กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย และการประยุกต์ใช้

Antioxidant activity of Thai medicinal plant essential oils and their applications

นางสาวจันทร์ทิพย์ ทรรศนศิริกุล
นางสาวธีรดา เขียวแดง
นายธีรเดช พยุยงค์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THAI MADICINAL PLANT ESSENTIAL OILS AND THEIR APPLICATIONS

MISS JANTIP TADSANASIRIGUL

MISS THEERADA KHIAWDANG

MR. THEERADACH PAYUYONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN BIOTECHNOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษเรื่อง	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยและการประยุกต์ใช้ Antioxidant activity of Thai medicinal plant essential oils and their applications
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจันทร์ทิพย์ ทรรศนศิริกุล นางสาวธีรดา เขียวแดง นายธีรเดช พยุยงค์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.อารี ฤทธิบูรณ์	
รศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ	
ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์	

.....

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)

ประธานสาขาวิชาชีววิทยา

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษเรื่อง	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยและการประยุกต์ใช้	
นักศึกษา	นางสาวจันทร์ทิพย์	ทรรศนศิริกุล
	นางสาวธีรดา	เขียวแดง
	นายธีรเดช	พยุยงค์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ	
ปีการศึกษา	2553	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	

บทคัดย่อ

ในการศึกษากิจกรรมการอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ใบพลู (*Piper betle* Linn.) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) กานพลู (*Syzygium* aromaticum) และตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* Stapf.) โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric reducing power (FRAP) และ β-carotene bleaching พบว่าน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันขมิ้นชัน น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูด สำหรับน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงโดยมีค่า IC_{50} เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เท่ากับ 0.060 และ 0.202 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ มีค่า reducing capacity เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี Ferric reducing power เท่ากับ 2.784 และ 1.769 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิกรัมและมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์โดยวิธี β-carotene bleaching เท่ากับร้อยละ 67.80 และ 47.57 ตามลำดับ นอกจากนี้น้ำมันทั้งสองชนิดนี้ยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดอีกด้วย น้ำมันกานพลูและใบพลูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,107.10 และ 382.29 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของน้ำมันและมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 264.03 และ 228.27 ไมโครกรัมควอซีทินต่อมิลลิกรัมของน้ำมันตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 และน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ต่อการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันใน 1) แคบหมูที่ผ่านการทอดและ 2) น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอด (น้ำมันปาล์มใหม่ที่ผ่านการทอดและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ พบว่าน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในแคบหมูได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่า TBARS ของแคบหมูทรีตเมนต์อื่น แคบหมูทั้งชนิดที่ทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และชนิดที่ผ่านการทอดซ้ำในน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีค่า TBARS น้อยที่สุดหลังจากการเก็บรักษาครบ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีผลช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์และค่าของกรดในน้ำมันปาล์มใหม่ที่ผ่านการทอดและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำได้ดีที่สุดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันหอมระเหย ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Antioxidant activity of Thai medicinal plant essential oils and their applications
Students	Miss Jantip Tadsanasirigul Miss Teerada Khiawdang Mr. Theeradech Payuyong
Degree	Bachelor of Science
Major	Biotechnology
Academic Year	2009
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suree Nanasombat

ABSTRACT

Antioxidant activities of 5 Thai medicinal plant essential oils including betle leaf (*Piper betle* Linn.), turmeric (*Curcuma longa* Linn.), kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.), clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus* stapf.) were studied. Clove and betle leaf oils had the strongest antioxidant activities, followed by turmeric oil, lemongrass oil and kaffir lime oil. Clove and betle leaf oils had strong antioxidant activities with 0.060 and 0.202 mg/ml IC_{50} value, 2.784 and 1.769 mM/mg reducing capacity and 67.80% and 47.57% antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ferric reducing power (FRAP) and β-carotene bleaching methods, respectively. In additions, these oils contained maximum amounts of total phenolic and flavonoid contents. Clove and betle leaf oils had total phenolic contents of 1,107.10 and 382.29 µg gallic acid/mg oil and total flavonoid contents of 264.03 and 228.27 29 µg quercetin/mg oil, respectively.

