รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

Apply coconut oil with extracted *Curcuma longa* Linn. in Soft Gelatin Capsule as supplementary

เพ็ญศรี เพ็ญประไพ Pensri Penprapai
ธนากรณ์ ดำสุด Thanakorn Damsud
ชุติมา จันทรัตน์ Chutima Jantarat

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2561

การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

เพ็ญศรี เพ็ญประไพ[1], ธนากรณ์ ดำสุด[1], ชุติมา จันทรัตน์[2]

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน และศึกษาคุณสมบัติเคมี ความเป็นพิษต่อเซลล์ คุณภาพและความเสถียรของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน จากการศึกษาพบว่าปริมาณกรดไขมันและค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ ซึ่งอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน APCC สารประกอบเคอร์คูมินอยด์และเคอร์คูมินจากขมิ้นชันสามารถละลายอยู่ในน้ำมันมะพร้าว ส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุในแคปซูลนั้นได้มาตรฐานตามองค์การอาหารและยากำหนด จากการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งตับและลำไส้ใหญ่ พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับและลำไส้ใหญ่ ขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งตับและลำไส้ใหญ่ และนอกจากนี้จากการทดลองยังได้ทำการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งชนิดต่างๆ พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับ ลำไส้ใหญ่และปอดได้ดีในช่วงความเข้มข้น 3.12-100% ขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งท่อน้ำดี มีการศึกษาความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 90, 100, 110, 120 และ130 องศาเซลเซียส พบว่าสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การศึกษาความเสถียรของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุในแคปซูลเจลาติน ในระหว่างการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเพียงเล็กน้อย ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ total plate count และ escherichia coli ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สรุปได้ว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

Apply coconut oil with extracted *Curcuma longa* Linn. in Soft Gelatin Capsule as supplementary

Pensri Penprapai[1], ThanakornDamsud[1], Chutima Jantarat[2]

Abstract

Coconut oil with extracted *C.longa* L. (COL) with high antioxidant such as total phenolic content and total curcuminoid. It can be used in food supplement product. The objectives of this work were to producl COL and study chemical properties, cell cytotoxicity, quality and stability of food supplement product from COL in soft gelatin capsule. COL provides low free fatty acid and low peroxide value which were within the limit of APCC standards. Curcuminoid and curcumin from *C.longe* L. can dissolved in coconut oil resulting COL with high antioxidant activity. Quality of COL in soft gelatin capsule was good accepted for FDA standards. COL can anti liver cancer and anti colon cancer while VCO can not anti these cancer. Cell cytotoxicity was studied by MTT assay. It was found that COL can anti colon cancer, anti liver cancer and anti lung cancer in range concentration of 3.12-100% while VCO can anti cholangiocarcinoma. Stability oxidation of COL was studied at temperature 90, 100, 110, 120 and 130 $^{\circ}$C. It found that total curcuminoid and antioxidant activity was decrease with high temperature. Moreover, stability of COL in soft gelatin capsule was studied during storage at room temperature and 40 $^{\circ}$C. It found that peroxide value, curcuminoied and antioxidant activity shows a little change. Total plate count and escherichia coli was not change. This concluded that COL can be used as food supplement product for health.

keywords: antioxidant activity, total phenolic content, coconut oil with extracted Curcuma longa Linn

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

[2]School of Pharmacy, Walailak University, Tha sala, Nakron sri Thammarat

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ปีงบประมาณ แผ่นดินประจำปี 2561 เป็นงานวิจัยที่ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอังคณา จำปานนท์ และคุณรัชนูญ ทองชู ผู้ช่วยนักวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในส่วนทำการทดลองจนงานวิจัยนี้ได้สำเร็จด้วยดี ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

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	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 น้ำมันมะพร้าว	4
2.2 อนุมูลอิสระ	12
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	17
2.4 ขมิ้นชัน	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี	25
3.2 อุปกรณ์/เครื่องมือ	25
3.3 วิธีการทดลอง	26
3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistic analysis)	31
3.5 สถานที่ทำการทดลอง	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	32
4.2 สมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	33
4.3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	34
4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	36
4.5 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินและสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	37
4.6 วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์	39
4.7 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ	40

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.8 ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งโดยวิธี MTT assay	40
4.9 ศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิต่างๆ	45
4.10 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	46
4.11 ศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์บรรจุแคปซูลระหว่างการเก็บรักษา	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กับน้ำมันมะพร้าว RBD	6
2.2 อนุมูลอิสระที่พบในระบบชีวภาพ	13
2.3 สารประกอบเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ของขมิ้นชัน(Curcuma longa L.)และการออกฤทธิ์	23
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	25
4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	32
4.2 สมบัติเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	34
4.3 IC_{50} จากวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	35
4.4 IC_{50} จากวิธี ABTS ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน เปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ Torlox และ α-Tocopherol	36
4.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร	36
4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	37
4.7 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินและสารคประกอบเคอร์คูมินอยด์ในน้ำมันตัวอย่าง	38
4.8 วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์	39
4.9 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากการทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ	40
4.10 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งตับ	41
4.11 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งเต้านม	41
4.12 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่	42
4.13 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง	43
4.14 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งปอด	43
4.15 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว	44
4.16 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งท่อน้ำดี	45
4.17 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ	46
4.18 ผลการทดสอบปริมาณสารสำคัญ เชื้อจุลินทรีย์ และโลหะหนัก	48
4.19 IC_{50} จากวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	49
4.20 กรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องและ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	50
4.21 สารประกอบเคอร์คูมินอยด์ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส	50
4.22 ค่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.23 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่บรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส 51

ตารางผนวกที่

1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน 58

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 วงจรการเกิดอนุมูลอิสระ	12
2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระกับอนุมูลอิสระ	16
2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์	18
2.4 ลักษณะเหง้าขมิ้นชัน	21
3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	26
4.1 เหง้าของขมิ้นชัน	32
4.2 (ก) น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน (ข) แคปซูลน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	33
4.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid	37
4.4 โครมาโทรแกรมของสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน	39
4.5 โครมาโทรแกรมของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	39
4.6 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวม (µg/1g oil) ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ	47
4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บอุณหภูมิต่างๆ	47
4.8 ผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันในรูปแคปซูลนิ่ม	48

ภาพผนวกที่

1 ลักษณะเหง้าของขมิ้นชัน	57
2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	57
3 แคปซูลน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	58

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย

oxidative stress จาก reactive oxygen species ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารนี้เกิดขึ้นภายในร่างกายจากกระบวนการเมทาบอลิซึมจากอาหารหรือจากการดำรงชีวิต โดยจะทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุล เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอนเอ ทำให้เกิดการเสื่อมทำลายและก่อโรคเรื้อรังตามมา ปฏิกิริยานี้จะเกิดช้าลงถ้ามีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) สารต้านอนุมูลอิสระพบมากในผัก ผลไม้ โดยเฉพาะสมุนไพร จัดเป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่นโรคมะเร็ง หัวใจ เป็นต้น สารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระที่น่าสนใจอีกกลุ่มหนึ่งได้แก่สารประกอบเคอร์คูมินอยด์เป็นสารประกอบหลักที่ให้สีเหลืองถึงสีส้มประกอบด้วย เคอร์คูมิน (Curcumin) เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (Desmethoxycurcumin) และบิส-เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (bis-desmethoxycurcumin) พบมากในพืชสกุลขมิ้น เช่นขมิ้นชันเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่มีความปลอดภัยสูง มีประโยชน์มากมาย เช่นใช้แต่งสีในอาหาร เครื่องสำอาง ใช้เป็นยากันบูด สารต้านการหืน รักษาโรคกลากเกลื้อน ฆ่าเชื้อรา ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย รักษาโรคตับ ป้องกันตับอักเสบ รักษาอาการแน่น จุกเสียด ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเสีย นอกจากนี้สารสกัดจากขมิ้นชันสามารถลดน้ำหนัก ดัชนีมวลกายและแอลดีแอลในเลือด เป็นสารที่มีความปลอดภัยสูง ไม่มีผลข้างเคียงที่เป็นอันตรายและไม่เป็นพิษต่อตับ

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปมักจะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ทางเคมีเป็นตัวทำละลาย เช่นวิธี Maceration และ Percolation วิธีดังกล่าวสามารถทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ แต่มีข้อเสียคือตัวทำละลายดังกล่าวเป็นสารไวไฟ และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานรวมทั้งยังทำลายสิ่งแวดล้อม ส่วนการสกัดบางวิธีที่ใช้ความร้อนเข้าช่วยในการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อน แต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน ซึ่งโดยปกติสารสำคัญจากธรรมชาตินั้นสลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการสกัดสารสำคัญจากเหง้าขมิ้นชันสดโดยมีน้ำมันมะพร้าวเปรียบเสมือนเป็นตัวทำละลาย ในกระบวนการสกัดปราศจากการใช้สารเคมีและไม่ใช้ความร้อน จึงทำให้ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและผู้ปฏิบัติงาน และสามารถลดต้นทุนการผลิต กระบวนการสกัดดังกล่าวเป็นกระบวนการโดยธรรมชาติ ซึ่งทำได้ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ โดยใช้น้ำกะทิเปรียบเสมือนเป็นตัวทำละลายผสมกับสารละลายที่ได้จากเหง้าขมิ้นสด จากนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 2-3 ชั่วโมง จะเห็นการแยกชั้นชั้นน้ำและครีม ในชั้นครีมจะมีองค์ประกอบของน้ำมันและสารสกัดจากเหง้าขมิ้น โดยมีโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอีมัลซิไฟเออร์ จากนั้นน้ำมันค่อยแยกตัวออกมาจากชั้นครีมพร้อมดึงสารสกัดจากเหง้าขมิ้นมาอยู่ในชั้นของน้ำมัน และจะเห็นการแยกตัวของน้ำมันได้อย่างชัดเจนเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง ทำให้

ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเหง้าขมิ้นสด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากเหง้าของขมิ้น เช่น เคอร์คูมินอยด์ (Inkeawsri and Penprapai, 2014)

ส่วนน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียวที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวถึงร้อยละ 92 ซึ่งมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และในน้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดไขมันสายโซ่ขนาดกลาง ร้อยละ 60% ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สามารถย่อยง่ายและเร็ว (Bhatnagar, 2009) เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารในกลุ่มไขมัน นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (Lauric acid) เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 45-55 (Marina, 2009) ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ สามารถชะลอและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ รา โปรโตซัว และไวรัส ดังนั้นงานวิจัยนี้จะสกัดสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากเหง้าขมิ้นชันสดด้วยน้ำกะทิ เป็นวิธีการสกัดปราศจากการใช้สารเคมี ทำได้ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถป้องกันและกำจัดอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุที่ทำให้การเกิดโรคเรื้อรัง เช่นโรคมะเร็ง หัวใจเป็นต้น จึงได้ประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร การบรรจุน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันในแคปซูลเจลาติน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว และมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และที่สำคัญก็คือผู้บริโภคจะได้รับสารอาหารในรูปแบบของเหลวเพื่อประสิทธิผลที่ดีและมีความสะดวกในการับประทาน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อสกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดขมิ้นชัน

2.2 เพื่อทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันต่อเซลล์มะเร็ง

2.3 เพื่อศึกษาสมบัติเคมีและวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบที่สำคัญในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดขมิ้นชัน

2.4 เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้น

2.5 ศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินระหว่างการเก็บรักษา

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 สกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้น โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าว:เหง้าขมิ้น 5:1 โดยน้ำหนัก

3.2. ทดสอบความเป็นพิษโดยใช้สารชื่อ MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl) -2, 5-diphenyltetrazolium bromide) ด้วยวิธีการที่เรียกว่า MTT assay โดยจะทำการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดที่ได้ต่อเซลล์มะเร็งต่างๆคือเซลล์มะเร็งตับ (hep-g2) และเซลล์มะเร็งปากมดลูก (Caski)

3.3 เพื่อศึกษาสมบัติและวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบที่สำคัญในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดขมิ้นชัน

3.3.1 ศึกษาสมบัติโดยวิเคราะห์ค่าดังต่อไปนี้ Free fatty acid, Saponification value, Peroxide value และความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบสำคัญในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดขมิ้นชัน ดังนี้ Total phenolic content, Total curcuminoids และ Curcumin

3.4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันตามมาตรฐาน อย. นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์

3.4.1 คุณภาพหรือมาตรฐานทางเคมี โดยการทดสอบ Heavy metals

3.4.2 คุณภาพหรือมาตรฐานจุลินทรีย์วิเคราะห์เชื้อดังต่อไปนี้ สแตฟฟิโลคอคคัสออเรียส (Staphylococusoureus) คลอสทริเดียม (Clostridium spp.) ซัลโมเนลลา (Samonella spp.) แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli)

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

4.2 ได้แนวทางในการนำเอาน้ำมันมะพร้าว ขมิ้นชัน ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศ มาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เป็นการเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรและเพิ่มมาตรฐานของสินค้าไทย

