0.355 ± 0.014^{b}	0.068 ± 0.005^{a}	0.065 ± 0.003^{a}
6 สัปดาห์	$0.390\pm0.014^{b,c}$	$0.425\pm0.014^{b,c}$	$0.083\pm0.003^{a,b}$	$0.092\pm0.007^{a,b}$
9 สัปดาห์	0.229 ± 0.014^{a}	0.350 ± 0.014^{b}	0.063 ± 0.005^{a}	$0.115\pm0.004^{a,b}$
12 สัปดาห์	0.170 ± 0.014^{a}	$0.454\pm0.014^{b,c}$	0.058 ± 0.003^{a}	$0.089\pm0.002^{a,b}$

4.5 ความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ

4.5.1 ความคงตัวของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ

ในการทดลองได้ทดสอบความคงตัวของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ จากการทดลอง พบว่าปริมาณของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว และน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีแนวโน้มลดลงมากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.7 แสดงว่าไลโคปีนเป็นสารประกอบที่สลายตัวได้ง่าย ดังนั้นเพื่อป้องกันการสลายตัวต้องจัดเก็บไลโคปีนไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 $^{\circ}$C

ตารางที่ 4.7 ความคงตัวของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ ต่ออุณหภูมิต่าง ๆ

น้ำมันตัวอย่าง	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)				
		4 ℃	60 ℃	70 ℃	80 ℃	90 ℃
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	1	0.408	0.410	0.357	0.404	0.435
	2	0.378	0.392	0.516	0.406	0.413
	3	0.395	0.434	0.361	0.279	0.280
	4	0.397	0.427	0.395	0.303	0.276
	5	0.370	0.393	0.395	0.406	0.350
	6	0.396	0.390	0.372	0.319	0.291

ตารางที่ 4.7 ความคงตัวของไลโคปีนในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ ต่ออุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

น้ำมันตัวอย่าง	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไลโคปีน (mg/100g oil)				
		4 ℃	60 ℃	70 ℃	80 ℃	90 ℃
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว	1	2.272	2.293	2.122	2.089	2.137
	2	2.240	2.214	2.092	2.067	1.956
	3	2.348	2.313	2.209	1.913	1.827
	4	2.296	2.287	2.161	1.910	1.757
	5	2.228	2.144	2.188	1.942	1.752
	6	2.180	2.202	2.040	1.886	1.783

4.5.2 ความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ

ในการทดลองได้ทดสอบความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่างๆ จากการทดลอง พบว่าปริมาณของแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีแนวโน้มลดลงน้อยมากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.8 แสดงว่าแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมีความคงตัวต่ออุณภูมิสูงกว่าไลโคปีน แต่อย่างไรก็ตามควรจะจัดเก็บน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการสลายตัวของแคโรทีนอยด์รวม

ตารางที่ 4.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ หรือฟักข้าว 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตัวอย่าง	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/1g oil)				
		4 ℃	60 ℃	70 ℃	80 ℃	90 ℃
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	1	0.073	0.061	0.062	0.075	0.086
	2	0.067	0.073	0.106	0.077	0.079
	3	0.074	0.078	0.065	0.042	0.042
	4	0.074	0.076	0.075	0.050	0.046
	5	0.066	0.071	0.076	0.075	0.063
	6	0.091	0.072	0.067	0.056	0.053

ตารางที่ 4.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักของมะเขือเทศ หรือฟักข้าว 0.9 โดยน้ำหนักในสภาวะที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ตัวอย่าง	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/1g oil)				
		4 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว	1	0.830	0.813	0.818	0.822	0.854
	2	0.820	0.838	0.816	0.822	0.825
	3	0.851	0.845	0.849	0.791	0.792
	4	0.841	0.841	0.833	0.796	0.783
	5	0.817	0.817	0.849	0.807	0.785
	6	0.815	0.837	0.815	0.800	0.806

4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

4.6.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging

งานวิจัยนี้เลือกวิธี DPPH ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันตัวอย่าง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยหรือสารออกฤทธิ์สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ โดยมีหลักการคือ สารเคมีชนิดนี้เป็นอนุมูลอิสระ และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นสูงสุด 515 นาโนเมตร ทำให้มองเห็นเป็นสีม่วง

$$DPPH^{\bullet} + (AH)_n \longrightarrow DPPH\text{-}H + (A^{\bullet})_n$$

อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น ($A^{\bullet}$) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical – radical interaction) โดยกระบวนการ radical disproportionation ได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว

$$DPPH^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow DPPH\text{-}A$$
$$A^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow A\text{-}A$$

เมื่ออนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ ถูกรีดิวซ์โดยได้รับโปรตอนก็จะเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง ดังนั้นการลดลงของอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ จึงเป็นดัชนีที่สามารถวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารที่ใช้ทดสอบได้ จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ ซึ่งแสดงโดยค่า IC_{50} ซึ่งค่าที่ได้มีความหมายว่า IC_{50} ที่น้อยจะแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง พบว่าค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ วัดค่าการดูดกลืนแสดงด้วยเครื่อง UV-Visible ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า IC_{50} ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดย

วิธี DPPH สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศที่ใช้ในการสกัด ดังตารางที่ 4.9 พบว่า น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ที่อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ และสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศทุกอัตราส่วน

ตารางที่ 4.9 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ โดยวิธี DPPH

ลำดับที่	ตัวอย่างน้ำมัน	IC_{50}(g/ml)
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	3.891±0.133
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	3.658±0.040
3	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	3.100±0.050
4	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	0.052±0.004
5	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	2.314±0.009
6	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	3.250±0.263
7	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	3.336±0.014
8	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1.โดยน้ำหนัก)	0.135±0.002
9	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	3.393±0.329

4.6.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวิธี ABTS

จากผลการศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ABTS cation radical ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt) Radical Scavenging Assay (Chaichana *et al.,* 2009) วิเคราะห์โดยใช้ reagent คือ 2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเขียว ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

การคำนวณ $\%\ \text{Inhibition} = \left(\frac{\text{Abs control-Abs sample}}{\text{Abs control}}\right) \times 100$

การศึกษาใช้น้ำมันตัวอย่าง เข้มข้น 0.04 g/ml พบว่าร้อยละการยับยั้ง ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศต่ำกว่าน้ำมันมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ดังแสดงในตารางที่ 4.11 แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีร้อยละการยับยั้งสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เพราะในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระแคโรทีนอยด์และไลโคปีน ส่งผลทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง หรือร้อยละการยับยั้งสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตารางที่ 4.10 ร้อยละการยับยั้งที่ความเข้มข้น 0.04 g/ml ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ โดยวิธี ABTS

ลำดับที่	น้ำมันตัวอย่าง	ร้อยละการยับยั้งที่ความเข้มข้น 0.04 g/ml
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	21.328±0.115
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	36.676±0.067
3	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	71.516±0.067
4	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	15.019±0.067
5	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	28.202±0.067
6	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	21.704±0.067
7	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	12.712±0.000

เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ เทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เช่น Torlox, L-ASCORBIC ACID และ***α***-Tocopherol พบว่า น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว แต่น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงใกล้เคียงกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ***α***-Tocopherol (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศและสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ด้วยวิธี ABTS

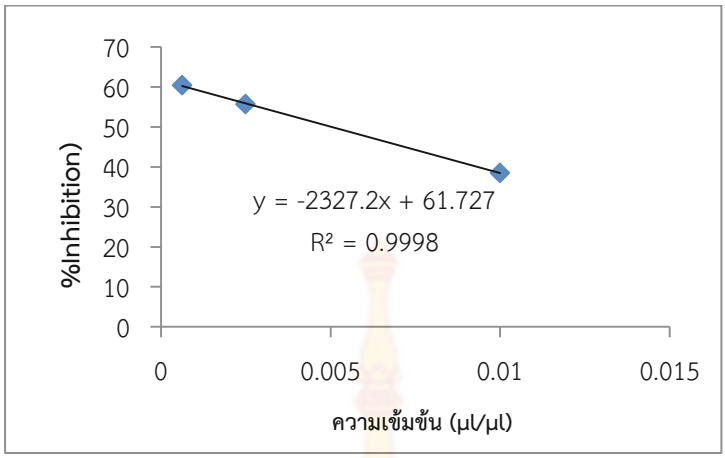
ลำดับที่	น้ำมันตัวอย่าง	IC_{50} (g/ml)
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	0.007±0.000
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	0.036±0.001
3	Torlox	0.0032±0.0001
4	L-ASCORBIC ACID	0.0024±0.0000
5	***α***-Tocopherol	0.0078±0.0001

4.7 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด

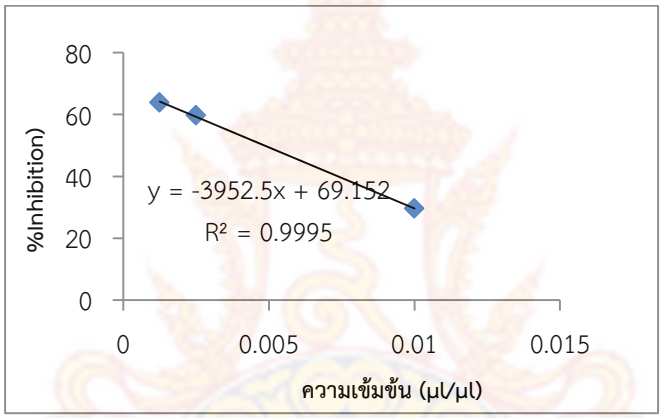
จากการทดลองได้ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ และน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว โดยใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นตัวควบคุม (control) พบว่าเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น ร้อยละการรอดของเซลล์ (% cell survival) จะลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 ภาพที่ 4.5 และภาพที 4.6 จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ค่า IC_{50} (0.0048 g/ml) ใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (0.0050 g/ml) ดังตารางที่ 4.13 แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.12 ร้อยละการรอดของเซลล์เมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มข้าวและมะเขือเทศ

ความเข้มข้นของน้ำมันตัวอย่าง (ul/ul)	ร้อยละการรอดของเซลล์	
	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว
0.01	38.49	29.56
0.005	60.46	63.50
0.0025	55.74	59.73
0.00125	55.27	63.82
0.000625	60.41	80.02



ภาพที่ 4.5 ร้อยละการยับยั้งของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ



ภาพที่ 4.6 ร้อยละการยับยั้งของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว

ตารางที่ 4.13 IC_{50} จากการใช้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศและมะเขือเทศ

ลำดับที่	น้ำมันตัวอย่าง	IC_{50} (g/ml)
1	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	0.0048±0.000
2	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ 1:1 (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	0.0050±0.001

4.8 สมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวหรือมะเขือเทศ

4.8.1 ความคงตัวของน้ำมันต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ทดสอบความคงตัวด้วยเครื่อง rancimate ที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C, Gas flow 20.0 L/hr พบว่าแนวโน้มค่า Induction time (hr) ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของเยื่อหุ้มฟักข้าวและผลมะเขือเทศ ดังตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นลดความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน และพบว่าค่า induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ชี้ให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีความคงตัวสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันมะพร้าวได้ที่อุณหภูมิสูง ในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระไลโคปีนสูง ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สลายตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระไลโคปีนไม่สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันมะพร้าวได้ จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีความคงตัวต่ำที่อุณหภูมิสูง พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 มี Induction time สูงที่สุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับน้ำมันตัวอย่างอื่นๆ

ตารางที่ 4.14 Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

น้ำมันตัวอย่าง	Induction time (hr)
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	19.85±0.27^{bc}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก	23.17±0.50^{cd}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	19.15±0.47^{ab}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	15.85±0.31^{a}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	48.74±2.14^{f}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	27.37±0.77^{e}

ตารางที่ 4.14 Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ (ต่อ)

น้ำมันตัวอย่าง	Induction time (hr)
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:06 โดยน้ำหนัก)	24.73 ± 1.13^{de}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	22.46 ± 1.50^{bcd}
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	18.90 ± 0.06^{ab}

หมายเหตุ *มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% Mean ± S.D. (N=3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์มีนัยสำคัญทางสถิติ Ducan teat of ANOVA ($p<0.05$)

4.8.2 การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระบ่งชี้ถึงระดับการเหม็นหืน ซึ่งการเหม็นหืนของน้ำมันส่วนหนึ่งเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำมัน โดยมีเอนไซม์ไลเปสและความชื้นทำให้ไตรกลีเซอไรด์เกิดการสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระ ดังนั้นถ้าปริมาณของกรดไขมันอิสระสูง แสดงว่าเกิดการเหม็นหืนแบบ hydrolytic rancity มาก ในทางกลับกันถ้าปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ แสดงว่าเกิดการหืนแบบ hydrolytic rancity ต่ำ ซึ่งจากการทดลองพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน APCC (< 0.5%)

ตารางที่ 4.15 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

น้ำมันตัวอย่าง	กรดไขมันอิสระ (%FFA)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.482
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	0.405
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	0.549
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	0.405
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	0.379

ตารางที่ 4.15 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ (ต่อ)

น้ำมันตัวอย่าง	กรดไขมันอิสระ (%FFA)
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	0.313
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจาก มะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	0.548

4.9 ฤทธิ์ยับยั้งต้านเบาหวาน

จากการทดลองทดสอบมีฤทธิ์ยับยั้งเบาหวานพบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีฤทธิ์ยับยั้งเบาหวาน โดยน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีฤทธิ์ยับยั้งเบาหวาน (IC_{50} = 8.2537 mg/ml) น้อยกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (IC_{50} = 3.983 mg/ml) โดยใช้ เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เป็นตัวควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวานของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