Effect of 0.6% clove oil, 0.2% betle leaf oil and 0.6% clove oil mixed with 0.2% betle leaf oil on delaying lipid oxidation of 1) deep-fat fried pork skin and 2) heated palm oils (fried palm oil and repeatedly fried palm oil) during storage at 30 °C and 37 °C for 12 days, respectively was investigated. Clove oil (0.6%) was the most effective to delay lipid oxidation both in deep-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fried pork skin and these fried palm oils. Compared to TBARS values of deep-fried pork skin of other treatments, the pork skin samples fried in both fresh and fried palm oils added with 0.6% clove oil had the lowest TBARS value after 12-day storage at 30 °C. Besides, 0.6% clove oil was the most effective to delay the increases of peroxide and acid values in fried palm oil and repeatedly fried palm oil during storage at 37 °C.

Keywords : free radical, antioxidant, essential oil, lipid oxidation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ รศ.อารี ฤทธิบูรณ์ และ ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาชี้แนวทางรวมทั้งการแก้ปัญหาและเอาใจใส่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดการดำเนินงานโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาชีววิทยาที่ให้ความกรุณาถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ต่างๆทั้งในและนอกวิชาเรียนแก่ลูกศิษย์รวมทั้งคุณพยอม เกียรติกำจร และคุณอนิทัต ทองจันทร์ นักวิทยาศาสตร์ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

ท้ายสุดขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ของคณะผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์มาโดยตลอด

นางสาวจันทร์ทิพย์ ทรรศนศิริกุล

นางสาวธีรดา เขียวแดง

นายธีรเดช พยุยงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูปภาพ	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สมุนไพร	4
2.2 อนุมูลอิสระ	8
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	11
2.4 สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน	16
2.5 สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน	18
2.6 วิธีทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	24
2.7 การใช้วัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร	27
2.8 น้ำมันที่ใช้ทอด	28
2.9 การวัด Oxidative rancidity	32
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	37
3.1 อุปกรณ์	37
3.2 วิธีการทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	47
4.1 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย	47
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด	52
4.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วระหว่างการเก็บรักษา	54
4.4 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแคบหมูระหว่างการเก็บรักษา	65
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	105
ภาคผนวก ค	110
ภาคผนวก ง	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
2.1 สารต้านอนุมูลอิสระที่ยอมรับสำหรับใช้ในอาหาร	12
2.2 ค่าสปอนนิฟิเคชันของน้ำมันที่ใช้บริโภคบางชนิด	20
2.3 ค่าไอโอดีนของน้ำมันชนิดต่าง ๆ	21
2.4 ค่าไรเฮิท-ไมเซล (Reichert Meissel number) และค่าโพเลงสเก (Plenske number) ของเนยและเนยผสมน้ำมันมะพร้าว	23
4.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูใหม่ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	63
4.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูซ้ำในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	64
ก1 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical)	74
ก2 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันใบพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	77
ก3 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	79
ก4 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันตะไคร้ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	81
ก5 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	83
ก6 ค่าการดูดกลืนแสงของบีเอชทีที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	85
ก7 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ก8 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ (ferrous tripyridyl triazine)ในน้ำมันกานพลู	91
ก9 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันใบพลู	92
ก10 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันขมิ้นชัน	93
ก11 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันตะไคร้	93
ก12 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันมะกรูด	94
ก13 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในวิตามินอี	94
ก14 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในบีเอชที	95
ก15 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่เวลา 0 นาทีและ 105 นาที	96
ก16 ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, FRAP, β-carotene bleaching ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย	104
ข1 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้ง	108
ค1 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ค2 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 110

ค3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 112

ค4 ค่าของกรดของน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน 112

ค5 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 113

ค6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 115

ค7 ค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ผ่านการให้ความร้อน 116

ค8 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (ค่า L) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 116

ค9 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (ค่า a) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 118