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (virgin coconut oils : VCO) หรือเรียกอีกอย่างว่า “น้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง” (cold-pressed coconut oil) คือ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวสดโดยวิธีทางกลหรือวิธีทางธรรมชาติ โดยใช้หรือไม่ใช้ความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ควรต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส (ลลิตา, 2548) เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นต่ำ น้ำมันมะพร้าวที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปบริโภคนั้นต้องมีสีใส ประกอบด้วยวิตามินอีธรรมชาติ ไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนและเหม็นเปรี้ยว สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างจากน้ำมันมะพร้าวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดที่เรียกว่า copra-derived oil ซึ่งผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (chemical refining) ผ่านการฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (de-odorsing) ก่อนนำไปบริโภค บางครั้งอาจกล่าวได้ว่าเป็นน้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ (coconut oil) แต่ความจริงแล้วเป็นน้ำมันมะพร้าว RBD ที่ย่อมาจาก **R**efined, **B**leached, **D**e-odorised coconut oil โดยน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้จะมีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น (แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน) ไม่มีรสชาติ และวิตามินอีธรรมชาติ เนื่องจากวิตามินอีได้ถูกกำจัดออกไประหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและใช้สารเคมี (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006)

2.1.1 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, D.D., and Chapman, K.R., 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 จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันมะพร้าวเพื่อไล่ความชื้นและทำการกรอง ข้อเสียของวิธีการนี้คือ เป็นการผลิตในระดับกำลังการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวให้สม่ำเสมอนั้นเป็นไปได้ยาก

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

ค. การสกัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเครื่องไฮโดรลิกและวิธีการสกัดแบบอัดเกลียวนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตเชิงธุรกิจ เนื่องจากต้องลงทุน

เกี่ยวกับเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง 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 หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น

2.1.2 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 2.1 เปรียบเทียบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กับน้ำมันมะพร้าว RBD

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, A.M., Che Man, Y.B. and Nazimah, S.A.H. (2009) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างกัน เนื่องจากถิ่นกำเนิดทางภูมิศาสตร์ (geographical origin) วิธีการผลิตและระยะเวลาในการเก็บ (duration of storage) รวมทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต โดยความร้อนจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลดลง

จากการทดลองของ Nevin, K.G. and Rajamohan, T. (2009) โดยการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากเนื้อมะพร้าวสดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดได้มาทดสอบประสิทธิภาพที่มีต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเอนไซม์ (activity of antioxidant enzyme) และระดับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (lipid peroxidant level) ในหนูทดลองเพศผู้แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าว RBD และน้ำมันถั่ว (groundnut oil) ผลการทดลองพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD และน้ำมันถั่วเหลือง 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 โดยการมีโลหะทรานซิชันเป็นตัวช่วย แล้วเกิดเป็น short-chain unesterifiedaldehyde ซึ่งการเกิดออกซิเดชันของ LDL โดยอนุมูลอิสระนี้ถือเป็นกุญแจสำคัญของการเกิดโรคท่อเลือดแดงและหลอดเลือดแดงแข็ง สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นี้สามารถป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือดได้โดยไปยับยั้งการเกิด lipid peroxidation นอกจากนี้ยังทำให้น้ำมันมะพร้าว RBD บริสุทธิ์ (refing) ยังส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิก (phenolic contents) โดยพบว่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าว RBD มีค่าต่ำสุดอาจเนื่องมาจากน้ำมันมะพร้าว RBD ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดโดยใช้วิธีการหมักมีค่ากรดไขมันอิสระสูง ทำ

ให้มีปริมาณน้ำในน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น อันเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมัน (lipolytic enzyme) ส่วนตัวอย่างของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน เนื่องมาจากความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Marina, A.M *et al*., 2009)

1) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 90 % กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวจัดเป็นกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลาง (medium-chain fatty acid : MCFA) มีจำนวนคาร์บอน 8-12 อะตอม โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่สำคัญได้แก่ กรดคาโปอิก กรดคาปริลิก กรดลอริก และกรดไมริสติก กรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางประมาณ 64 % ซึ่งมีสัดส่วนของกรดลอริกมากที่สุดคือ 47-53 % (Bawalan, D.D., and Chapman, K.R., 2006) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ให้น้ำมันชนิดอื่นแล้ว พบว่า น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มีปริมาณกรดลอริกสูง คือ มีประมาณ 47-53 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริกมีคุณสมบัติพิเศษในการเสริมสุขภาพและความงามของมนุษย์ 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

2.1.3 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ น้ำมันมะพร้าว RBD และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หรือน้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (กันทิมาและวิมลนารถ, 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) มีค่าเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระต่ำ มีกลิ่นมะพร้าวอ่อนถึงแรง (ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต) มีความชื้นไม่เกิน 0.1 % โดยเรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้อีกอย่างว่า “น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์” (virgin coconut oil) ซึ่งเป็นน้ำมันที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในครัวเรือน ทั้งนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวสดจะมีปริมาณส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive components) มากกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD ที่สกัดโดยใช้การสกัดแบบแห้ง หรือ dry process

2.1.4 คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทางเคมีและกายภาพ

2.1.4.1 คุณสมบัติทางเคมี Marina, A.M., *et al*., 2009 ได้ศึกษาตลาดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซียเกี่ยวกับลักษณะทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แต่ละตัวอย่างมีปริมาณกรดลอริก (lauric acid content) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดลอริก 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 จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าต่ำ จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่ำ 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 จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.002 นอร์มอล ที่ใช้ในการไทเทรตไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่า P.V ต่ำ แสดงว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความเสถียรต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจน (oxidation stability) ในอากาศได้มาก จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เกิดการหืน (oxidative rancidity) ได้น้อย oxidative rancity เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบวนการทางธรรมชาติ (auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น peroxide linkage ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เองอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีปริมาณของกรดไขมันอิสระต่ำคือ อยู่ในช่วง 0.15-0.25 แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีชนิดหนึ่ง

2.1.4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ทดสอบจากการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) มีดังนี้กล่าวคือ สีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ควรมีสีใสเหมือนน้ำ การเกิดสีของน้ำมันมะพร้าวอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนในน้ำมันระหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (microbial contaminant) ในเนื้อมะพร้าวก่อนขั้นตอนการสกัด (Bawalan, D.D., *et al*., 2006) ถ้ามีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์จะทำให้สีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือชมพูหรือแดงส้ม ทั้งนี้กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพดีควรมีกลิ่นหอมอ่อนๆของมะพร้าว ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ในการสกัด รสชาติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต้องไม่ระคายเคืองในลำคอเมื่อรับประทานเข้าไป

2.1.5 บทบาทของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีต่อร่างกาย

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

ก. สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับได้อย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง จึงไม่ทำให้เกิดการสะสมไขมันในร่างกาย

ข. เพิ่มเมตาบอลิซึมในร่างกาย โดยจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของต่อมไทรอยด์ ส่งผลให้มีอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายเร็วขึ้น จึงทำให้ร่างกายผอมลงได้

2) กรดลอริก สามารถช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในร่ายกายได้ กล่าวคือเมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ที่เรียกว่า “โมโนลอริน” (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับน้ำนมของมารดาที่ใช้เลี้ยงทารกในระยะ 6 เดือนแรก ซึ่งร่างกายยังไม่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันได้ นอกจากนี้โมโนลอรินยังทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ และเป็นสารฆ่าไวรัส โดยโมโนลอรินจะเข้าไปทำลายเฉพาะเชื้อโรคที่มีเกราะหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมัน เช่น เชื้อ

ไข้หวัดใหญ่ โรคเริม คางทูม โรคซาร์ และโรคเอดส์ โดยเกราะนี้จะถูกละลายโดยน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้โมโนลอรินเข้าไปทำลายเชื้อโรค อย่างไรก็ตามโมโนลอรินก็ไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ นอกรากกรดลอริกแล้วยังมีกรดคาปริกอีกตัวที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของโมโนลอริน โดยการเปลี่ยนเป็นสารโมโนคาปริน (monocaprin) เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะมีฤทธิ์เช่นเดียวกับโมโนลอริน ทั้งนี้ประสิทธิภาพการทำงานของสารทั้งสองตัวขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (กันทิมาและวิมลนารถ, 2548; Tenda, ET *et al*., 2009)

3) วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหาร เครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ ความเครียด รังสี เป็นต้น อนุมูลอิสระนี้เองที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้เซลล์มีความผิดปกติและกลายพันธุ์จนเป็นสาเหตุของโรคสำคัญต่างๆ สารโทโคไทรอีนอล วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะมีสารโทโคไทรอีนอลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าสาโทโคเฟอรอลที่มีอยู่ในเครื่องสำอาง 40-60 เท่า จึงทำให้วิตามินสามารถต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.6 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

1) แบบรับประทานได้ (edible use)

ก. น้ำมันทอดอาหาร น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถนำมารับประทานได้ โดยการนำมาเป็นน้ำมันทอดอาหารและน้ำมันปรุงอาหาร เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการต้านกลิ่นหืน สามารถใช้แทนไขมันในน้ำนมที่มีราคาแพง โดยไม่ทำให้รสชาติเปลี่ยน (Bawalan, D.D., and Chapman, K.R., 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 ช่วยเร่งขบวนการเมตาบอลิซึมและ

ป้องกันการติดเชื้อโรค ช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารโดยการเพิ่มการดูดซึมของวิตามิน แร่ธาตุและกรดอะมิโนต่างๆและช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง

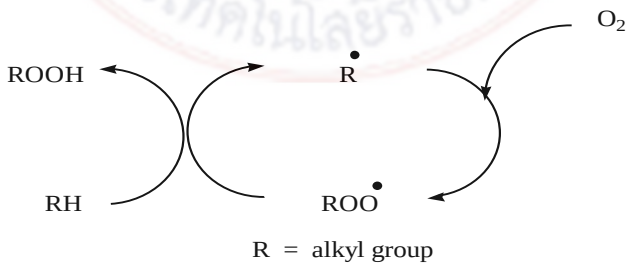
2) แบบรับประทานไม่ได้ (inedible use) วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซักรีดและสบู่อาบน้ำ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถนำมาใช้เป็นสารเคมีในการผลิตสารชำระล้างที่มีความสามารถในการย่อยสลาย แชมพู เจลอาบน้ำ และเป็นสารทำความสะอาดในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเป็นสารช่วยให้เกิดฟอง (Bawalan, D.D., and Chapman, K.R., 2006)

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 หรือเป็นน้ำมันพื้นฐานในสุวคนธบำบัด และน้ำมันนวด

2.2 อนุมูลอิสระ

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



ภาพที่ 2.1 วงจรการเกิดอนุมูลอิสระ

การเขียนสัญลักษณ์ของอนุมูลอิสระโดยการใช้จุดที่ตำแหน่งบนขวาของสูตรโมเลกุลเดิม เพื่อแสดงถึงอิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่ ปกติจะใช้สัญลักษณ์ R แสดงถึงอนุมูลอิสระที่ไม่เฉพาะเจาะจง โดยทั่วไปอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นอนุมูลประจุบวก ใช้สัญลักษณ์ $(R)^{+\bullet}$ เช่น อนุมูล pyridinyl และอนุมูลประจุลบ ใช้สัญลักษณ์ $(R)^{-\bullet}$ เช่น อนุมูล superoxide $(O_2)^{-\bullet}$ หรืออนุมูลที่มีประจุเป็นกลางใช้สัญลักษณ์ $(R)^{\bullet}$ เช่น อนุมูล hydroxyl $(OH)^{\bullet}$ อนุภาคของอนุมูลอิสระสามารถตรวจวัดด้วย Electron Spin Resonance (ESR) โมเลกุลหรือไอออนชนิดนี้เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ตัวอย่างของอนุมูลอิสระมีดังนี้

ตารางที่ 2.2 อนุมูลอิสระที่พบในระบบชีวภาพ

อนุมูลอิสระ	สัญลักษณ์
Superoxide anion radical	$O_2^{-\bullet}$
Hydroxyl radical	$HO^{\bullet}$
Peroxyl radical	$ROO^{\bullet}$
Hydrogen peroxide	H_2O_2
Ozone	O_3
Hydrogen radical	$H^{\bullet}$
Nitrogen dioxide	$NO_2^{\bullet}$
Nitric oxide	$NO^{\bullet}$

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

2.2.1 ชนิดของอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระมีหลายชนิด แต่ที่เป็นปัญหาในร่างกายคนเราส่วนใหญ่ ได้แก่

1) Superoxide (O_2^-) ส่วนมากจะเกิดจากออกซิเดชันในร่างกายหรือโอโซน

2) Hydroxyl radical (OH) เกิดจากสภาวะที่เป็นมลพิษซึ่งจะมี H_2O_2 (hydrogen peroxide)

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

4) Nitric oxide (NO^+) พบในอากาศที่เป็นมลพิษ

5) Peroxynitrite ($ONOO^+$) เกิดจากการรวมกันของซุปเปอร์ออกไซด์กับไนตริกออกไซด์

อนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกายของเราเอง เป็นผลจากในร่างกายของเรามีกระบวนการเผาผลาญเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกายที่ต้องดำเนินการตามปกติ เช่นในกระบวนการหายใจจะเกิดออกซิเจนที่มีประจุลบ อนุมูลอิสระสามารถรวมตัวกับไขมัน LDL ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็งเป็นต้น

2. อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกันคือ จากการได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (Autoimmune Diseases) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ จากรังสีเช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะเช่น ควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่น จากกระบวนการประกอบอาหารเช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้อีก ทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการปิ้ง ย่าง จากยาบางชนิดเช่น 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 ปัจจุบันนักชีววิทยาเชื่อกันว่าความแก่เกิดที่เนื้อเยื่อในร่างกายค่อยๆ สะสมสารที่เป็นพิษต่อร่างกายอย่างช้าๆ ซึ่งมีผลทำให้ทำลายสมดุลของร่างกายที่ควบคุมการดำรงชีวิต และส่วนที่ได้รับผลกระทบมากคือ ดีเอ็นเอ การเปลี่ยนแปลงในดีเอ็นเอมีผลต่อการสร้างข้อมูลทางพันธุกรรมผิดพลาดไป ส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพลง อนุมูลอิสระสร้างมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายเองและในสภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายได้รับมลภาวะแวดล้อม ภาวะที่ผิดปกติจะส่งผลให้ร่างกายสะสมอนุมูล