ความเข้มข้น (mg/ml)	ร้อยละการยับยั้ง	
	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว	น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ
1	37.19	35.37
2	39.84	40.86
4	42.19	49.49
6	44.06	65.96
8	49.84	69.88
IC 50	8.25	3.98

4.10 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ (Hep-G2)

การทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ (Hep-G2) ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว จากการทดลองพบว่า น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวสามารถต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับได้ โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์ได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น >1,000 µg/mL โดยเปอร์เซ็นต์เซลล์มะเร็งตับที่เพิ่มจำนวนหลังได้รับสารตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (% cell growth, %G) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่างทดสอบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีความเข้มของสีแตกต่างกัน เมื่อเพิ่มปริมาณผลมะเขือเทศหรือเยื่อหุ้มจากฟักข้าว ทำให้ปริมาณน้ำมันลดลง เพราะสารสกัดจากมะเขือเทศหรือเยื่อหุ้มจากฟักข้าวไปจับกับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้น้ำมันแตกตัวออกมาได้น้อย จากการผลิตพบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่ได้มีปริมาณสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศมีปริมาณน้อยมาก จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazylและ ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid) พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ จากการศึกษาความคงตัวของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศในระหว่างการจัดเก็บในที่มืดและที่มีแสงสว่าง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศที่จัดเก็บในที่มืดลดลงน้อยกว่าการจัดเก็บภายใต้แสงสว่าง น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว มีไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ ไลโคปีนและแคโรทีนอยด์รวมน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศสลายตัวได้ง่ายในสภาวะที่มีแสงและอุณหภูมิสูง น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดและฤทธิ์ต้านเบาหวาน น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับ

บรรณานุกรม

กันทิมา สิทธิธัญกิจ และ วิมลนารถ ประดับเวทย์. 2548. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพและความงาม. พฤศจิกายน 30; กลุ่มงานพัฒนาวิชาการฯ สถาบันการแพทย์แผนไทย : กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2548. 13 หน้า

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2541. เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีอาหาร. นครราชสีมา: สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2550. มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2550. ชมรมอนุรักษ์และพัฒนาน้ำมันมะพร้าวแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ 32 หน้า.

ปาจรีย์ ศรีอทธา. ไลโคปีจากมะเขือเทศกับบทบาทต่อสุขภาพและโรคเรื้อรังในคน. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร. ปีที่ 21-22 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2544-2545.148-159.

ลลิตา อัตนโถ. 2548. การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เมษายน – มิถุนายน. ปีที่ 20. ฉบับที่ 2. หน้า 67-72.

วีณา จิรัจฉริยากูล. 2543. มะเขือเทศ [จุลสาร]. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

Abushita, AA., Daood, HG., Biacs, PA., 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamin in tomato as a function of varietal and technological factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48, 2075-2081.

Anese, M., Falcone, P., Fogliano, V., Nicolo, MC., Massini, R., 2002. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. Journal of Food Science. 67(9), 3442-3446.

Al-Wandawi, H., Abdul-Rahman, M., Al-Shaikhly, K., 1985. Tomato processing wastes as essential raw materials source. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 33, 804 – 807.

Bawalan, DD., Chapman, K.R., 2006. Virgin coconut oil production manual for micro and village-scale processing**.** Bangkok FAO: Regional Office for Asia and the Pacific. 112 p.

Bhatnagar, A.S., Prasanth Kumar, P.K., Hemavathy, J., Gopala Krishna, A.G., 2009. Fatty acid Composition, Oxidative stability, and Radical Scavenging Activity of Vegetable Oil Blends with Coconut oil. J Am Oil Chem Soc. 86,991-999.

Bramley, PM., 2000. Is lycopene beneficial to human health Phytochemistr. 54, 233-236.

Cadoni, E., De Griorgi, MR., Medda, E., Poma, G., 2000. Supercritical CO_2 extraction of lycopene and β-carotene from ripe tomatoes. Dyes Pigment. 44, 27-32.

Calligaris, S., Falcone, P., Anes, M., 2002. Color changes of tomato purees during storage at freezing temperatures. Journal of Food Science. 67(6), 2432-2435.

Crawford, MJ., 2000. Fighting free radicals: antioxidants to the rescue. Healthy&Natueal, 7(3).

Damsud, T., Grace, M.H., Adisakwattana, S., Phuwapraisirisan, P., 2014. Orthosiphol A from the aerial parts of Orthosiphon aristatus is putatively responsible for hypoglycemic effect via alpha-glucosidase inhibition. Natural Product Communications 9(5), 639-641.

Dayrit, F.M., Buenafe O.E., Chainani E.T., de Vera, I.M., 2008. Analysis of monoglycerides, diglycerides, sterols, and fatty acids in coconut (Cocos nucifera L.) oil by 31P NMR spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 56, no. 14, p. 5766-5769.

Edge, J., McGarvey, DJ., Truscott, T.G., 1997. The carotenoids as anti-oxidants-a review. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 41, 189-200.

Halliwell, B., 2009. The wanderings of a free radical. *Free Radical Biology and Medicine* 46, 531-542.

Howell, N.K., Saeed, S., 1999. The effect of antioxidants on the production of lipid oxidation products and transfer of free radicals in oxidized lipid-protein systems. In: TK Basu, NJ Temple, ML Garg, eds., Antioxidants in Humman Health and Disease, 43-54.

Jensen, S.L., Acta chem,scand., 1962. Cite in Goodwin TW. Chemistry and biochemistry of plant pigments. 17, 500. London: Academic Press Inc, 1967

Karrer, P., Jucker, E., Carotenoids. Amsterdam: Elsevier, 1950. Cite in Goodwin TW. Chemistry and biochemistry of plant pigments. London: Academic Press Inc, 1967.

Lea, PJ., Leegood, RC., 1999. Plant biochemistry and molecular biology. 2nd ed. England: John Wiley & Sons.

López, J., Ruiz, RM., Ballesteros, R., Ciruelos, A., Ortiz, R., 2001. Color and lycopene content of several commercial tomato varieties at different harvesting dates. Proc. 7th Int. Symp. On Processing Tomato. Ed. T. K. Hartz. Acta Hort 524.

Marina, A.M., Che Man, Y.B., Amin, I., 2009. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. Trends in Food Science & Technology. 20, 481-487.

McClaim, RM., Bausch, J., 2003. Summary of safety studies conducted with synthetic lycopene. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 37, 274-285.

Moss, BW., Millar, SJ., Kilpatrick, DJ., 2000. The use of discriminant analysis for the interpretation of the reflectancespectra of irradiated porcine longissmus dorsi. Meat Science. 55 (3), 337-348.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M., 2001. Antioxidant in food practical applications. USA: Woodhead Publishing Ltd.

Sharma, SK., Maguer, ML., 1996. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. Food Research International. 29, 309 – 375.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A., and Saura-Calixto. J., 2000. Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. *Nutrition Research 2,* 941-953.

Stahl, W., Sies, H.,1996. Perspective in biochemistry and biophysics. Lycopene: a biologically .