ค10 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (ค่า b) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคบหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ง1 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	122
ง2 การวิเคราะห์ทางสถิติผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	124
ง3 การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ในระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
2.1 ลักษณะทั่วไปของใบพลู	5
2.2 ลักษณะทั่วไปของเหง้าขมิ้นชัน	6
2.3 ลักษณะทั่วไปมะกรูด	7
2.4 ลักษณะทั่วไปของกานพลู	7
2.5 ลักษณะทั่วไปของตะไคร้	8
2.6 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์	15
2.7 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	20
2.8 การเกิดปฏิกิริยาของ TBA (thaiobarbituric acid) กับมาโลนาลดีไฮด์	23
2.9 โครงสร้างของอนุมูล DPPH	24
2.10 แสดงการรีดิวซ์เหล็ก Fe^{3+}-TPTZ (ferric tripyridyl triazine) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{2+}-TPTZ	25
2.11 การเกิดออกซิเดชันของเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอ	26
2.12 แผนภูมิการสกัดน้ำมันปาล์ม	30
2.13 การทำบริสุทธิ์ทางกายภาพและทางเคมีของสารสกัดหยาบจากน้ำมันปาล์ม	31
4.1 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย	51
4.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย	53
4.3 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแคบหมู	56
4.4 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแคบหมู	58
4.5 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแล้ว 1 ครั้ง	66

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
ก1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ	75
ก2 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันใบพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ	77
ก3 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่างๆ	79
ก4 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันตะไคร้ที่ความเข้มข้นต่างๆ	81
ก5 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ	83
ก6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับบีเอชทีที่ความเข้มข้นต่างๆ	85
ก7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ	87
ก8 กราฟมาตรฐานเฟอรัสซัลเฟต	91
ก9 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก	97
ก10 กราฟมาตรฐาน quercetin	101
ข1 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) เป็นกระบวนการที่เกิดได้ในอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ดี การเหม็นหืนเป็นปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้เองเรียกว่าออโตออกซิเดชัน (autoxidation) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กับออกซิเจนได้เป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ที่สามารถสลายตัวเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน เกิดเป็นอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งจะช่วยในการเริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ดำเนินต่อไป (Stauffer, 1996) ซึ่งอนุมูลอิสระนั้นเป็นโมเลกุลที่มีอิเล็คตรอนเดี่ยวอยู่ในวงนอกสุดจึงไม่คงตัวและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นถูกจับโดยออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (reactive oxygen species) เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (superoxide anion, $O_2^{\cdot}$) อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl, $OH^{\cdot}$) ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) และเปอร์ออกซีไนไตร์ต (peroxinitrite) เป็นต้น (Gulcin และคณะ, 2003) สารเหล่านี้เป็นผลให้เกิด oxidative stress ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น มะเร็ง และหลอดเลือดหัวใจตีบตัน เป็นต้น (Halliwell และคณะ, 1999) โดยเฉพาะน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหารเมื่อสัมผัสอากาศ แสงและผ่านความร้อนประมาณ 180 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาหนึ่งจะก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Augustin และ Berry, 1983) ซึ่งไม่เพียงส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอดเท่านั้นยังส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารทอดอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการรับประทานอาหารที่ทอดด้วยน้ำมันที่เคยผ่านความร้อนมาแล้วหรือน้ำมันที่เกิดออกซิเดชันแล้วจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เช่น การทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ (Leong และคณะ, 2008) โรคมะเร็ง (de Mejia และคณะ, 2010) ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการชะลอการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อน โดยทั่วไปการเติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์สามารถต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารได้ มีสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์หลายชนิดที่นิยมเติมลงในอาหารได้แก่ บีเอชเอ (butyrated hydroxyl anisole, BHA) บีเอชที (butyrated hydroxyl toluene, BHT) และทีบีเอชคิว

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(tertiary butylhydroquinone, TBHQ) เป็นต้น แต่สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์เหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพ ถ้าหากใช้ในปริมาณที่สูง (Anagnostopoulou และคณะ, 2006) ฉะนั้นจึงน่าสนใจที่จะนำสารสกัดจากพืชที่มีสมบัติการต้านออกซิเดชันได้ดีมาใช้ทดแทนสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ โดยจะพบได้ในเครื่องเทศและพืชสมุนไพร