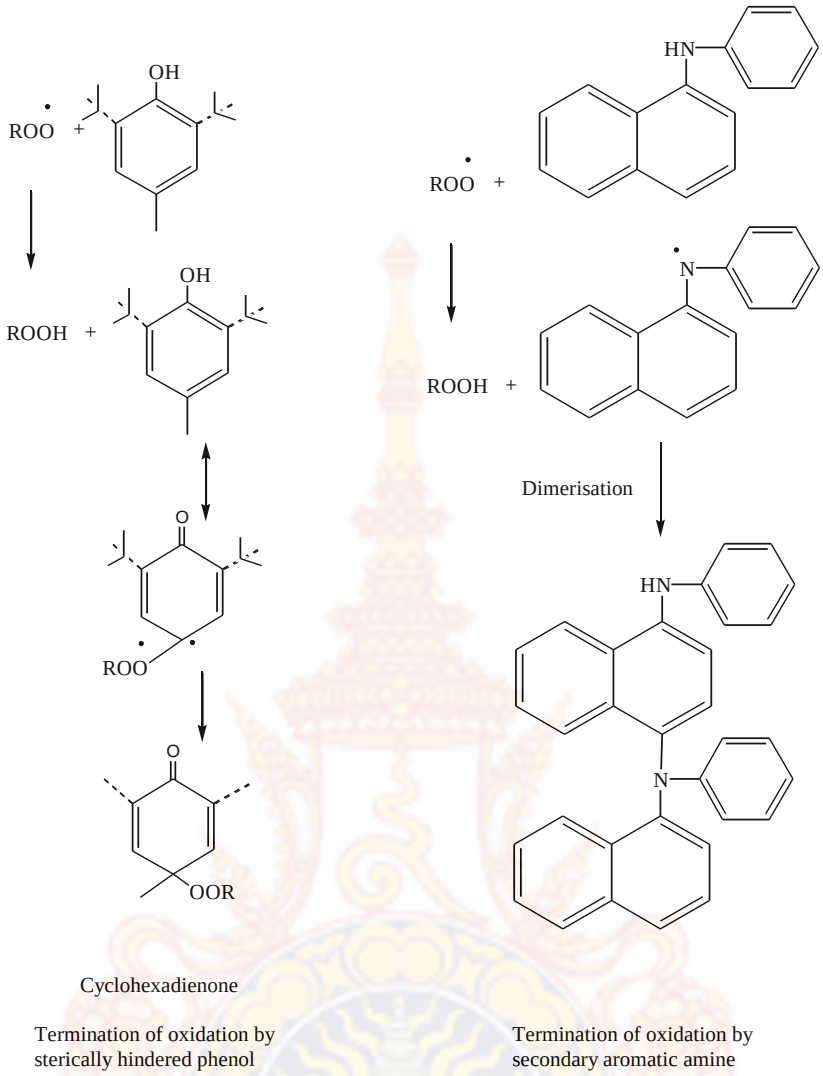
อิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ สิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อปกป้องตนเองเราเรียกว่า “สารต้านอนุมูลอิสระ”

2.2.2 ความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) หมายถึง ปฏิกิริยาที่โมเลกุลหรืออะตอมมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เรียกสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) และเรียกสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนนี้ว่า ตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน มักจะเกี่ยวข้องกับออกซิเจน นอกจากนี้ออกซิเดชันยังหมายถึงการเสียไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลอีกด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ เนื่องจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดอนุมูลอิสระของสารต่างๆ ได้มากมายหลายชนิด และอนุมูลอิสระทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่นๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป อนุมูลอิสระจะเกิดปฏิกิริยาที่เป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระถูกสร้างหรือผลิตขึ้น เรียกขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอนอินนิทิเอชัน (initiation step) ขั้นที่สองเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระถูกเปลี่ยนไปเป็นอนุมลอิสระตัวอื่นๆ ไป เรียกว่า ขั้นพรอพาเกชัน (propagation step) และขั้นสุดท้ายเรียกว่า ขั้นเทอร์มิเนชัน (termination step) เป็นขั้นหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระขั้นที่มีการรวมกันของอนุมูลอิสระ 2 อนุมูล ได้เป็นสารที่มีความเสถียร โดยทั่วไปการที่โมเลกุลหรืออะตอมของสารที่มีอิเล็กตรอนเข้าคู่กันครบเสียอิเล็กตรอนไปกลายเป็นอนุมูลอิสระได้นั้น ต้องอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง แต่ก็มีโมเลกุลอีกหลายชนิดที่กลายเป็นอนุมูลอิสระได้เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ ซึ่งรวมถึงสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิตด้วย

2.2.3 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันสามารถยับยั้งหรือชะลอได้ด้วยสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งส่งผลให้ลดการเปลี่ยนแปลงต่างๆในอาหารได้เป็นอย่างดี เช่น การเกิดกลิ่นหืนหรือเปลี่ยนแปลงสีหรือการเปลี่ยนแปลงความหนืดของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระเริ่มต้นที่สารต้านอนุมูลอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของไขมันได้ antioxidant free radical ซึ่งมีเสถียรภาพและได้โมเลกุลของไขมันเริ่มต้นปฏิกิริยาดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระกับอนุมูลอิสระ

Antioxidant free radical ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรโดยอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเกิด delocalization ภายในโครงสร้างของ aromatic ring จากกลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารต้านอนุมูลอิสระเข้าไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของไขมันแทนออกซิเจนในขั้น initial stage หรือเข้าไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของเปอร์ออกไซด์แทนไขมันในขั้น propagation stage ส่งผลให้สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระของไขมันและเปอร์ออกไซด์ได้เป็นอย่างมากส่วน antioxidant free radical ที่เกิดขึ้นแทนอนุมูลอิสระข้างต้นจัดเป็นอนุมูลอิสระที่มีเสถียรภาพจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเกิดได้น้อยลง

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (อดิศักดิ์, 2541)

1) ความร้อน การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีอย่างหนึ่ง ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ 10 องศาเซลเซียส จึงมีผลทำให้ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 2 เท่า

2) แสงและรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3) โลหะหนัก เช่นเหล็กและทองแดงในปริมาณ 1 ส่วนในล้านส่วน มีผลเร่งปฏิกิริยาได้เป็นอย่างดี

4) ภาวะที่เป็นด่าง มีส่วนทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระได้ ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น

5) ระดับความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) คือจำนวนและตำแหน่งของพันธะคู่ในโมเลกุลของไขมันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดออกซิเดชัน อย่างเช่น กรดลิโนเลนิค (linolenic acid, C18:3) สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายกว่ากรดโอเลอิค (oleicacid, C18:1)

6) รงควัตถุที่พบโดยทั่วไปในน้ำมันพืชมีส่วนเร่งให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้เร็วขึ้น เช่น คลอโรฟิลล์

7) ปริมาณออกซิเจน โดยออกซิเจนมีผลเร่งการเกิดออกซิเดชัน

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารแอนติออกซิแดนท์ คือ สารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell, 2009) สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ (Sies, 1991) สารต้านอนุมูลอิสระป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระก่อตัวขึ้น โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะนำออกซิเจนซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไปอยู่ในที่ที่ควรจะอยู่ สารต้านอนุมูลอิสระช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย และสารต้านอนุมูลอิสระช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลายเพราะสารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อร่างกาย

2.3.1 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ

โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้ (อัญชนา, 2545)

1. Primary antioxidant สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ alkyl, gallate, BHA, BHT, TBHQ และอื่นๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2. Oxygen scavenger สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิคหรือวิตามินซี สารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

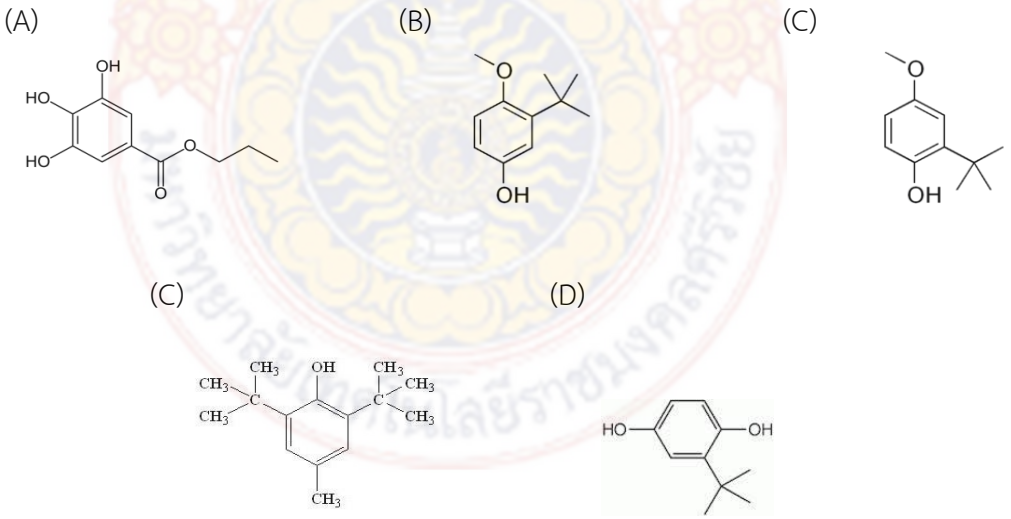
3. Secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

4. Enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เอนไซม์ต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5. chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดซิตริค กรดอะมิโน ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ และสมุนไพร ได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.3 เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al.,* 2000; Pokorny *et al*., 2001)



ภาพที่ 2.3 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) สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nonnutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอล ที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al*., 2000)

วิตามินอี ถือว่าเป็นสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ มีสีเหลืองอ่อน ข้นหนืด ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในไขมันและตัวทำละลายไขมัน พบได้ 4 รูปแบบในธรรมชาติ แต่รูปแบบที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ แอลฟา-โทโคฟีรอล เพราะพบมากที่สุดในธรรมชาติและมีคุณค่าทางชีวภาพมากที่สุด รองลงไปเป็นชนิด บีตา แกมมา และเดลตา ตามลำดับ มีคุณสมบัติทนต่อกรด และความร้อนสูง แต่ไม่ทนต่อด่าง แสงแดดและออกซิเจน จะถูกออกซิไดซ์อย่างช้าๆ ถ้าสัมผัสกับอากาศและจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วถ้าละลายในไขมันที่เหม็นหืนหรือมีเกลือของเหล็กอยู่ด้วย แหล่งอาหารที่พบมากคือในน้ำมันพืชต่างๆ เช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน น้ำมันสกัดจากจมูกข้าวสาลี น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และผ่านการใช้งานจะสูญเสียวิตามินอีไปจำนวนหนึ่ง นอกจากนี้พบในอาหารจำพวกไข่ มาการีน ตับ และถั่ว หน้าที่ที่สำคัญของวิตามินอีคือ เป็นสารต้านออกซิเดชันแก่ร่างกาย นอกจากนี้วิตามินอีช่วยทำให้เนื้อเยื่อของเซลล์กล้ามเนื้อและเม็ดเลือดแดงเกิดการเจริญ เติบโตและทำหน้าที่ได้อย่างถูกต้อง ปัจจุบันที่ผู้ใช้วิตามินอีจำนวนมากรักษาโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดบางชนิด ทำลายสารก่อมะเร็ง ใช้เติมในผลิตภัณฑ์รักษาฝ้าและผลิตภัณฑ์ชะลอความแก่ ปริมาณวิตามินอีที่ร่างกายต้องการขึ้นกับน้ำหนักตัวและปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid, PUEA) ที่ได้รับจากอาหาร หน่วยที่ใช้คือ tocopherol equivalent (TE) เช่น ร่างกายของผู้ใหญ่ต้องการประมาณ 8-10 มิลลิกรัมต่อวัน การขาดวิตามินอีในหนูตัวผู้ทำให้เป็นหมัน การกินวิตามินอีเกินขนาดไม่พบว่ามีโทษ วิตามินที่มีมากเกินไปจะเก็บสะสมในกล้ามเนื้อและไขมันในร่างกาย วิตามินอีสังเคราะห์ที่ใช้เติมในอาหารหมู่อยู่ในรูปของแอลฟา-โทโคฟีรอลอะซิเตต

2.4 ขมิ้นชัน

ความรู้เกี่ยวกับขมิ้นชัน ขมิ้นชัน เป็นพืชที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ใช้เป็นสารแต่งสี และใช้เป็นยาสมุนไพรในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ อินเดีย อินโดนีเซีย จีน มาเลเซีย เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยการใช้ขมิ้นชันในชีวิตประจำวันนิยมใช้เหง้าขมิ้นเป็นเครื่องเทศ แต่งกลิ่นและรสของอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะอาหารทางภาคใต้ของไทย เช่น แกงเหลือง แกงไตปลา แกงกะหรี่ ไก่ทอดขมิ้น ข้าวหมกไก่ ขนมเบื้องญวน เนย ผลมัสตาร์ด เป็นต้น นอกจากนี้ใช้เป็นยาภายนอกช่วยสมานแผล ดังเช่นเวลาบวชพระนิยมใช้ขมิ้นทาหนังศีรษะเพื่อกันการเกิดบาดแผล ใช้รักษาพิษแมลงสัตว์กัดต่อย และยังเป็นเครื่องสำอางอีกด้วย ปัจจุบันประเทศไทยปลูกขมิ้นชันส่งขายเป็นสินค้าส่งออกโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นสั่งซื้อขมิ้นชันจากประเทศไทยจำนวนมาก เนื่องจากผลงานวิจัยของประเทศญี่ปุ่นได้ผลสรุปว่าขมิ้นชันสามารถป้องกันอันตรายของสารเคมีต่อตับได้ ส่งผลให้การส่งออกของขมิ้นชันสูงขึ้น สำหรับการส่งออกขมิ้นชัน แลการใช้ขมิ้นชันในประเทศผ่านทางร้านขายยาในปี 2544 มีมูลค่า 4,618,389 บาท และ 17,861,472 บาท ตามลำดับ ขมิ้นชันจึงถือเป็นสมุนไพรนำร่องชนิดหนึ่ง เนื่องจากได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีการปลูกทุกภาคของประเทศ และขมิ้นชันที่ปลูกในภาคใต้โดยเฉพาะในจังหวัดสุราษฎ์ธานีเป็นขมิ้นชันที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดของประเทศ เนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหยและสารเคอร์คูมิน (Curcumin) สูงมาก และปัจจุบันขมิ้นชันแคปซูลได้ขึ้นทะเบียนบัญชียาหลักแห่งชาติ และเป็นยาสาธารณสุขมูลฐานอีกด้วย

2.4.1 อนุกรมวิธานของขมิ้นชัน

ชื่อไทย ขมิ้นชัน

ชื่อพื้นเมืองอื่นๆ ขมิ้น ขมิ้นแกง ขมิ้นทอง ขมิ้นดี ขมิ้นแดง ขมิ้นหยวก ขมิ้นหัว (เชียงใหม่) ขี้มิ้นหมิ้น (ภาคใต้) ตายอ (กำแพงเพชร) สะยอ (แม่ฮ่องสอน)

ชื่อภาษาอังกฤษ Turmeric, Curcuma, Yellow root

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Curcuma longa* Linn.