Takeoka, GR., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, DM., Sewell, WT., Huebner, B., Bertow, D., Ebeler, SE., 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49, 3713-3717.

Tenda, E.T., Tulato, M.A. and Novarianto, H., 2009. Diversity of oil and medium fatty acid content of local coconut cultivars grown on different altitudes. Indonesia Journal of Agriculture. 2(1), 6-10.

Tonucci, LH., Holden, JM., Beecher, GR., Khachik, F., Davis, CS., Mulokozi, G., 1995. Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43, 579-586.

USDA Nutrient database for standard reference [online] 14 July 2001 [cite 28 Jan 2004] Avilable from: http//www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/nut search. Pl.

Watada, AE., Norris, KH., Worthington, JT., Massie, DR., 1976. Estimation of chlorophyll and carotenoid contents of whole tomato by light absorbance technique. Journal of Food Science. 41, 329-332.

Yang, J.H., et al., 2000. Antioxidant and related compounds. Baosci Biotechnol. *Journal of Biochemistry & Cell Biology. 61*, 1646-1649.important carotenoid for humans. Arch. Biochem. Biophys. 336, 1-9.

ภาคผนวก ก

1. **ศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าวและน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ**

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศและเยื่อหุ้มฟักข้าว

น้ำมันตัวอย่าง	ครั้งที่	ปริมาณน้ำมัน (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	1	19.92
	2	17.424
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	1	21.42
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	2	18.87
น้ำมันมะพร้าวผสมสาร สกัดจากมะเขือเทศ	1	18.06
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	2	18.66
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ	1	18.06
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	2	17.16
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากฟักข้าว	1	18.12
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	2	20.4
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากฟักข้าว	1	17.7
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	2	15.6
น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารสกัดจากฟักข้าว	1	18.18
(ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	2	15.42

ภาพผนวกที่ 1 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากฟักข้าว

ภาพผนวกที่ 2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากมะเขือเทศ

2. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ug/1g oil) ของน้ำมันตัวอย่าง

sample	ครั้งที่	ug/1g oil	mg/1g oil
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	1	14.6605	0.0147
	2	14.5546	0.0146
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	21.8088	0.0218
	2	15.9003	0.0159
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	29.6997	0.0297
	2	26.8952	0.0269
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	73.1917	0.0732
	2	61.7266	0.0617
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	27.1109	0.0271
	2	28.0428	0.0280
	3	34.5761	0.0346
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	1	32.0850	0.0321
	2	32.3975	0.0324
	3	35.5140	0.0355
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	44.8462	0.0448
	2	38.9210	0.0389
	3	40.4697	0.0405

3. การวิเคราะห์สารประกอบแคโรทีนอยด์

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 2 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเฮกเซนให้ได้ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์เทียบกับสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีนที่มีความเข้มข้น0-10 ppm

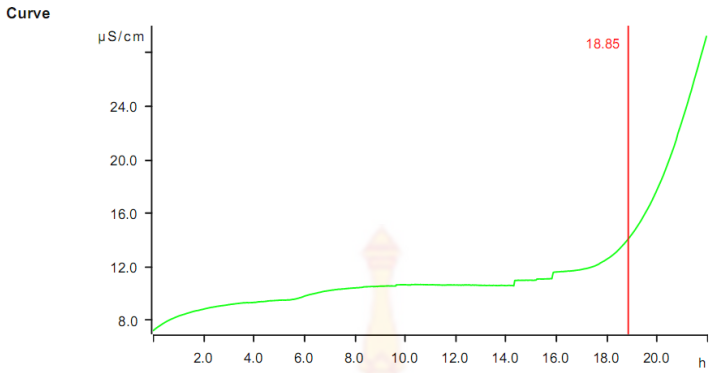
ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณสารกอบแคโรทีนอยด์ของน้ำมันตัวอย่าง

น้ำมันตัวอย่าง	ครั้งที่	สารประกอบแคโรทีนอยด์ (ug/1g oil)
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	1.661878
	2	1.33714
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	1	10.63984
	2	10.2578
	3	11.2129
น้ำมันมะพร้าวผสมมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	13.31413
	2	11.78597
	3	12.93209
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	22.67413
	2	15.7974
	3	15.7974
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	1	53.42844
	2	54.0015
	3	53.23742
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	156.3885
	2	145.8824
	3	147.2195

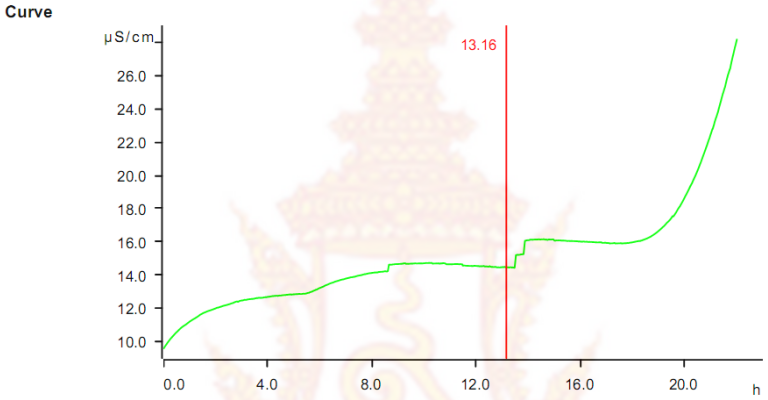
4. ความคงตัวของน้ำมัน

ตารางภาคผนวกที่ 4 ทดสอบความคงตัวด้วยเครื่อง rancimate ที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C, Gas flow 20.0 L/h

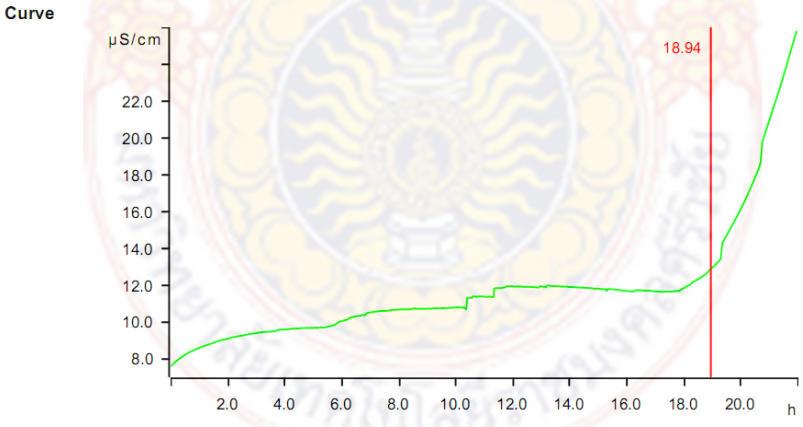
น้ำมันตัวอย่าง	ครั้งที่	Induction time (hr)
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (COG 1:0.5) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 1:0.5 โดยน้ำหนัก)	1	20.03
	2	19.54
	3	19.99
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (COG 3:0.3) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	23.31
	2	22.62
	3	23.59
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (COG 3:0.6) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	1	19.31
	2	19.52
	3	18.62
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (COG 3:0.9) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อเยื่อหุ้มฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	16.12
	2	15.93
	3	15.52
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (COT 1:1) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 1:1 โดยน้ำหนัก)	1	50.63
	2	46.36
	3	48.42
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (COT 3:0.3) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.3 โดยน้ำหนัก)	1	26.48
	2	27.86
	3	27.76
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (COT 3:0.6) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก)	1	24.55
	2	23.70
	3	25.94
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (COT 3:0.6) (ใช้อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อมะเขือเทศ3:0.9 โดยน้ำหนัก)	1	22.28
	2	21.06
	3	24.05
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (VCO)	1	18.85
	2	13.16
	3	18.94