เครื่องเทศเป็นพืชสมุนไพร (aromatic plant) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืชเช่น เมล็ด ดอก ใบ เปลือกหรือราก เครื่องเทศหลายชนิดเช่น พริกไทย กานพลู ขิง ลูกจันทร์ ดอกจันทร์เทศ และอื่นๆใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรสและถนอมอาหาร นอกจากนี้ยังมีการนำเครื่องเทศและพืชสมุนไพรหลายชนิดมาทำผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอางค์ (Chaichite, 2004) มีรายงานว่าเครื่องเทศและสมุนไพรหลายชนิดมีสมบัติต้านออกซิเดชันได้ (Santoro และคณะ, 2007; Bhattacharya และคณะ, 2007) ดังเช่นในรายงานวิจัยของ Santoro และคณะ (2007) พบว่าน้ำมันกานพลูมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้สูงเมื่อวิเคราะห์ด้วย DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 99.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ Bhattacharya และคณะ (2007) ได้รายงานว่าสารสกัดจากใบพลูที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรช่วยป้องกันการเกิด Fe (II) ที่จะชักนำให้เกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันได้ร้อยละ 77.4 นอกจากนี้ Figeuirinha และคณะ (2008) พบว่าสารสกัดจากตะไคร้ที่สกัดได้ด้วยวิธี infusion extract มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดเมื่อทดสอบด้วย DPPH แต่ขมิ้นกับมะกรูดยังมีข้อมูลในงานวิจัยน้อยจึงเป็นที่สนใจในการศึกษาสมบัติการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรไทยเหล่านี้เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากสมุนไพรชนิดที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุดนำมาประยุกต์ใช้โดยเติมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู เนื่องจากแคปหมูเป็นอาหารที่คนไทยนิยมใช้บริโภคแต่แคปหมูมีไขมันเป็นองค์ประกอบสูงไขมันจึงเกิดออกซิเดชันได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงได้ศึกษาผลของการเติมน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมูเพื่อชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในแคปหมูและในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดในระหว่างการเก็บรักษา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแคปหมูและในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาผลของการต้านการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากสมุนไพรไทย 5 ชนิดคือ ใบพลู ขมิ้น มะกรูด กานพลู และตะไคร้ โดยเปรียบเทียบกับสารต้านการเกิดออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี และนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันการเหม็นหืนจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแคปหมู

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถชะลอการเกิดกลิ่นเหม็นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันที่ใช้ในการทอดแคปหมู โดยใช้สารต้านการเกิดออกซิเดชันจากสมุนไพรไทยแทนสารต้านการเกิดออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารด้านอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมุนไพร

สมุนไพรเป็นพืชที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคหรืออาการเจ็บป่วยต่าง ๆ การใช้สมุนไพรสำหรับรักษาโรคหรืออาการเจ็บป่วยต่างๆ นี้ จะต้องนำเอาสมุนไพรตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมรวมกันซึ่งจะเรียกว่า "ยา" ในตำรับยา นอกจากพืชสมุนไพรแล้วยังอาจประกอบด้วยสัตว์และแร่ธาตุอีกด้วย เราเรียกพืช สัตว์ หรือแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของยานี้ว่า "เภสัชวัตถุ" พืชสมุนไพรบางชนิด เช่น แร่ว กระวาน กานพลู และจันทน์เทศ เป็นต้น เป็นพืชที่มีกลิ่นหอมและมีรสเผ็ดร้อน ใช้เป็นยาสำหรับขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ พืชเหล่านี้ถ้านำมาปรุงอาหารเราจะเรียกว่า "เครื่องเทศ" โดยในพระราชบัญญัติยาฉบับที่ 3 ปีพุทธศักราช 2522 “สมุนไพร” ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึงพืชที่ใช้เป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติและมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะสุขภาพ หมายถึง การส่งเสริมสุขภาพและการรักษาโรค ความหมายของยาสมุนไพรในพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่า ยาสมุนไพร หมายความว่า ยาที่ได้จากพฤกษาชาติสัตว์หรือแร่ธาตุ ซึ่งมิได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เป็นต้น ซึ่งมิได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใดๆ แต่ในทางการค้า สมุนไพรมักจะถูกดัดแปลงในรูปแบบต่างๆ เช่น ถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็กลง บดเป็นผงละเอียด หรืออัดเป็นแท่ง