ชื่อพ้อง *Curcumadomestica*Valeton

วงศ์ Zingiberaceae

(วันดี, 2538; นันทวัน และอรนุช, 2539)

2.4.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุก มีอายุหลายปี สูง 30-90 เซนติเมตร ส่วนเหนือดินเป็นก้านใบหุ้มซ้อนกัน ใบมีขนาดใหญ่ ซ้อนทับกัน รูปใบเป็นรูปหอกคล้ายใบพุทธรักษา กว้าง 12-16 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ท้องใบไม่มีขน ใบประดับเขียวอ่อนหรือสีขาว ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาวแทงออกจากเหง้าขึ้นมาระหว่างก้านใบ กลีบดอกมีสีเหลืองอ่อน บานครั้งละ 3-4 ดอก ผลรูปกลม

มี 3 พู หน้าแล้งขมิ้นจะลงหัว ต้นและใบบนดินแห้ง ส่วนอยู่ใต้ดินแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนหัวและส่วนรูปไข่เรียกว่าเหง้า เหง้ามีสีเหลืองอมส้ม มีแขนงเป็นรูปทรงกระบอกแตกออกสองข้าง

ภาพที่ 2.4 ลักษณะเหง้าขมิ้นชัน

2.4.3 สารเคมีที่พบในเหง้าขมิ้นชัน

สารเคมีที่พบในรากและเหง้าของขมิ้นชันมีจำนวนมาก สารเคมีที่พบได้แก่ Curcumin, Bis-demethoxycurcumin, Demethoxycurcumin, Bisabolene, α-Atlantone, γ-Atlantone, BorneolCampesterol, Cholesterol, 1,8 – Cineole Curlone, p-Cymene, Saturated and unsaturated fatty acid, Guaiacol, Bis-p-hydroxy-cinnamoyl methane, Di-p-coumarol methane, Diferuloyl methane, Feruloyol-p-coumaroyl methane, Hydroxy-cinnamoyl methane, α-Phellandrene, Sabinene, β-Sitosterol, Stigmasterol, Tolyl methyl carbinol, Turmerone, α-Turmerone, ar-Turmerone, β-Turmerone, Zingiberene, Dihydrocurcumin, 1,7-Bis-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl-1,6-heptadiene-3,5-dione), D-arabinose, D-Fructose, D-Glucose, Camphene, Camphor, 1,4-Cineole, Curcumone, Zingerene, Sesquiterpene (สุคนธ์, 2542)

ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าจะเป็นตัวที่ส่งผลให้ขมิ้นชันมีกลิ่นรส คือ องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วย Turmerol เป็นแอลกอฮอล์ที่มีสูตรโมเลกุล $C_{13}H_{18}O$ หรือ $C_{14}H_{20}O$ ต่อมามีการศึกษาพบสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ Turmeron, ar-Tumerone, Borneol, Iso-borneol, Camphor, Caryophyllene, Cineole, Curcumene, Curcuumenol, Curdione, Curzerenone, Eugenol, Limonene, Linalool, α-Pinene, β-pinene, Sabinene, Terpinene, Terpineolและ Zingiberene (Jackson and Menke, 1882) รุ่งระวี และคณะ (2545) พบว่าในขมิ้นชันแห้งจะมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 2-6 มีสีเหลืองปนส้ม มีกลิ่นเฉพาะตัว และ Purseglove *et al.* (1981) ได้พบว่ามีสารประกอบ turmurone อยู่ร้อยละ 50-80

ของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการสกัดอีกหลายชนิดได้แก่ Glycine, Elements, Bisdesmethoxycurcumin, Desmethoxycucumin และ essential oil จากส่วนอื่นๆ ของขมิ้นชัน

2.4.4 ฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชัน

1) ต้านการอับเสบ (anti-inflammatory activity) จากการศึกษาของ Chandra and Gupta (1972) พบว่า การให้สารเคอร์คูมินในปริมาณ 400 มิลลิกรัมต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน กับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดสามารถลดการติดเชื้อได้ นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากปิโตเลียมอีเทอร์ แอลกอฮอล์ และน้ำ มีฤทธิ์ต้านการอับเสบ เช่นกัน (Yegnanarayan., *et al*., 1976)

2) ต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer activity) Jovanovic *et al.,* (2001) รายงานว่า สารเคอร์คูมินอยด์สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ นอกจากนี้ยังพบว่า สารเคอร์คูมินอยด์ช่วยลดการเกิดเนื้องอกและมะเร็งที่ผิวหนัง (Huang., *et al.,* 1997) และสารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ผิดปกติของหนูแฮมสเตอร์ (Kuttan., *et al.,* 1985)

3) ด้านการติดเชื้อ (antiinfection activity) สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันสามารถลดการติดเชื้อได้ ทั้งนี้จากการศึกษาของ Apisariyakul *et al.,* (1995) พบว่า สารเคอร์คูมินอยด์และน้ำมันจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อราที่ผิวหนังพวก dematophyte และยีสต์ได้ นอกจากนี้สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม สารสกัดหยาบที่สกัดจากเอทานอลและน้ำมันจากขมิ้นชันก็มีฤทธิ์ในการต้านการติดเชื้อได้เช่นกัน (Banerjee and Nigam, 1978; Misra and Sahu, 1977; Wuthi-Udomler *et al.,* 2000)

4) ต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity) สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เหมือนกับสารต้านออกซิเดชันที่เป็นเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ Superoxide dismutase เอนไซม์ catalase และเอนไซม์ glutathione peroxidase (Reddy and Lokesh, 1994) ซึ่ง Iqbal และคณะ (2003) พบว่า การเสริมสารเคอร์คูมินอยด์ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในหนู ช่วยเพิ่มฤทธิ์เอนไซม์ glutathione peroxidase, glutathione reductase และ catalase ในขณะที่ Wright (2002) ได้เปรียบเทียบสรรพคุณของเคอร์คูมินอยด์กับวิตามินอี โดยพบว่าเคอร์คูมินอยด์มีสรรพคุณในการลดระดับการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเยื่อได้ดีแต่ต่ำกว่าการใช้วิตามินอี นอกจากนี้ยังพบว่า สารเคอร์คูมินอยด์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลดีแอล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน

สารประกอบหลักที่ให้สีเหลืองถึงสีส้มจากเหง้าขมิ้นชัน คือ สารประกอบเคอร์คูมินอยด์เป็นสารพวก Diaroylmethane สารสกัดที่มีสีเหลืองจากขมิ้นประกอบด้วยสารผสม 3 ชนิด คือ เคอร์คูมิน (Curcumin) เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (Desmethoxycurcumin) และบิส- เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (bis-desmethoxycurcumin) เช่นเดียวกับ Rouseff (1988) และจากรายงานของ (Purseglove., *et al.,*

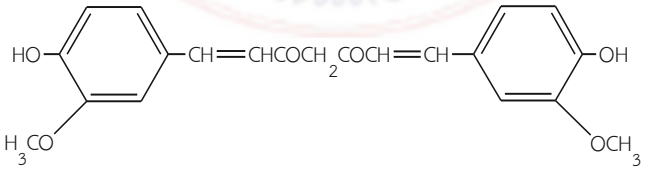
1981) ในการสกัดขมิ้นชันโดยใช้เทคนิค HPLC ปริมาณสารให้สีของขมิ้นชันจะมีอยู่ร้อยละ 0.02-8.1 และรงควัตถุให้สีทั้ง 3 มีปริมาณแตกต่างกัน คือเคอร์คูมินอยด์มีปริมาณร้อยละ 49-61 เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน ร้อยละ 20-29 และบิสเดสเมทอกซีเคอร์คูมินมีประมาณร้อยละ 15-26 สำหรับสารสีเหลืองชื่อเคอร์คูมิน มีชื่อทางเคมีว่า bis-(4-hydroxy-3-methoxycinnamoyl)-methane เป็นสารเคมีที่สำคัญในขมิ้นชัน โดยสามารถหลอมละลายที่อุณหภูมิ 176-177 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลแดง จะมีความไวต่อความเป็นกรดเป็นด่าง จะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีแดงเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกรด และมีสีน้ำตาลแดงเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง สามารถละลายได้ในเอธิลแอลกอฮอล์ สารที่มีความเป็นด่าง (alkali) คีโตน acetic acid และ chloroform ไม่สามารถในน้ำ โดยมีสูตรโครงสร้างเป็นสายอนุพันธ์ของเบนซิน (aliphatic) นอกจากนี้ยังพบว่า เคอร์คูมินอยด์ ยังมีอนุพันธ์ อีกหลายชนิดที่ออกฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระ (Araujo and Leon, 2001)

ขมิ้นมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระดีกว่า เมล็ดองุ่นถึง 3 เท่า เมล็ดองุ่นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินอี ถึง 50 เท่า เพราะฉะนั้นขมิ้นชันของไทยจึงมีฤทธิ์มากกว่าวิตามินอีถึง 150 เท่าในการต้านอนุมูลอิสระ (นิรนาม, 2542)

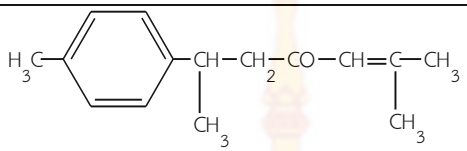
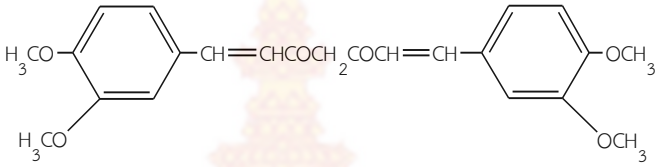
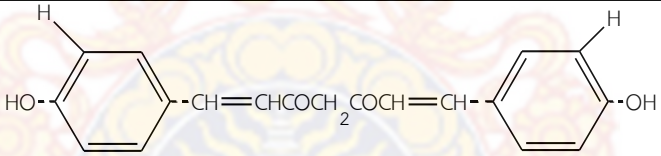
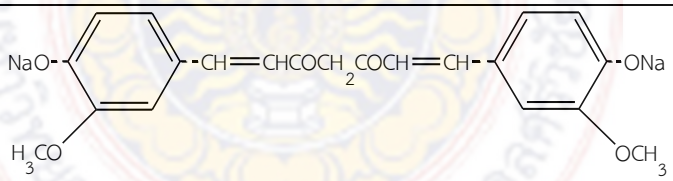
Inkeawsri and Penprapai (2014) ได้ผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้น พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และสามารถป้องกันการเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

Caichompoo (1999) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยและสารเคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชัน พบว่าเมื่อนำขมิ้นชันสดและเหง้ามาสกัดจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1.88 และร้อยละ 7.02 (v/w) ตามลำดับ มีสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชันแห้งร้อยละ 6.95 (w/w) โดยมีสารสำคัญคือ เคอร์คูมินอยด์ ร้อยละ 11.6 และเมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยจะยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุด รองลงมาคือยีสต์ และแบคทีเรีย ตามลำดับ โดยเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลน่าพอใจคือ *Streptococcus pyogenes*

ตารางที่ 2.3 สารประกอบเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ของขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) และการออกฤทธิ์

สารประกอบที่สำคัญ	โครงสร้างทางเคมี	การออกฤทธิ์
Curcumin		ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อ HIV ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านการเกิดเนื้องอก

ตารางที่ 2.3 สารประกอบเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ของขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) และการออกฤทธิ์ (ต่อ)