ภาพผนวกที่ 3 (a)

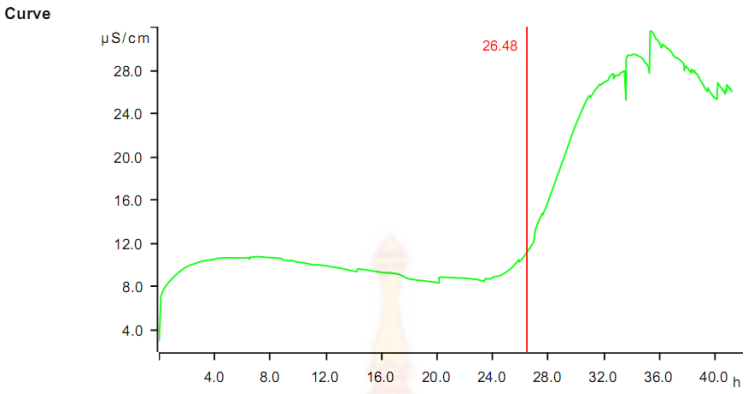


ภาพผนวกที่ 3 (b)

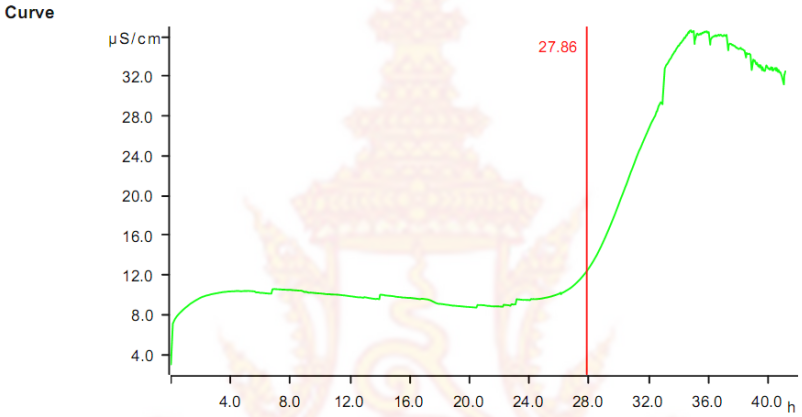


ภาพผนวกที่ 3 (c)

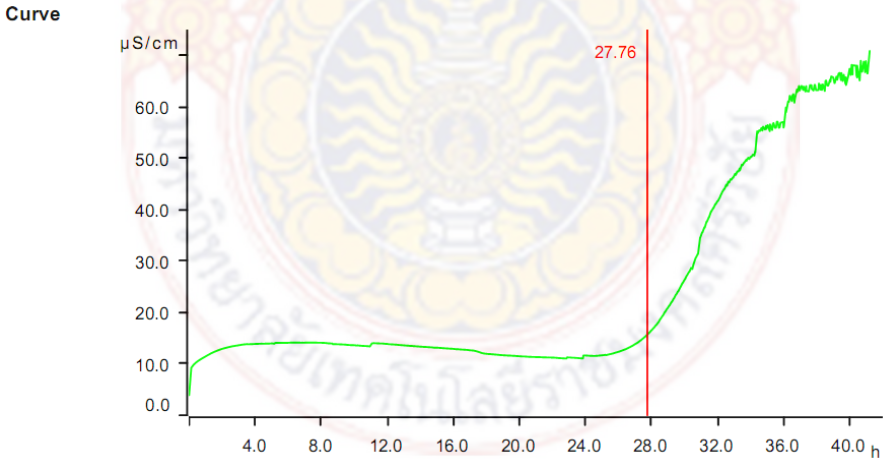
ภาพผนวกที่ 3 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เท่ากับ 18.85, 13.16, 18.94 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 4 (a)

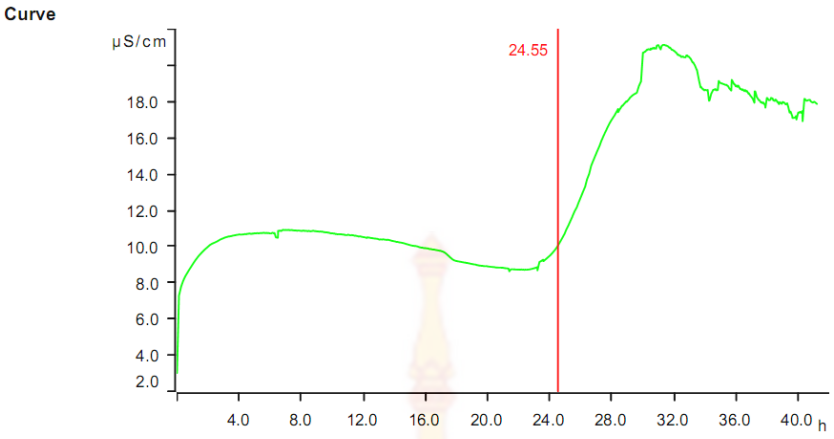


ภาพผนวกที่ 4 (b)

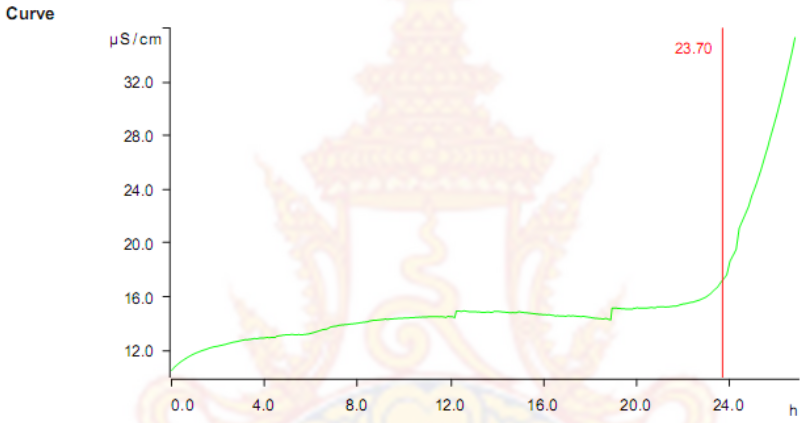


ภาพผนวกที่ 4 (c)