ในปัจจุบันเมื่อการแพทย์เริ่มเข้ามามีบทบาทในประเทศไทย สรรพคุณและคุณค่าของสมุนไพรอันเป็นสิ่งที่เป็นภูมิปัญญาโบราณก็เริ่มถูกบดบังไปเรื่อยๆ และถูกทอดทิ้งไปในที่สุดทำให้คนรุ่นหลังเห็นคุณค่าของสมุนไพรไทยน้อยลง ในความเป็นจริงคนส่วนใหญ่ก็ทราบกันดีว่าสมุนไพรไทยเป็นสิ่งที่มีคุณค่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง และใช้ได้อย่างกว้างขวาง แต่เป็นเนื่องจามีการใช้วิธีรักษาโรคแผนใหม่มานานจนวิชาแพทย์แผนโบราณที่มีสมุนไพรเป็นยาหลักไม่ได้นำมาใช้จนจะเลือนหายไป ต่อมาภาครัฐได้เล็งเห็นคุณค่าของสมุนไพรไทยอีกครั้งจึงได้มีการแถลงนโยบายต่อรัฐสภาไว้เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2535 ว่า "ให้มีการผสมผสานการแพทย์แผนไทยและสมุนไพรเข้ากับระบบบริการสาธารณสุขของชุมชนอย่างเหมาะสม" ดังนั้นสมุนไพรไทยจึงได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อบำรุงสุขภาพและนำมารักษาป้องกันโรคต่างๆ มากขึ้น และได้พยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนายาสมุนไพรให้สามารถนำมาใช้ในรูปแบบที่สะดวกยิ่งขึ้น เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาบดเป็นผงบรรจุแคปซูล ตอกเป็นยาเม็ด เตรียมเป็นครีมหรือยาขี้ผึ้งเพื่อใช้ทาภายนอก เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยเพื่อนำสมุนไพรมาใช้เป็นยาแผนปัจจุบันนั้น ได้มีการวิจัยอย่างกว้างขวาง โดยพยายามสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรเพื่อให้ได้สารที่บริสุทธิ์ ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ของสารเพื่อให้ทราบว่าเป็นสารชนิดใด ตรวจสอบฤทธิ์ด้านเภสัชวิทยาในสัตว์ทดลองเพื่อดูให้ได้ผลดีในการรักษาโรคหรือไม่เพียงใด ศึกษาความเป็นพิษและผลข้างเคียง เมื่อพบว่าสารชนิดใดให้ผลในการรักษาที่ดี โดยไม่มีพิษหรือมีพิษข้างเคียงน้อยจึงนำสารนั้นมาเตรียมเป็นยารูปแบบที่เหมาะสมเพื่อทดลองใช้ต่อไป (บูรพา, 2550)