สารประกอบที่สำคัญ	โครงสร้างทางเคมี	การออกฤทธิ์
Ar-turmerone		รักษาบาดแผลที่เกิดจากงูกัด
Methylcurcumin		ต้านเชื้อแบคทีเรีย
Desmethoxycurcumin		ต้านอนุมูลอิสระ
Bisdesmethoxycurcumin		ต้านอนุมูลอิสระ
Sodium curcuminate		ต้านการอักเสบ

ที่มา : Araujo and Leon (2001)

คุณสมบัติของเคอร์คูมินอยด์

1. จุดหลอมเหลว 183 ^{o}C
2. เป็นผงสีเหลืองส้ม ไม่ละลายน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในอีเทอร์ ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อะซีโตน กรดน้ำส้มเข้มข้น เบนซิน โพรพิลินไกลคอล มีสีเหลืองในกรด สีน้ำตาลแดงในด่าง
3. ช่วงที่เปลี่ยนสีคือ ช่วง pH 8-9
4. สารเคอร์คูมิน ดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง visible ที่ 425 nm

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	-	LOBA Chemie
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
สารมาตรฐานเคอร์คูมินอยด์	-	-
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
MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl) -2, 5-diphenyltetrazolium bromide)	-	-
Dimethylsulfoxide (DMSO)	Analytical reagent	Fisher Chemical
Sodium oxidanide (NaOH)	-	-
2- Propanol	A.C.S Reagent	J.T. Baker
Acetic acid	Grade AR	QRëC
Potassium iodide	-	POCH

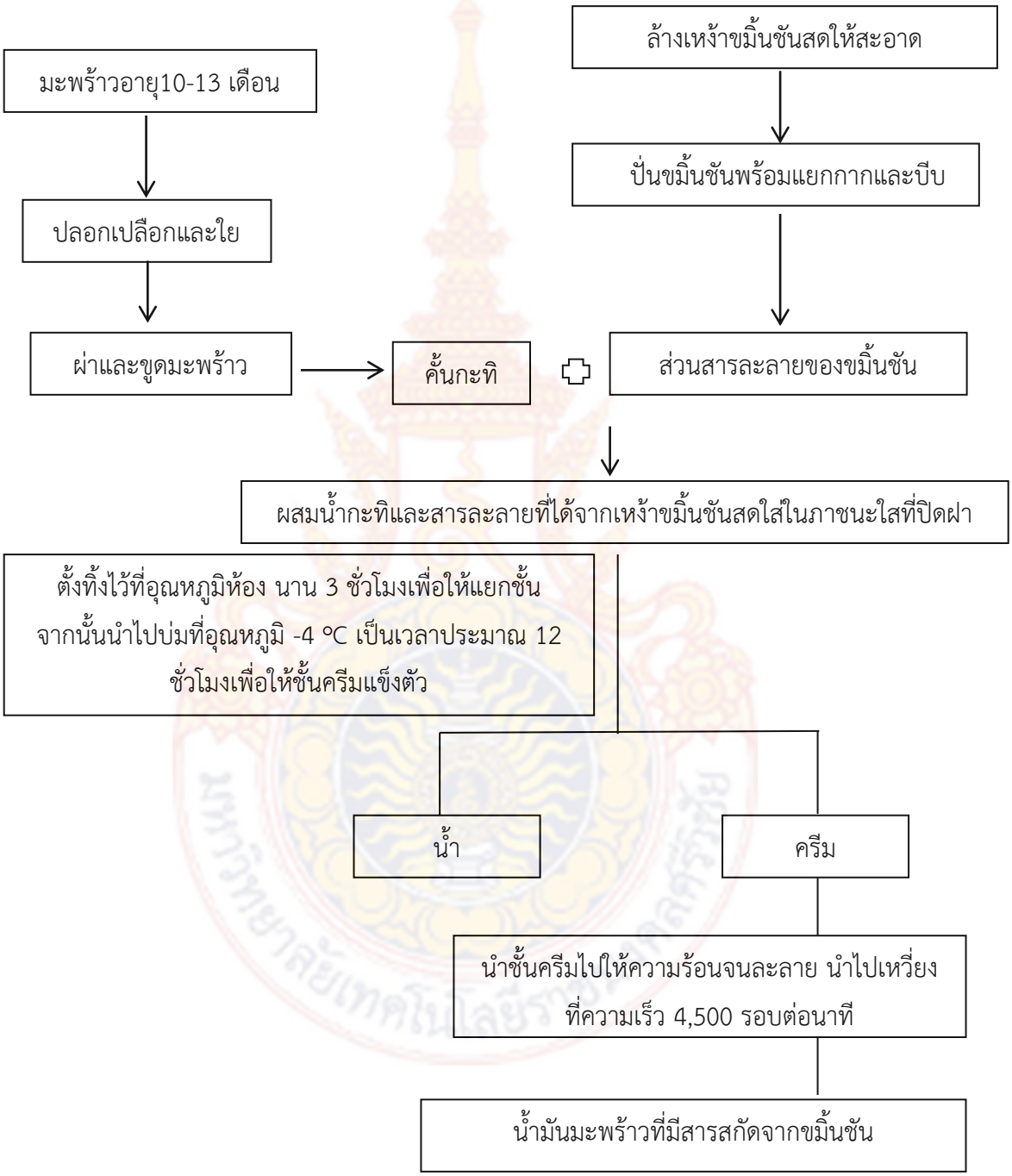
3.2. อุปกรณ์/เครื่องมือ

- เครื่อง High Perfoemance Liquid Chromatograph (HPLC) ยี่ห้อ Shimadzu
- เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ยี่ห้อ: biochrom รุ่น: Libra S22
- เครื่อง Vortex apparatus รุ่น: Genie 2
- เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) ยี่ห้อ: Buchi รุ่น: Rotavapor R-215
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ: Sartorius รุ่น: BP 210 S
- เครื่องเหวี่ยง รุ่น: Digicen 20 R

3.3. วิธีการทดลอง

3.3.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ในการทดลองใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักของเหง้าขมิ้นชันสด 5:1.5 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ขั้นตอนการเตรียมน้ำกะทิ โดยนำเนื้อมะพร้าวตามอัตราส่วนข้างต้นมาขูดสด และคั้นกะทิโดยใช้สัดส่วนน้ำต่อเนื้อมะพร้าวขูดสดในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก (ใช้น้ำต้มสุกและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากเหง้าขมิ้นชันสด ตามอัตราส่วนข้างต้น มาล้างให้สะอาด จากนั้นปั่นพร้อมแยกกากและบีบเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลว

นำส่วนของน้ำกะทิสดและสารสกัดจากเหง้าขมิ้นชันสดของเหลวที่ได้จากข้างต้นเทผสมกัน จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ -4 ºC เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อให้ชั้นครีมแข็งตัว จากนั้นนำชั้นครีมไปให้ความร้อนจนละลาย จะสังเกตเห็นน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันค่อยๆแยกตัวออกมาจากชั้นครีม จากนั้นแยกส่วนของน้ำมันที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน โดยการเหวี่ยง ที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที ก็จะได้น้ำมันออกมา นำน้ำมันที่ได้กรองเพื่อแยกตะกอนอีกครั้ง และเก็บในขวดแก้วชา เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Seneviratne และคณะ (2009) โดยนำตัวอย่างน้ำมัน 10 กรัม ละลายในเฮกเซน (Hexane) 20 มิลลิลิตร และย้ายไปที่กรวยแยก (Separatory funnel) จากนั้นเติม methanol - water (80:10 v/v) จำนวน 10 มิลลิลิตร พร้อมเขย่า 3 นาที แยกเอาชั้นล่างออกมา ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วรวมส่วนของ methanol-water จากนั้นนำสารละลายที่ได้ จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วใส่ในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin Ciocaltex reagent (เจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำ deionized) จำนวน 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) เข้มข้น 7.5 % จำนวน 4 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าดูดกลืนที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้ UV-VIS Spectrophotometer เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid เข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน สำหรับทำกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.3.3 วิเคราะห์เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด โดยวิธี UV- spectrophotometer

ชั่งน้ำมัน 10 กรัม ละลายในเฮกเซน 20 มิลลิลิตร ถ่ายเทสารลงในกรวยแยก จากนั้นเติม methanol:water (80:10v/v) จำนวน 10 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 4 ครั้ง แล้วแยกส่วน methanol:water (ชั้นล่าง) มารวมกัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

การทำกราฟมาตรฐานของสารเคอร์คูมินอยด์

ละลายสารมาตรฐานเคอร์คูมินอยด์ 0.0019 กรัม ด้วยเมทานอลปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

3.3.4 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

1) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยดัดแปลงวิธีของ Zunin และคณะ (2010) ละลายน้ำมันในเอทิลแอซิเทต ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.0-5.0% นำสารละลายน้ำมัน จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 10^{-4} โมลต่อลิตร จำนวน 8 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้เขย่าใน Vortex apparatus เป็นเวลา 10 วินาที นำสารละลายที่ได้วัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เทียบกับสารละลายควบคุม (ประกอบด้วยอัตราส่วนของเอทิลแอซิเตตต่อสารละลาย DPPH= 8:2) และใช้ Blank เป็นอัตราส่วนของเอทิลแอซิเตตต่อน้ำมัน 8:2 ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณหา % การยับยั้ง

2) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2'Azino-bis (3-ethylbenzothia zoline-6-sulfonic acid) cation radical-scavenging assay : (ABTS assay)

ก. การเตรียม ABTS

1. ชั่งสาร ABTS 0.0376 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร

2. ชั่งสาร Potassium Persulphate 0.0166 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร

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

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

ข. การเตรียมน้ำมันตัวอย่าง และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

ชั่งน้ำมันมา 1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ได้ 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำมันมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับ ABTS 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับ Blank เกิดจากดูดน้ำมัน มา 1 มิลลิลิตร ละลายกับตัวทำละลายผสมเอทานอล 9 มิลลิลิตร

Sample solution = Oil + ABTS , 1 : 9

Blank solution = Oil + ethanol, 1 : 9

Positive solution = ethanol + ABTS , 1 : 9

Negative solution = ethanol

สูตรคำนวณแสดงดังสมการ

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

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

Abs sample = Abs sample – Abs blank

3.3.5 ทดสอบความเป็นพิษเซลล์โดยวิธี MTT assay

Seeding cell HepG2 หรือ CaCO2 หรือ MDA-MB-231 หรือ A375 or A549 หรือ HL-60 cell จะถูกเพาะเลี้ยง จำนวน 1.0 X 10^4 cell ใน 96 well plate ไว้ค้างคืน (total volume 100 µl/well)

1. Cell treatment

2.1 เตรียมสารตัวอย่างที่ออกฤทธิ์ โดยใช้ความเข้มข้น 6 ความเข้มข้น แล้วเติมลงในหลุมที่ประกอบด้วยเซลล์ (100 µl/well)

2.2 กำจัดส่วนใสและเติม complete media ที่ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ และบ่มไว้ 24 ชั่วโมง

2. วัดความเป็นพิษต่อเซลล์

3.1 เติม MTT solution (conc. 5 mg/ml) 10 µl/well และบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 C° เป็นเวลา 4 ใน CO_2

3.2 ละลาย purple formazan โดยใช้ Isopropanol with HCl (100 µl/well) ผสมให้เข้ากัน

3.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ micro-plate reader

$$\text{จำนวนเซลล์รอดชีวิต (\%)} = \frac{\text{สารตัวอย่าง+อาหารเลี้ยงเซลล์+เซลล์-อาหารเลี้ยงเซลล์+สารตัวอย่าง}}{\text{อาหารเลี้ยงเซลล์+เซลล์ - อาหารเลี้ยงเซลล์+สารตัวอย่าง}} \times 100$$

3.3.6 ศึกษาสมบัติและวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบที่สำคัญในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดขมิ้นชัน

1) การวิเคราะห์หาค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ เติมไอโซพานอล 25 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ 3-5 หยด เขย่า จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 M จนเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู นาน 15 วินาที คำนวณหาค่ากรดไขมันอิสระ ดังสมการ

$$\% \text{ FFA} = \frac{M \times V \times Mw \times 100}{1000 \times W}$$

โดย M = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH 0.1 M
V = ปริมาณสารละลาย NaOH ที่ไทเทรต
Mw = มวลโมเลกุลกรดลอริก (200 g /โมล)
W = น้ำหนักน้ำมัน

2) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

ชั่งน้ำมันตัวอย่าง 1 กรัม เติมกรดแอซิติกเข้มข้น ต่อ คลอโรฟอร์ม (อัตราส่วน 3 ตอ 2) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดดอิ่มตัว 1 มิลลิลิตร เขยาเบาๆ ให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที จากนั้นเติม น้ำปราศจากไอออน 75 มิลลิลิตร เติมน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ 2 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต เข้มข้น 0.0001 M คำนวณหาค่าเปอร์ออกไซด์ ดังสมการ

$$P.V. = \frac{V \times M \times 1000}{W}$$

โดย V = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ไทเทรตได้

M = ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (M)

W = น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)

3.3.7 ศึกษาความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยเครื่อง Rancimat Practice

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 3 กรัม ใส่ในขวดที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 120 °C

3.3.8 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันตามมาตฐาน อย.

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน เพื่อให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังนี้

1. คุณภาพหรือมาตรฐานทางเคมี

ทดสอบ Heavy metals

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตรวจพบ ตะกั่วและสารหนูทั้งหมดดังนี้

ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 1 มก./กก.
สารหนูทั้งหมด (Total Arsenic)	ไม่เกิน 2 มก./กก.