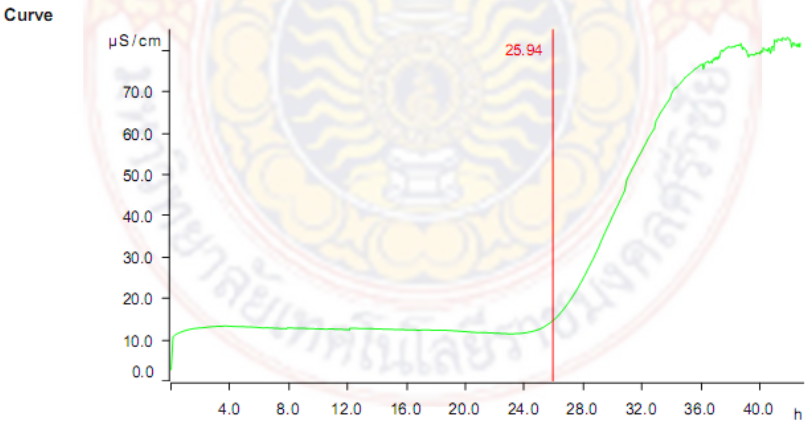
ภาพผนวกที่ 4 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3 : 0.3 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 26.48, 27.86, 27.76 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 5 (a)

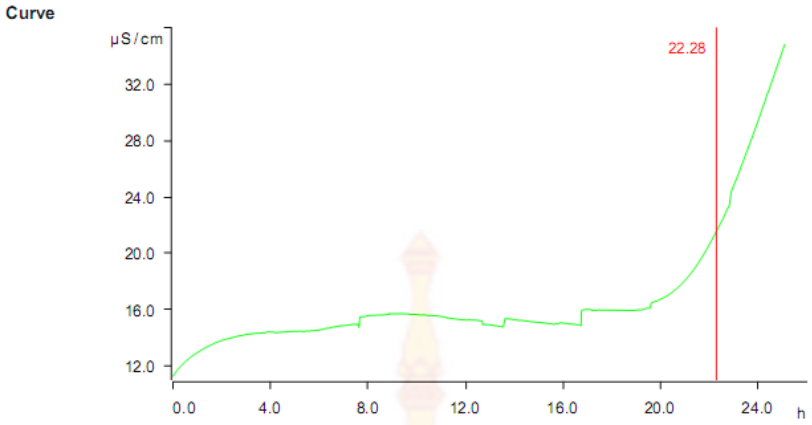


ภาพผนวกที่ 5 (b)

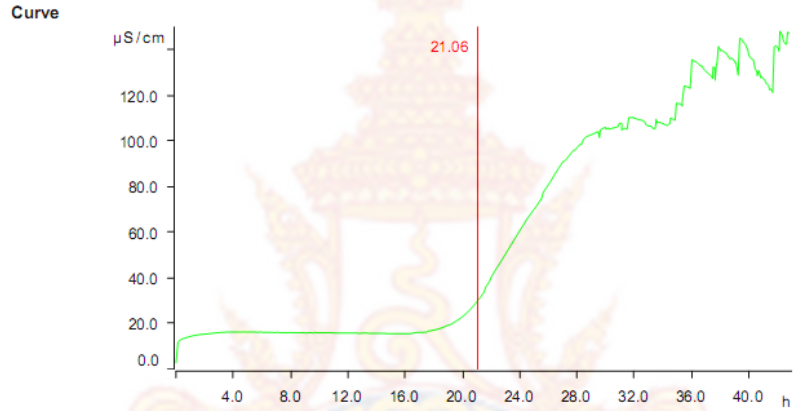


ภาพผนวกที่ 5 (c)

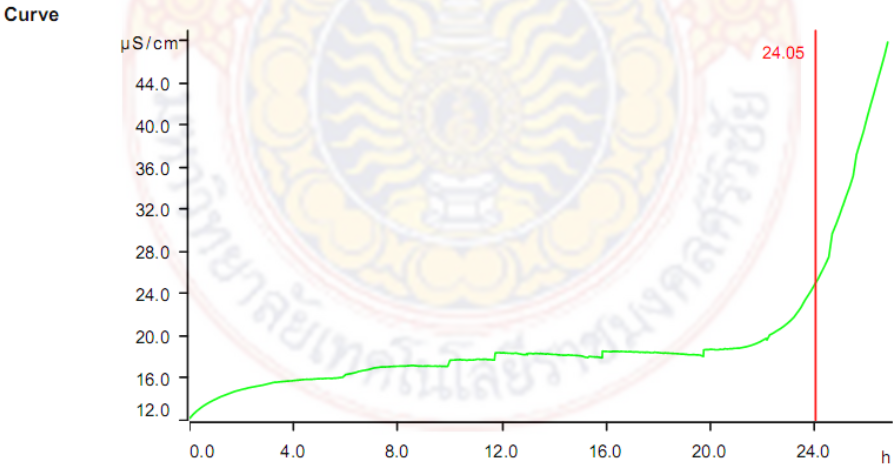
ภาพผนวกที่ 5 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3:0.6 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 24.55, 23.70, 25.94 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 6(a)

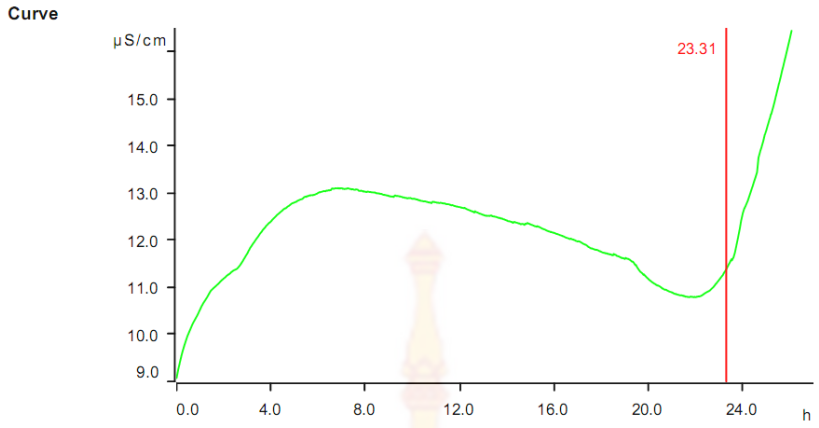


ภาพผนวกที่ 6(b)

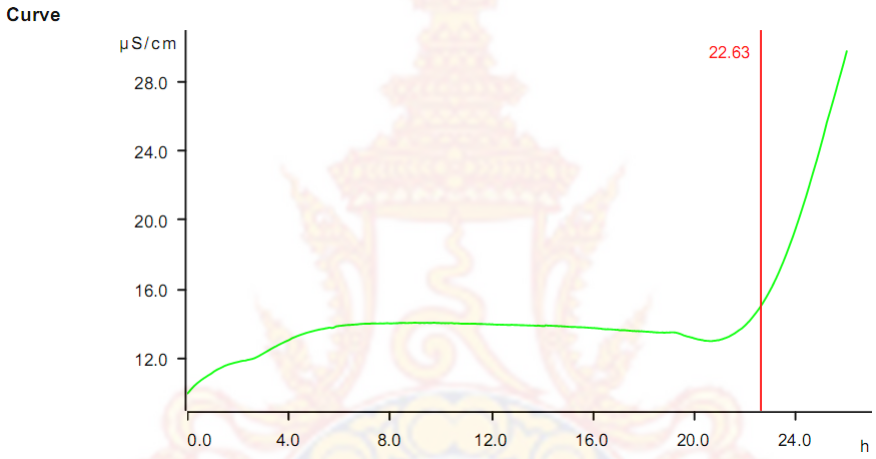


ภาพผนวกที่ 6 (c)