2.1.1 สมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1.1 ใบพลู

ใบพลูมีชื่อมีชื่อทางท้องถิ่นว่า พลูจีน ซีเก๊ะ เปล้ายวน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Piper betle* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Piperaceae พลูมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย ชอบอากาศร้อนชื้น พลูเป็นไม้เลื้อยเกาะพันกับไม้หลักด้วยรากที่อยู่ตามข้อ ใบเป็นใบเดี่ยว รูปร่างรีถึงรูปไข่ ฐานใบป้านหรือเว้าเป็นรูปหัวใจ ปลายใบแหลม ใบยาวประมาณ 5-18 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวเหลืองถึงเขียวเข้ม มีกลิ่นฉุนและมีรสเผ็ด ดอกมีสีขาวขนาดเล็กเป็นช่อบนแกนยาว ดังรูปที่ 2.1 ขยายพันธุ์ได้โดยการปักชำ ปลูกได้ทุกภาคของประเทศ ในใบพลูมีน้ำมันหอมระเหย มีสีน้ำตาลปนเหลืองและมีกลิ่นฉุน เรียกว่าน้ำมันพลู ซึ่งมีรายงานถึงสารประกอบหลักในน้ำมันพลูเป็นสารประกอบพวกฟีนอล และสารประกอบหลักที่พบมากในน้ำมันพลูได้แก่ isoeugenol chavicol eugenol ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ใบพลูถูกนำมาใช้ในการบำบัดรักษาโรคต่างๆ เช่น การรักษาอาการช้ำบวม รักษาอาการเจ็บคอและขับเสมหะ รักษาโรคผิวหนัง (อุดมการณ์ และปาริชาติ, 2549)

รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของใบพลู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : นิรนาม (http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=577&s=tblanimal)

2.1.1.2 ขมิ้นชัน

ขมิ้นชันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ขมิ้นชันเป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูง 30-90 เซนติเมตร เหง้าใต้ดินรูปไข่มีแขนงรูปทรงกระบอกแตกออกด้านข้าง 2 ด้าน ตรงกันข้ามเนื้อในเหง้าสีเหลืองส้มมีกลิ่นเฉพาะดังรูปที่ 2.2 ใบเดี่ยวแทงออกมาจากเหง้าเรียงเป็นวงซ้อนทับกันรูปใบหอก กว้าง 12-15 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ดอกช่อแทงออกจากเหง้าแทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบ รูปทรงกระบอก กลีบดอกสีเหลืองอ่อน บานครั้งละ 3-4 ดอก ผล รูปกลมมี 3 พู มีสรรพคุณทางยาเหง้าของขมิ้นมีรสฝาดสามารถเก็บมาใช้เมื่อมีช่วงอายุ 9-10 เดือน มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ลดการอักเสบ น้ำมันหอมระเหย ในขมิ้นชันมีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดท้อง ท้องอืด แก้โรคผิวหนัง ผื่นคัน แก้ท้องร่วง สารสำคัญในขมิ้นชันคือ Tumerone, curcuminoid, Zingiberene, Borneol เป็นต้น (อุดมการณ์และปาริชาติ, 2549)

รูปที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของเหง้าขมิ้น
ที่มา : นิรนาม (http://www.cmlifes.com/)

2.1.1.3 มะกรูด

มะกรูดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus hystrix* DC. ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae มะกรูดมีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ลำต้นและกิ่งมีหนามแข็ง ใบเป็นใบประกอบที่มีใบย่อยเป็นใบเดียว สีเขียวหนา มีลักษณะคอดกิ่วที่กลางใบเป็นตอนๆ มีก้านแผ่ออกใหญ่เท่ากับแผ่นใบทำให้เห็นใบเป็น 2 ตอนใบสีเขียวแก่ค่อนข้างหนา ดังรูปที่ 2.3 มีกลิ่นหอมมากเพราะมีต่อมน้ำมันอยู่ ออกดอกเป็นกระจุก 3–5 ดอก กลีบดอกสีขาว ผลมีหลายแบบแล้วแต่พันธุ์ผลเล็กเท่ามะนาว ผิวเปลือกมีลักษณะขรุขระและไม่มีจุกที่หัว ขยายพันธุ์ได้โดยการเพาะเมล็ด ปักชำ และมีสรรพคุณทางยา โดยผิวผลสดและผลแห้งช่วยแก้อาการเป็นลมหน้ามืด แก้วิงเวียนศีรษะ บำรุงหัวใจ ขับลม ผลมีรสเปรี้ยวเป็นยาขับเสมหะ แก้ไอ ใช้สระผมทำให้ผมดกดำขจัดรังแค ใบยังช่วยดับกลิ่นคาวในอาหาร (ปรียา, 2550)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ลักษณะทั่วไปของมะกรูด