2. คุณภาพหรือมาตรฐานจุลินทรีย์

ตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ต่อไปนี้ตามวิธีของ (BAM 2001)

- สแตฟฟิโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococusoureus)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 0.1 กรัม
- คลอสทริเดียม (Clostridium spp.)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 0.1 กรัม
- ซัลโมเนลลา (Samonella spp.)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 25 กรัม
- แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli)	น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม

โดยวิธี เอ็มพีเอ็น

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตรวจพบไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ดังนี้

สแตฟฟิโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococusoureus)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 0.1 กรัม
คลอสทริเดียม (Clostridium spp.)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 0.1 กรัม
ซัลโมเนลลา (Samonella spp.)	ตรวจไม่พบต่ออาหาร 25 กรัม
แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli) โดยวิธี เอ็มพีเอ็น	น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม

3.3.9 ศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์บรรจุแคปซูลระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อแคปซูล และขวดสีชาจำนวน 60 แคปซูลต่อขวด ใส่สารดูดความชื้น ขวดละ 1 ซอง จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40 $^{\circ}$C และอุณหภูมิห้อง ตัวอย่างละ 3 ขวด จากนั้นสุ่มแคปซูลตัวอย่างละ 3 ขวด เป็นระยะเวลา 3 เดือน สุ่มตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้ ทดสอบคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทุกๆ สัปดาห์

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistic analysis)

วิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูล โดยใช้ค่า T- test (SPSS 16.0)

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเคมี อาคารปฏิบัติการ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ขมิ้นชันที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1 ในการทดลองใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักของขมิ้นชัน 5:1.5 โดยน้ำหนัก นำส่วนผสมน้ำกะทิสดและสารละลายจากเหง้าขมิ้นชันสด เทใส่รวมกันบ่มที่อุณหภูมิ -4 °C เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หรือชั้นครีมแข็งตัว จากนั้นนำชั้นครีมไปบ่มให้ความร้อนจนละลาย จะสังเกตเห็นน้ำมันที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ค่อยๆ แยกตัวออกมาจากชั้นครีม จากนั้นแยกส่วนของน้ำมันที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน โดยการเหวี่ยง ที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที ก็จะได้น้ำมันออกมา นำน้ำมันที่ได้กรองเพื่อแยกตะกอนอีกครั้ง และเก็บในขวดแก้วชา ปริมาณน้ำมันที่ได้ ดังตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน สามารถให้ปริมาณน้ำมันออกมามากกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารสกัดจากขมิ้นชันมีเอนไซม์โปรติเอส สามารถย่อยโปรตีนทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำกะทิทำให้น้ำมันแตกตัวออกมาได้เร็วและมีปริมาณสูง ปริมาณน้ำมันที่ได้เท่ากับ 21.37 %

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณน้ำมัน (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	15.60
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	21.37

ภาพที่ 4.1 เหง้าของขมิ้นชัน

ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันเป็นของเหลวสีเหลือง แสดงดังภาพที่ 4.2 (ก) และ (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 (ก) น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน
(ข) แคปซูลน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

4.2 สมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

สมบัติทางเคมีจะเป็นตัวที่บ่งบอกถึงคุณค่าทางโภชนาการ ความเสถียรจากปฏิกิริยาต่างๆในที่นี้จะศึกษาคุณสมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าสปอนนิฟิเคชัน และความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.2.1 ค่ากรดไขมันอิสระ

ค่ากรดไขมันอิสระซึ่งปริมาณกรดไขมันอิสระ เป็นตัวบ่งชี้สภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมันจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ไลเปสและความชื้น โดยไตรกลีเซอร์ไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมากทำให้เกิดการหืนแบบ Hydrolytic rancidity มาก โดยน้ำมันมะพร้าวมีค่ากรดไขมันอิสระมาตรฐานของ APCC อยู่ที่ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 % จากผลการศึกษาตารางที่ 4.2 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของขมิ้นชัน ค่ากรดไขมันอิสระจะลดลง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน APCC แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นความคงตัวสูงต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน APCC

4.2.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ของไขมันและน้ำมัน

ค่าเปอร์ออกไซด์ของไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เองทางธรรมชาติ (auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ โดยน้ำมัน

มะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีค่าเปอร์ออกไซด์มาตรฐาน APCC อยู่ที่ ≤ 3 meqO_2/kg oil พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน มีค่าต่ำกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพราะน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีสารประกอบเคอร์คูมินอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันมะพร้าว

4.2.3 ค่าสปอนนิฟิเคชัน (Saponification Value, SV.)

ค่าสปอนนิฟิเคชันของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีค่าเท่ากับ 245-251 mg KOH ซึ่งมีค่าสปอนนิฟิเคชันสูง แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

4.2.4 ศึกษาความคงตัวของน้ำมันต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ทดสอบความคงตัวด้วยเครื่อง Rancimate ที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C มี Gas flow 20.0 L/hr จากการทดลองพบว่าแนวโน้มค่า Induction time (hr) ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีค่าสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เนื่องจากในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ตารางที่ 4.2 สมบัติเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตัวอย่างน้ำมัน	กรดไขมันอิสระ(%)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meqO_2 /kg oil)	Induction time (hr)	Saponification number (mg KOH)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.119±0.001	0.572±0.002	39.78	245
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	0.052±0.011	0	41.86	251

4.3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

4.3.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

งานวิจัยนี้เลือกวิธี DPPH ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันตัวอย่าง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยหรือสารออกฤทธิ์สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ โดยมีหลักการดังนี้ คือ 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 ดังนั้น การลดลงของอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ จึงเป็นดัชนีที่สามารถวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารที่ใช้ทดสอบได้ ค่า % การยับยั้ง ในน้ำมันตัวอย่าง ที่เวลา 30 นาที จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ซึ่งแสดงโดยค่า IC_{50} ซึ่งค่าที่ได้มีความหมายว่า IC_{50} ที่น้อยจะแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่า IC_{50} ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และมีฤทธิ์ยับยั้งดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า α-Tochopherol ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์

ตารางที่ 4.3 IC_{50} จากวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

สารตัวอย่าง	IC_{50} DPPH (mg/ml)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	1.7915 ± 0.8472^{c}
น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นชัน	8.7374 ± 0.0589^{b}
α-Tochopherol	0.0060 ± 0.0004^{a}

4.3.2 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 จากการทดลองน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่ดีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ Torlox และ α-Tocopherol

ตารางที่ 4.4 IC_{50} จากวิธี ABTS ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน เปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ Torlox และ **α**-Tocopherol

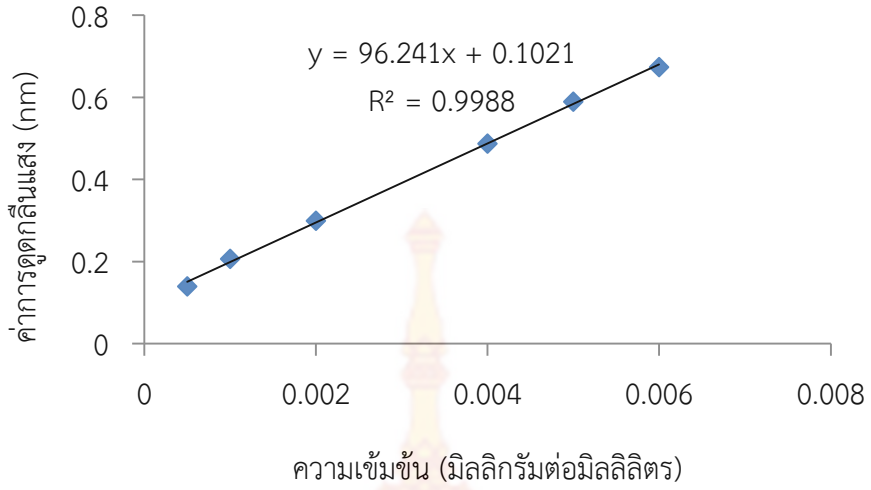
ตัวอย่าง	IC_{50} (mg/ml)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	44.01 ± 0.36^{c}
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	0.4414 ± 0.0027^{b}
α-Tochopherol	0.0064 ± 0.0018^{a}
Torlox	0.0023 ± 0.0001^{a}

4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มหลักในพืชสมุนไพร ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีหมู่ฟีนอลบนวงแหวนเบนซีน มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น จากการทดลองปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน gallic acid (y= 0.001x+0.0549) โดย y= ค่าการดูดกลืนแสง และ x= ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid (µg/L)

ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid (mg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)
0.0005	0.139
0.001	0.206
0.002	0.299
0.004	0.487
0.005	0.589
0.006	0.673
0.0005	0.139



ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid

การศึกษาเกี่ยวกับประมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของสารตัวอย่าง หลักการคือ สารประกอบฟีนอลิกสามารถเกิดปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent ภายใต้สภาวะด่าง (โดยการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งมีความค่า pH ประมาณ 10) สารประกอบฟีนอลิกจะเกิดการแตกตัวได้เป็นฟีนอลเลทไอออน (phenolate anion) สามารถรีดิวซ์ Folin-Ciocalteu reagent เมื่อสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำเงินขึ้น จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกส่งนหนึ่งที่ละลายในน้ำมันมะพร้าวมากกว่าเหง้าขม้นชันสด ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/1g oil)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.7697±0.0751
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	1.5999±0.1788

4.5 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินและสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

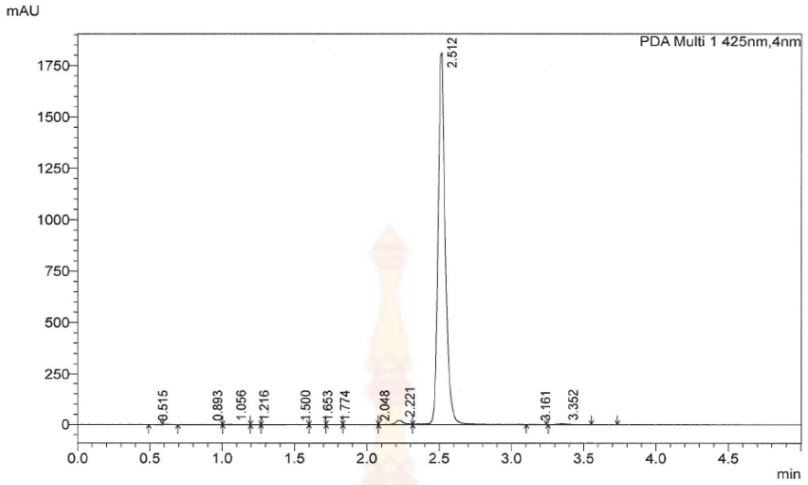
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินโดยใช้เทคนิค (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารตัวอย่าง โดยสารแต่ละชนิดจะมีอัตราการเคลื่อนที่ระหว่างเฟส 2 เฟส โดยเฟสหนึ่งเป็นตัวสำหรับดูดซับซึ่งอยู่กับที่ เรียกว่า Stationary phase อีกเฟสเป็นตัวทำละลายที่ผ่านไปบนเฟสที่อยู่กับที่ เรียกว่า mobile phase หรือเฟสเคลื่อนที่ได้ สำหรับการทดลองนี้ใช้ mobile phase เป็น 1% acetic acid : acetonnitrile

สัดส่วน 50 : 50 UV-detector วัดที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 425 นาโนเมตร injection volume เท่ากับ 0.2 มิลลิลิตร มี flow rate เท่ากับ 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีอัตราการเคลื่อนที่ต่างกันเครื่องจะแสดงผลที่ได้เป็นกราฟ เรียกว่าโครมาโทรแกรม ในโครมาโทรแกรมจะแสดงเป็นพีค ของสารแต่ละชนิดมีความกว้าง และระยะเวลาที่ใช้ในการแสดงผลต่างกัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการแสดงผลเรียกว่า retention time และจากพื้นที่ใต้กราฟของพีคต่างๆ ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินสามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเคอร์คูมิน (y = 13390x+78619) โดย y = พื้นที่ใต้พีค และ x = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid (ppm) สามารถนำมาคำนวณหาค่าปริมาณสารเคอร์คูมินของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นชัน

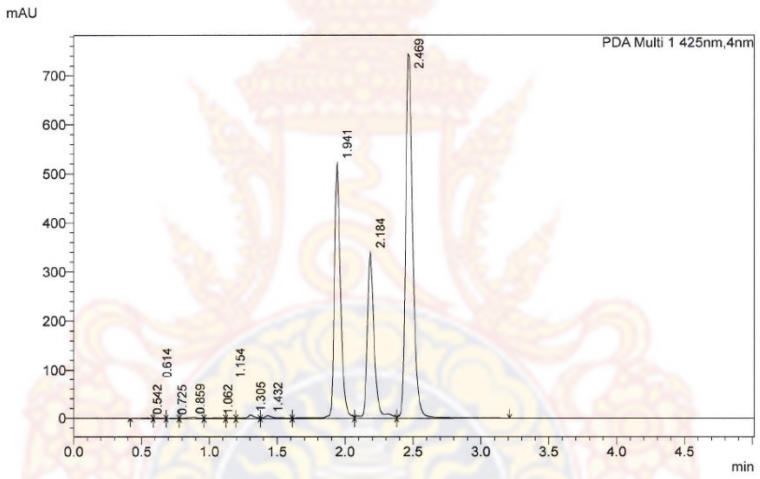
ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินและสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ในน้ำมันตัวอย่าง

น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณสารเคอร์คูมิน (mg/100g oil)	สารประกอบเคอร์คูมินอยด์ (µg/1g oil)
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	96.79 ±12.83	4217.610±13.3485