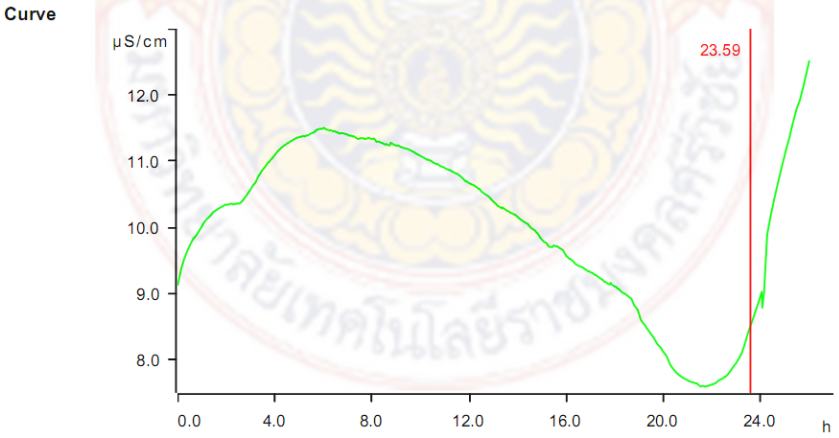
ภาพผนวกที่ 6 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : มะเขือเทศ 3:0.9 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 22.28, 21.06, 24.05 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 7 (a)

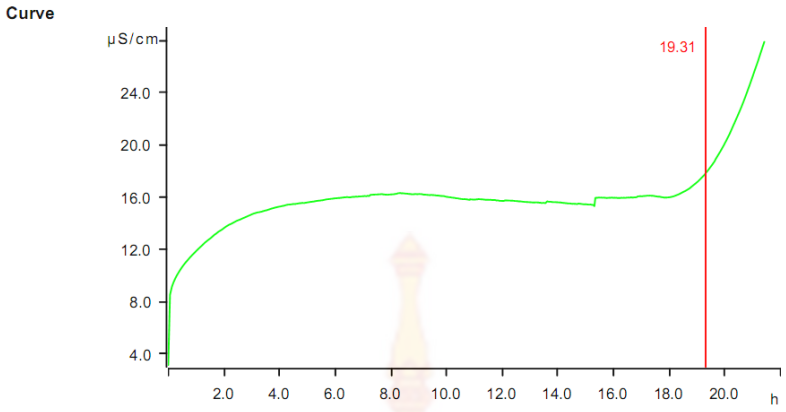


ภาพผนวกที่ 7 (b)

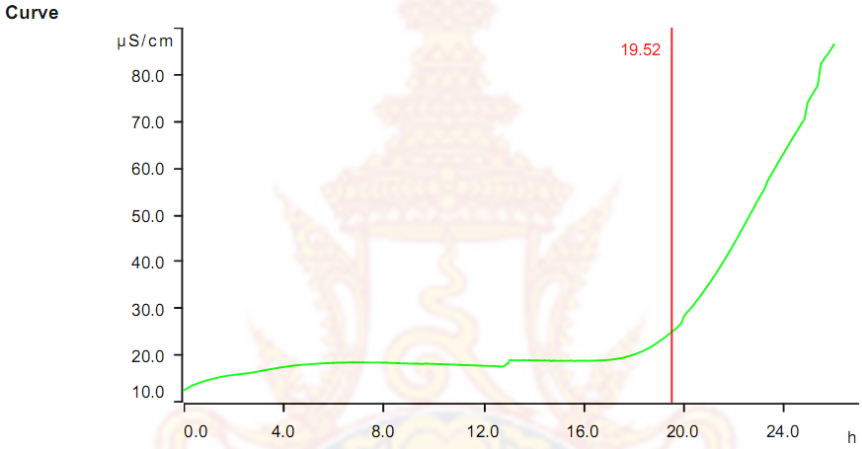


ภาพผนวกที่ 7 (c)

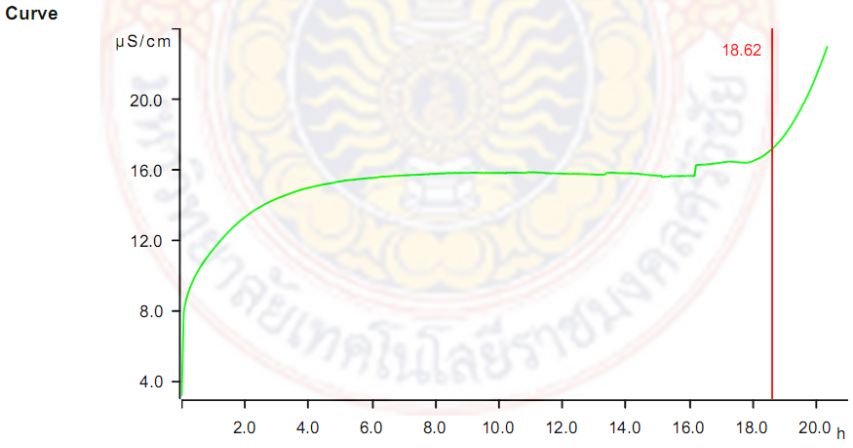
ภาพผนวกที่ 7 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.3 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 23.31, 22.63, 23.59 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 8 (a)

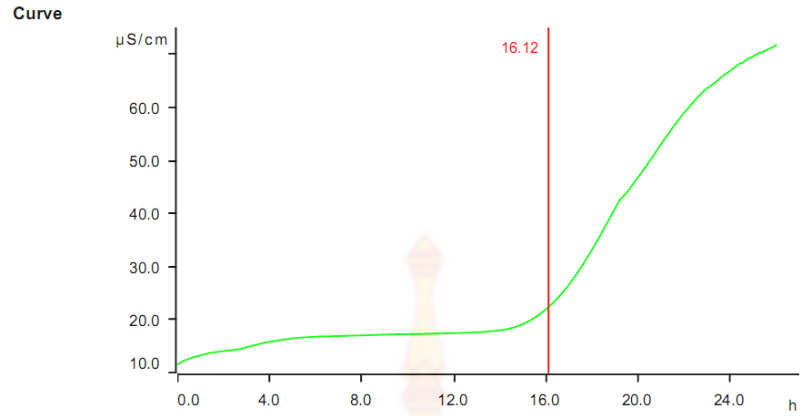


ภาพผนวกที่ 8 (b)