จากภาพโครมาโทรแกรมของสารละลายเคอร์คูมินมาตรฐาน ซึ่งวัดที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร แสดงให้เห็นพีคจำนวน 1 พีค แสดงดังภาพที่ 4.4 จากการทดลองได้วิเคราะห์เพียงปริมาณเคอร์คูมิน จากโครมาโทรแกรม พบว่าในขมิ้นชันพบพีกที่ 1 คือสารบิสดีเมทอกซิเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin) พีคที่ 2 คือสารดีเมทอกซิเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin) และพีคที่ 3 คือ curcumin (จุฑามาศ, 2554) ขมิ้นชันพบเคอร์คูมินในปริมาณมาก แต่พบสารสารบิสดีเมทอกซิเคอร์คูมินและสารดีเมทอกซิเคอร์คูมินน้อยกว่า สารประกอบเคอร์คูมิน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 โครงสร้างโมเลกุลของเคอร์คูมินจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสามส่วนคือ hydroxyl group ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนที่สองคือ ketone groups และส่วนที่ 3 คือ double bond ซึ่งส่วนของ ketone groups และ double bond มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการทำหน้าที่ต้านการอักเสบ ต้านสารก่อกลายพันธุ์และต้านมะเร็ง ส่วนโครงสร้างของดีเมทอกซีเคอร์คูมิน พบว่ามีหมู่ methoxy เพียง 1 ตำแหน่ง ในขณะที่ บิสดีเมทอกซีเคอร์คูมินไม่มีหมู่เมทอกซิล



ภาพที่ 4.4 โครมาโทรแกรมของสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน



ภาพที่ 4.5 โครมาโทรแกรมของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

4.6 วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดขององค์การอาหารและยา

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

Microbiology analysis	
Total Plate Count	Not more than 1000 cfu/g
Yeast & Mold	Less than 100 cfu/g
Enterobacteriaceae	Less than 100 cfu/g
E.Coli	Absent
Salmonella species	Absent
Staphylococcus aureus	Absent
Pseudomonas Aeruginosa	Absent

4.7 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ

4.7.1 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่

น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถต้านการการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์ได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 118± 56.37µg/ml โดยมีฤทธิ์เป็น 0.02 เท่าของ cisplatin (2.71± 0.90 µg/ml) สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยเปอร์เซ็นต์เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ที่เพิ่มจำนวนหลังได้รับสารตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่างทดสอบ

4.7.2 ทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ

น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถต้านการการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับได้ โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์ได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 26.90±1.07 µg/ml โดยมีฤทธิ์เป็น 0.79 เท่าของ cisplatin (21.21±11.29 µg/ml) สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ โดยเปอร์เซ็นต์เซลล์มะเร็งตับที่เพิ่มจำนวนหลังได้รับสารตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่างทดสอบ

ตารางที่ 4.9 IC_{50} ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากการทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ

ตัวอย่าง	ฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ IC_{50} (µg/ml)	ฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ IC_{50} (µg/ml)
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	118± 56.37	26.90±1.07
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0	0
cisplatin	2.71±0.90	21.21±11.29

4.8 ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งโดยวิธี MTT assay

4.8.1 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ

จากการทดลองพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 6.25-100% มีจำนวนเซลล์รอดชีวิตเท่ากับศูนย์ ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 12.5-100% จำนวนเซลล์รอดชีวิตเท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพต่อฤทธิ์ต้านมะเร็งตับสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตารางที่ 4.10 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งตับ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	11.00±0.65
	3.12	25.68±0.96
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	0.00±0.00
	3.12	29.78±3.16

4.8.2 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม

ที่ความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 25 -100 % ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งเต้านมรอดชีวิตเท่ากับ 0 หากลดความเข้มข้นต่ำ 3.12-12.5 จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.11ถ ถ้าหากพิจารณาที่ความเข้มข้นต่ำๆ พบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีฤทธิ์ต้านมะเร้งเต้านมสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.11 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งเต้านม

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	9.34±0.35
	6.25	16.67±4.77
	3.12	35.95±2.76
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	14.15±2.89
	6.25	24.80±5.18
	3.12	53.18±0.67

4.8.3 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่

ทุกความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่รอดชีวิตเท่ากับ 0 ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่ำว่า 25% จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อลดความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยังเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่มาจากสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.12 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	23.53±0.00
	12.5	32.47±0.00
	6.25	37.22±3.94
	3.12	52.92±5.34
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	0.00±0.00
	3.12	0.00±0.00

4.8.4 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง

ความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสูงกว่า 25 % ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งผิวหนังรอดชีวิตเท่ากับ 0 แต่หากความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นสดมีความเข้มข้นต่ำกว่า 12.5 ส่งผลให้เซลล์มะเร็งผิวหนังรอดชีวิต ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อลดความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งผิวหนังได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยังเซลล์มะเร็งผิวหนังมาจากสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.13 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	2.13±0.05
	50	3.46±0.71
	25	28.80±4.82
	12.5	29.46±0.89
	6.25	32.99±8.06
	3.12	78.41±4.82
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	6.25±0.00
	6.25	20.22±1.16
	3.12	100.00±0.00

4.8.5 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด

ทุกความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งปอดรอดชีวิตเท่ากับ 0 ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่ำว่า 6.25 % จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อลดความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยังเซลล์มะเร็งปอดมาจากสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.14 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งปอด

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	18.32±3.51
	3.12	37.17±1.53
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	0.00±0.00
	3.12	0.00±0.00

4.8.6 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว

ความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสูงกว่า 25 % ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวรอดชีวิตเท่ากับ 0 แต่หากความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีความเข้มข้นต่ำกว่า 12.5 ส่งผลให้เซลล์มะเร็งผิวหนังรอดชีวิต ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อลดความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งผิวหนังได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยังเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวจากสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.15 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	4.05±0.68
	50	31.76±4.56
	25	33.05±2.37
	12.5	47.29±1.02
	6.25	76.67±0.00
	3.12	93.12±6.23
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	25.24±0.67
	6.25	100.00±0.00
	3.12	100.00±0.00

4.8.7 ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งท่อน้ำดี

ทุกความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ส่งผลให้จำนวนเซลล์มะเร็งท่อน้ำดีรอดชีวิตเท่ากับ 0 ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันความเข้มข้นต่ำว่า 6.25% จำนวนเซลล์รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อลดความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งท่อน้ำดีได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้น

ตารางที่ 4.16 สารตัวอย่างที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งท่อน้ำดี

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นตัวอย่าง (%)	จำนวนเซลล์รอดชีวิต (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	0.00±0.00
	3.12	0.00±0.00
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน	100	0.00±0.00
	50	0.00±0.00
	25	0.00±0.00
	12.5	0.00±0.00
	6.25	6.81±0.28
	3.12	26.81±1.31

4.9 ศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิต่างๆ

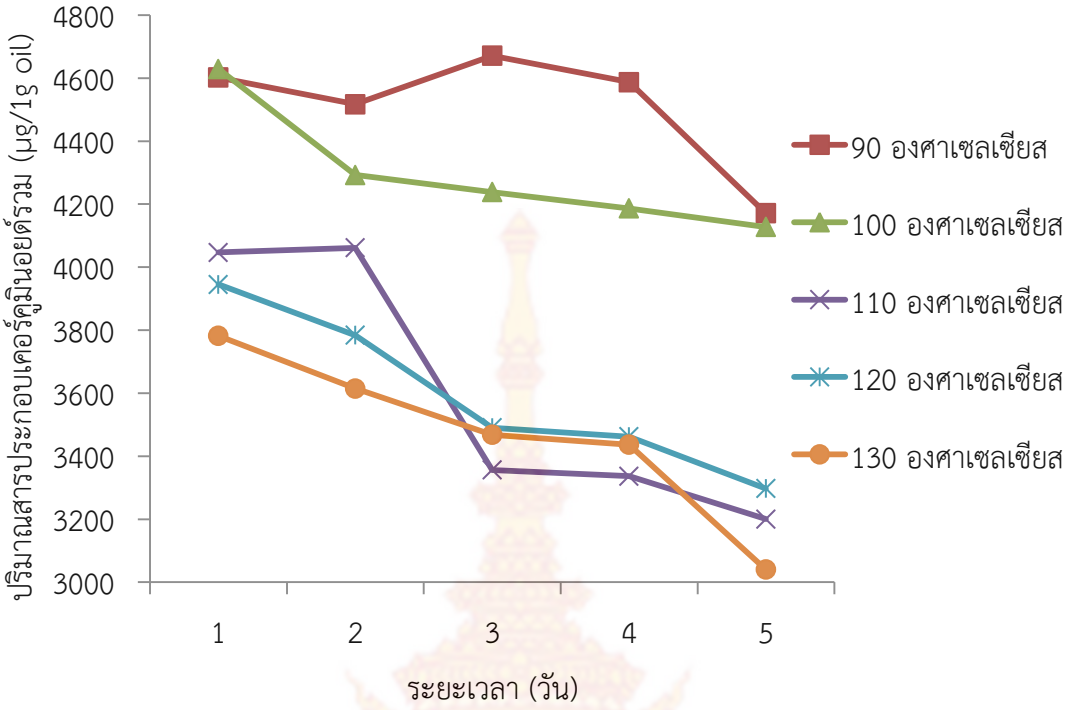
จากการศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง ดังตารางที่ 4.17 ภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 ที่อุณหภูมิ 90 °C แนวโน้มการลดลงของเคอร์คูมินอยด์ต่ำที่สุด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะอุณหภูมิ 130 °C ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ลดต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 4.17 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บและอุณหภูมิต่างๆ

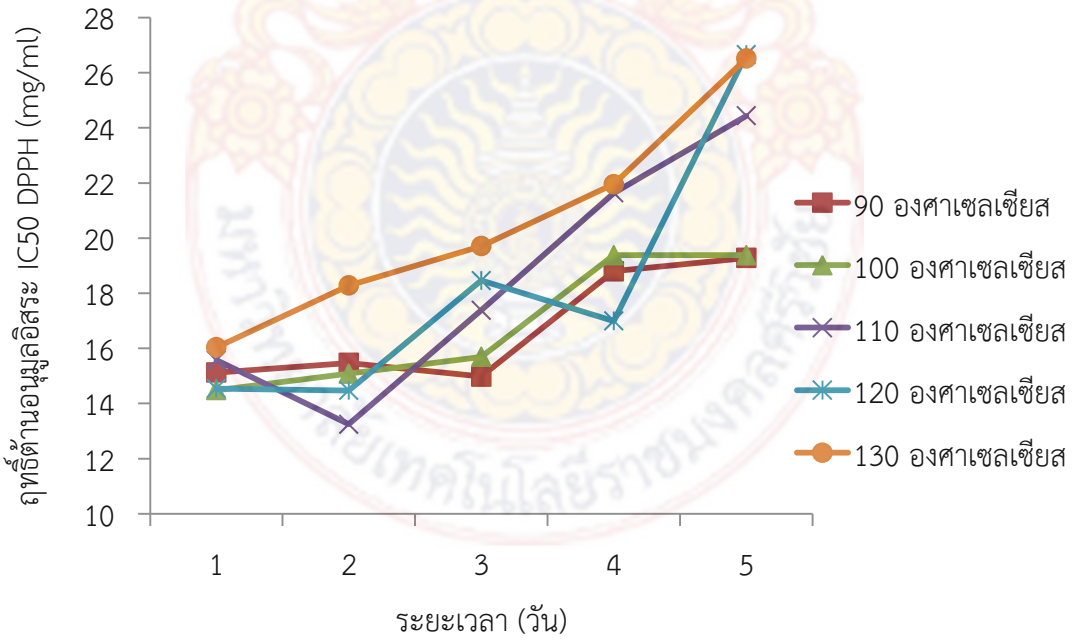
อุณหภูมิ (° C)	ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวม (µg/1g oil)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} DPPH (mg/ml)
90	1	$4602.035\pm3.8182^{q,r}$	$15.1223\pm0.1447^{b,c,d}$
	2	4517.062 ± 3.8042^{p}	$15.4724\pm0.0637^{b,c,d,e}$
	3	4670.970 ± 3.7990^{t}	$14.9770\pm0.1965^{b,c,d}$
	4	4587.438 ± 3.8025^{q}	$18.7975\pm0.1752^{h,i}$
	5	4171.078 ± 11.4457^{l}	19.2788 ± 0.0740^{i}

ตารางที่ 4.17 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (° C)	ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวม (µg/1g oil)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} DPPH (mg/ml)
100	1	4629.066±3.7970^{r,s}	14.4846±0.0560^{a,b}
	2	4292.617±7.6390^{n}	15.0809±0.1018^{b,c,d}
	3	4238.501±3.8125^{m}	15.6934±0.0392^{b,c,d,e}
	4	4186.499±3.8132^{l}	19.3814±0.1335^{f,g,h}
	5	4127.295±3.8155^{k}	19.3814±0.1453^{i}
110	1	4046.697±3.8060^{j}	15.5712±0.3409^{b,c,d,e}
	2	4.061543±10.0902^{j}	13.2482±0.0845^{a}
	3	3356.497±7.6065^{d}	17.3836±0.0486^{f,g,h}
	4	3336.623±7.6617^{d}	21.6379±0.7193^{j}
	5	3200.176±3.8027^{b}	24.4378±0.0307^{k}
120	1	3945.382±15.4292^{i}	14.5452±0.1415^{a,d,c}
	2	3783.958±3.8676^{h}	14.4736±0.0502^{a,b}
	3	3490.476±3.8346^{f}	18.4637±0.6084^{g,h,i}
	4	3462.079±3.8326^{e,f}	16.9928±0.1146^{e,f,g}
	5	3297.466±7.6942^{c}	26.6587±0.1639^{l}
130	1	3782.194±7.7316^{h}	16.0422±0.0255^{c,d,e,f}
	2	3615.085±3.8471^{g}	18.2799±0.0668^{g,h,i}
	3	3468.031±10.1576^{e,f}	19.7098±0.0506^{i}
	4	3436.709±3.8563^{e}	21.9602±0.1761^{j}
	5	3040.113±6.5775^{a}	26.5142±0.2178^{l}



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวม (µg/1g oil) ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บและอุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระยะเวลาการจัดเก็บและอุณหภูมิต่างๆ

4.10 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

คุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มมีคุณภาพตามมาตรฐานขององค์การอาหารและยากำหนด ดังตารางที่ 4.18

ภาพที่ 4.8 ผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันในรูปแคปซูลนิ่ม

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบปริมาณสารสำคัญ เชื้อจุลินทรีย์ และโลหะหนัก

Profile	Results
Chemical	
Acid value (mg KOH/gm)	0.035ultsegration timeSoft gel
Peroxide value (Meq peroxide/kg)	0
Cucuminoid (mg/1 g)	≥ 3
Heavy metal analysis	
Arsenic (mg/kg fat)	Absent
Lead (mg/kg fat)	Absent
Microbiology analysis	
Total Plate Count	Not more than 1000 cfu/g
Yeast & Mold	Absent
Enterobacteriaceae	Absent
E.Coli	Absent
Salmonella species	Absent
Staphylococcus aureus	Absent
Pseudomonas Aeruginosa	Absent

4.11 ศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์บรรจุแคปซูลระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลเจลาตินปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อแคปซูล และขวดสีชาจำนวน 100 แคปซูลต่อขวด ใส่สารดูดความชื้นขวดละ 1 ซอง จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40 $^{\circ}$C และอุณหภูมิห้อง ตัวอย่างละ 3 ขวด จากนั้นสุ่มแคปซูลขวดละ 3 ตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 4 เดือน สุ่มตรวจสอบคุณภาพดังนี้ ทดสอบคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน

4.11.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่ม

จากการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาการจัดเก็บมากขึ้นน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงน้อยมาก แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มมีความคงตัวสูง

ตารางที่ 4.19 IC_{50} จากวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (เดือน)	IC_{50} (mg/ml)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
0	10.0860 ± 0.1450^{a}	
2	12.0724 ± 0.2090^{d}	11.4138 ± 0.1279^{c}
4	$11.4728\pm0.1171^{b,c}$	10.5948 ± 0.0631^{b}
6	$11.8872\pm0.0499^{c,d}$	11.7674 ± 0.0975^{d}
9	11.1999 ± 0.2277^{b}	-
12	10.6107 ± 0.2210^{a}	-

4.11.2 ศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่ม

จากการทดลองพบว่า ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มมีปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อระยะเวลาการจัดเก็บนานขึ้น แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส

ตารางที่ 4.20 กรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (เดือน)	กรดไขมันอิสระ (%)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
0	0.0950±0.0054^{a,b}	0.0950±0.0054^{a}
2	0.0974±0.0004^{a,b}	0.1255±0.0109^{b}
4	0.1030±0.0128^{a,b}	0.1184±0.0003^{b}
6	0.0922±0.0111^{a}	0.0984±0.0003^{a}
9	0.0993±0.0007^{a,b}	-
12	0.1180±0.0008^{a}	-

4.11.3 ศึกษาปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่ม

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดในแคปซูลน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นชัน พบว่าเมื่อจัดเก็บไว้แคปซูลน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความคงตัวของสารประกอบเคอร์คูมินอยด์ที่อุณหภูมิห้องสูงกว่าอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเมื่อจัดเก็บไว้เป็นระยะเวลานานส่งผลทำให้สารประกอบเคอร์คูมินอยด์ลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.21 เคอร์คูมินอยด์ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (เดือน)	เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (µg/1g)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
0	4217.610±13.3485^{b}	4219.891±14.6689^{c}
2	3609.461±49.0856^{a}	3747.782±27.6764^{b}
4	4588.796±132.2458^{c}	3666.788±26.8243^{a,b}
6	4741.609±85.7517^{c}	3585.525±49.9311^{a}
9	4000.063±29.5002^{b}	-
12	3423.254±33.6555^{a}	-

4.11.4 ทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในแคปซูลอาหารเสริมจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มเมื่อเวลาผ่านไปที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า Total Plate Count (CFU/g) และ Escherichia coli (MPN/g) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเป็นไปตามมาตรฐานของ อย.

ตารางที่ 4.22 ค่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (เดือน)	ผลการทดสอบ	
	Total Plate Count (CFU/g)	Escherichia coli (MPN/g)
อุณหภูมิห้อง		
0	<10	<3.0
2	<10	<3.0
4	<10	<3.0
6	<10	<3.0
9	<10	<3.0
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส		
2	<10	<3.0
4	<10	<3.0
6	<10	<3.0

4.11.5 ทดสอบความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแคปซูลอาหารเสริมจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ทดสอบความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุแคปซูลนิ่ม โดยการวิเคราะห์หาปริมาณค่าเปอร์ออกไซด์ พบว่าที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าอาหารเสริมจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันบรรจุในแคปซูลนิ่มมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระจากขมิ้นชันละลายในน้ำมันมะพร้าวช่วยป้องกันและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันมะพร้าว และขณะเดียวกันน้ำมันมะพร้าวมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพราะองค์ประกอบหลักมีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีขนาดสายโซ่ปานกลางสูง

ตารางที่ 4.23 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่บรรจุแคปซูลนิ่มที่ระยะเวลาการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (เดือน)	Peroxide value (meq/kg)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
0	5.03	5.03
2	5.04	5.04
4	5.09	5.09
6	4.72	4
9	4.00	-

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ในการทดลองใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักของขมิ้นชัน 5:1.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำมันที่ได้เท่ากับ 20.8 % สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน พบว่าค่ากรดไขมันอิสระ เปอร์ออกไซด์ มีค่าต่ำ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน APCC และมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีค่าสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง และพบว่าปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์และเคอร์คูมินจากขมิ้นชันสามารถละลายได้ในน้ำมันมะพร้าว จากการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดของอย. ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถต้านการการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์ได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 118± 56.37µg/ml โดยมีฤทธิ์เป็น 0.02 เท่าของ cisplatin (2.71± 0.90 µg/ml) สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ การทดสอบฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถต้านการการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับได้ โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์ได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 26.90±1.07 µg/ml โดยมีฤทธิ์เป็น 0.79 เท่าของ cisplatin (21.21±11.29 µg/ml) สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งตับ การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ใช้วิธี MTT assay น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับ ลำไส้ใหญ่ มะเร็งปอดได้ดีทุกความเข้มข้นตั้งแต่ 3.12 – 100 % ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวสามารถยับยั้งมะเร็งท่อน้ำดีได้ดีที่สุด

จากการศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 90, 100, 110, 120 และ130 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานข้อกำหนดของอย. ความคงตัวของผลิตภัณฑ์บรรจุแคปซูลระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าเปอร์ออกไซด์ ในแคปซูลน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นชันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน APCC เมื่อจัดเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องและ40 องศาเซลเซียส พบว่าที่แคปซูลที่อุณหภูมิห้องมีความคงตัวสูงกว่ากรณีที่จัดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณสารประกอบเคอร์คูมินอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเล็กน้อย ในระหว่างการจัดเก็บได้ทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในแคปซูลอาหารเสริมจากน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า Total Plate Count (CFU/g) และ Escherichia coli (MPN/g) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

บรรณานุกรม

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

คมสัน หุตะแพทย์. 2546. มหัศจรรยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ . วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 7(2): 259-262

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

นันทวัน บุญยะประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2539. สมุนไพร ไม้พื้นบ้าน เล่ม 1. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. บริษัท ประชาชน จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

นิรนาม. 2542. มะระขี้นกและขมิ้นชันขจัดการไดออกซินเพื่อสุขภาพ.แหล่งที่มา: http://www.geocities.com/capecanaveral/cockpit/6475/health.htm#3, 11 มีนาคม 2547

รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, พร้อมจิต ศรลัมพ์, สมภพ ประธานธุรารักษ์, วิชิต เปานิล, นพมาศ สุนทรเจริญนนท์และ วงศ์สถิต ฉั่วกุล. 2545. สมุนไพร ยาที่ควรรู้. หนังสืออนุสรณ์งานพระราชทานเพลิงศพ นายวัฒนา ชานนท์. ศักดิโสภา การพิมพ์. หน้า 55-56.

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

สุคนธ์ พูนพัฒน์. 2542. ก้าวไปกับสมุนไพร. คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้า 66-67.

วันดี กฤษณพันธ์. 2538. สมุนไพรสารพัดประโยชน์. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.หน้า 48-49.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. สารเจือปนในอาหาร. ห้างหุ้นส่วน จำกัด ที พี เอ็น เพรส. หน้า 181-208.

อัญชนา เจนวิถีสุข. 2545. การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Araujo, C.A.C. and Leon, L.L. 2001. Biological Activity of Curcuma longa L. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 96 (5): 723-728.

Apisariyakul, A., Vanittanakom, N. and Buddhasu kh, D. 1995. Antifungal activity of turmeric oil: Extrected from *Curcuma longa* (Zingiberaceae). J. Ethnopharm. 49:163-162

Banerjee, A. and Nigam, S.S. 1978. Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma long.* Indian J. Med. Res. 68: 864-866.

Bawalan, D.D., & 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.

Caichompoo, W. 1999. Antimicrobial Activity of Volatile Oil and Curcuminoids from *Curcuma longa.*M.S. thesis, Mahidol University

Chandra D., Gupta S.S. 1972. Anti-inflammatory and anti-arthritic activity of volatile oil of Curcuma longa (Haldi).Indian J Med Res. Jan;60(1):138-42.

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.

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

Howell, N.K. and 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.

Huang, M.T., Ma, W., Yen, p., Xie, J.G., Frenkel, K. and Conney, A.H. 1997. Inhibitory effectr of topical applical of low doses of curcumin on 12-0-tetradecanoy lphorbol-13-induced tumor promotion and oxidized DNA doses in mouse epidermis. Carcinogen 18:83-88.

Inkeawsri, C. and Penprapai, P. 2014. Effect of Heating Temperature and Storage on the Stability of Coconut Oil with Extracted Zingiber and Curcuma .*Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference 2014 (PACCON 2014) – Moving Towards Innovation in Chemistry,* Khon Kaen University, Thailand, 8 - 10 January 2014, pp. 940-942.

Iqbal, M., Sharma, S.D., Okazaki, Y., Fujisawa, M. and Okada, S. 2003. Dietary sup lamentation of curcumin enchances antioxidant and phase II metabolizing enzymes in ddy male mice possible role in protection against chemical carcinogenesis and toxicity. Phamacol. Toxicol. 92: 33-38.

Jovanovie, S.V., Boone, C.W., Steenken,S., Manuele, T. and Sakariah, K.K. 2001. How curumin works preferentially with water soluble antioxidants. J. American Chem. Society 123: 3064-3068.

Kuttan, R., Bhanumathy, P., Nimala, K. and George, M.C. 1985. Potentail anticaneer activity of turmeric (curuma longa.) cancer letters 29: 197-202.

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

Misra, S.K. and Satu, K.C. 1977. Screening of some indigenous plants for antifungal activity against dematiphtes. Indian J. Pharmacol. 9: 269-272.

Nevin KG and Rajamohan T. 2009. Wet and dry extraction of coconut oil: impact on lipid metabolic and antioxidant status in cholesterol coadministered rats. Can J Physiol Pharmacol. Aug;87(8):610-6. doi: 10.1139/y09-045.

Pokorny, J., Yanishliera, N. and Gordon, M., 2001, Antioxidants in food, CRC press, Washington. DC., 380 p.

Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. Turmeric., Species Vol II. Tropical Agriculture Series.Longman Inc., New York.

Reddy, A.C., and Lokesh, B.R. 1994. Effect of dietary turmeric (curuma longa.) on iron-induced lipid peroxidation in the rat liver. Food and Chem. Toxicol. 32: 279-283.

Rouseff, R.L. 1988. High Performance Liquid Chromatographic Seperation and Spectal Characterization of the pigment in Turmeric and Annatto.J. Food.Sci.53 (6): 1823-1826

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 20,* 941-953.

Sies, H., Stahl, W. and Sundquist, A. 1991. Antioxidant functions of vitamins, vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids. Annals of the New York Academy of sciences. 368: 7-19.

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.

Wright, J. 2002. Predicting the antioxidant activity of curcumin and curcuminoids. J. Moleeular Structure 591:207-217.

Wuthi-Udomler, M., Gvisanapan, W., Luanratana, O., and Cai-Chompoo, W. 2000. Antifungal activity of curcuma longa grow in Thailand, Sovtbeast Asian J. Trop med, Public Health 31:178-182.

Yang, J.H. 2000. Antioxidant and related compounds. Baosci Biotechnol. Journal of Biochemistry & Cell Biology. *61*: 1646-1649.

Yegnanarayan, R., Saraf, A.P. and Balwani, J.H. 1976. Comparison of anti-inflammatory activity of various extracts of curcuma longa (Linn). Indian J. Med. Res. 64:601-608.

ภาคผนวก

1. การผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะเหง้าของขมิ้นชัน

ภาพผนวกที่ 2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ภาพผนวกที่ 3 แคปซูลน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน

ครั้งที่	ปริมาณน้ำมัน (ml)
1	1187
2	1215
3	1175
4	1172