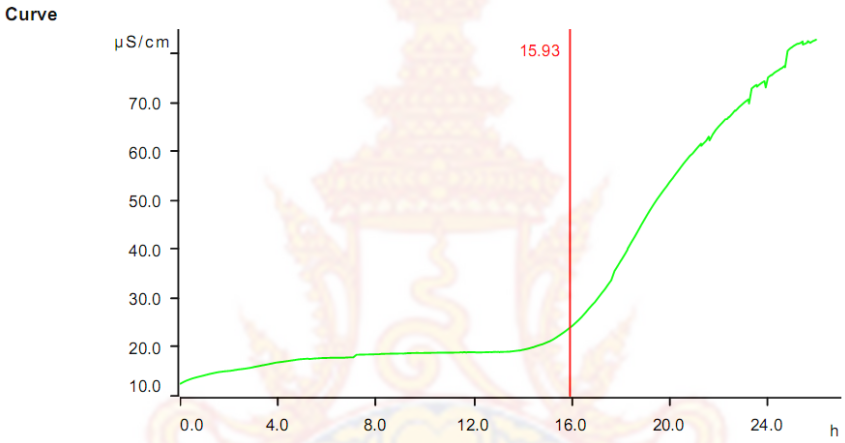


ภาพผนวกที่ 8 (c)

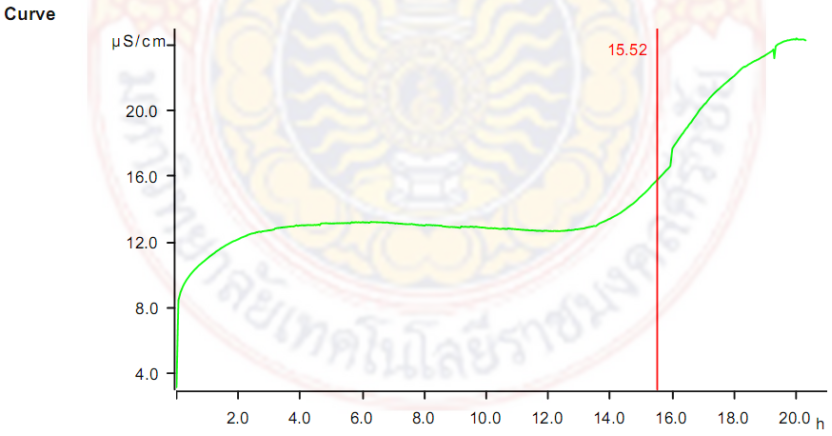
ภาพผนวกที่ 8 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.6 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 19.31, 19.52, 18.62 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h



ภาพผนวกที่ 9 (a)



ภาพผนวกที่ 9 (b)



ภาพที่ 9 (c)

ภาพผนวกที่ 10 (a), (b) และ (c) ค่า Induction time ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากฟักข้าว (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว : ฟักข้าว 3:0.9 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 16.12, 15.93, 15.52 h ตามลำดับ โดย Sample temperature 120 °C , Temperature correction 1.6 °C, Gas flow 20.0 L/h

5. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระ

ตารางผนวกที่ 5 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระโดยการไทเทรต

ตัวอย่างของน้ำมัน	ครั้งที่	น้ำหนักของน้ำมัน	ปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ไป (cm^3)			%FFA
			เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	
VCO	1	5.0172	21	22.3	1.3	0.508
	2	5.0194	23	24.2	1.2	0.469
	3	5.0152	25	26.2	1.2	0.469
COT 3:0.3	1	5.001	27	28	1	0.392
	2	5.0019	28	28.9	0.9	0.353
	3	5.0024	29	30	1	0.392
COT 3:0.6	1	5.0069	30	30.8	0.8	0.313
	2	5.005	31	31.8	0.8	0.313
	3	5.0099	32	32.8	0.8	0.313
COT 3:0.9	1	5.0073	33	34.4	1.4	0.548
	2	5.0099	34.4	35.8	1.4	0.548
	3	5.0041	36	37.4	1.4	0.548
COG 3:0.3	1	5.0086	10	11	1	0.391
	2	5.0054	11	12	1	0.392
	3	5.0024	12	13.1	1.1	0.431
COG 3:0.6	1	5.0004	13.1	14.5	1.4	0.549
	2	5.0027	14.5	15.8	1.3	0.509
	3	5.0018	15.8	17	1.2	0.470
COG 3:0.9	1	5.0037	17	18.1	1.1	0.431
	2	5.0036	18.1	19.1	1	0.392
	3	5.0042	19.2	20.2	1	0.392

ตารางผนวกที่ 6 ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แท้จริงของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ครั้งที่	น้ำหนัก KHP	ปริมาตรสารละลาย NaOH (cm^3)			ความเข้มข้นของ NaOH (M)
		เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	
1	0.4073	0	20.5	20.5	0.097
2	0.4025	21	41.1	20.1	0.098
3	0.4072	0	20.2	20.2	0.099
เฉลี่ย					0.098

6. ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวาน

ตารางผนวกที่ 7 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวานของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าว

ความเข้มข้น (mg/ml)	A540			Blank	A540-Blank			%Inhibition		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3
0.5	0.205	0.204	0.203	0.056	0.149	0.148	0.147	30.156	30.625	31.094
1	0.201	0.208	0.209	0.072	0.129	0.136	0.137	39.531	36.250	35.781
2	0.195	0.202	0.201	0.071	0.124	0.131	0.130	41.875	38.594	39.063
4	0.182	0.183	0.182	0.059	0.123	0.124	0.123	42.344	41.875	42.344
6	0.174	0.175	0.174	0.055	0.119	0.120	0.119	44.219	43.750	44.219
8	0.209	0.207	0.205	0.100	0.109	0.107	0.105	48.906	49.844	50.781
Control	0.213						IC50	8.953	8.136	7.672

ตารางผนวกที่ 8 ฤทธิ์ยับยั้งเบาหวาน ของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากมะเขือเทศ

ความเข้มข้น (mg/ml)	A540			Blank	A540-Blank			%Inhibition		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3
1	0.205	0.216	0.209	0.074	0.135	0.142	0.135	36.471	33.176	36.471
2	0.201	0.199	0.200	0.074	0.126	0.125	0.126	40.706	41.176	40.706
4	0.195	0.180	0.178	0.072	0.106	0.108	0.106	49.176	49.176	50.118
6	0.182	0.139	0.141	0.068	0.073	0.071	0.073	65.647	66.588	65.647
8	0.174	0.143	0.131	0.076	0.055	0.067	0.055	67.059	68.471	74.118
Control	0.213						IC50	4.141	4.026	3.782

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่

1. การนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2018) ระหว่างวันที่ 7 – 9 กุมภาพันธ์ 2560 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบรอบ 60 ปี (The 60th Anniversary of His Majesty the King's Accession to the Throne International Convention Center) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. ผลงานตีพิมพ์ : Pensri Penprapai* and Supamas Intharit. Antioxidant activity and stability of total carotenoid and lycopene in coconut oil with extracts from gac fruit aril and tomato. the 2018 pure and applied chemistry international conference (PACCON 2018), FA 73 – FA 76.