ที่มา : นิรนาม (http://gotoknow.org/blog/kanda02/364706)

2.1.1.4 กานพลู

กานพลูเป็นพรรณไม้พื้นเมืองของหมู่เกาะโมลุกกะ กานพลูมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Syzygium aromaticum* จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae กานพลูเป็นไม้ยืนต้นสูง 9-12 เมตร ใบเดี่ยวรูปหอก ปลายแหลมขอบเรียบ แผ่นใบด้านบนเป็นมันมีต่อมน้ำมัน ช่อดอก ออกที่ปลายยอดยาวประมาณ 5 เซนติเมตร กลีบดอกสีขาวและร่วงง่าย กลีบเลี้ยงและฐานดอกสีแดงหนาแข็ง ผลเป็นผลสดรูปไข่ดังรูปที่ 2.4 ในตำรายาไทยใช้ดอกตูมแห้งแก้ปวดฟัน โดยใช้ดอกแช่เหล้าเอาสำลีชุบอุดรูฟัน นอกจากนี้ใช้ผสมในยาอมบ้วนปากดับกลิ่นปาก พบว่าในน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นจากดอกมีสาร eugenol ซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่ จึงใช้แก้ปวดฟัน และมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ ทำให้เกิดอาการปวดท้องลดลง ช่วยขับน้ำดี ลดอาการจุกเสียดที่เกิดจากการย่อยไม่สมบูรณ์ และสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดเช่น เชื้อโรคไทฟอยด์ บิดชนิดไม่มีตัว เชื้อหนองเป็นต้น นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้มีการหลั่งเมือก และลดการเป็นกรดในกระเพาะอาหารด้วย (อุดมการณ์และปาริชาติ, 2549)

รูปที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปของกานพลู

ที่มา : นิรนาม (http://learners.in.th/file/fungpevan/list)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 ตะไคร้

ตะไคร้มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citartus* Stapf. จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae เป็นพืชล้มลุกจำพวกหญ้าขึ้นอยู่รวมเป็นกอ สูงประมาณ 1 เมตร ลำต้นตั้งตรงปล้องสั้น ลำต้นส่วนที่อ่อนมีใบเรียงซ้อนสลับกันแน่น ใบเป็นใบเดี่ยว เรียวยาวปลายใบเรียวแหลม ผิวใบสาก ขอบใบมีขนเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.5 ก้านใบสีขาวนวลหรือม่วงอ่อนแผ่เป็นกาบ เมื่อขยี้จะมีกลิ่นหอม ดอกออกเป็นช่อกระจาย แต่ดอกออกยาก สรรพคุณทางยา ใบลดความดันโลหิต ต้นขับลม แก้โรคทางเดินปัสสาวะ เหง้าบำรุงธาตุ ขับลม แก้นิ่ว ประโยชน์อื่นๆ น้ำมันตะไคร้ใช้เป็นเครื่องหอมในสบู่ ยาหม่อง หรือทำเป็นยากันแมลง สารสำคัญในตะไคร้ ช่วยขับลมจึงลดอาการแน่นจุกเสียดมี menthol, camphor และ linalool (อุดมการณ์ และปาริชาติ, 2549)

รูปที่ 2.5 ลักษณะทั่วไปของตะไคร้

ที่มา : นิรนาม (http://gotoknow.org/blog/yahoo/125513)

2.2 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลหรืออะตอมที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอย่างน้อย 1 ตัวอยู่ในออบิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง อนุมูลอิสระเกิดขึ้นเมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออกและมีอิเล็กตรอนเดี่ยวเหลืออยู่ อิเล็กตรอนเดี่ยวนี้ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรต่ำและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง โดยดึงอิเล็กตรอนในโมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่โดนดึงอิเล็กตรอนไปก็จะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียรและทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) (Fang และคณะ, 2002)

อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นในร่างกายจากขบวนการขนถ่ายอิเล็กตรอนในกระบวนการเผาผลาญอาหารทำให้เกิดพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะถูกจับโดยออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเรียกว่า reactive oxygen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

species (ROS) เช่น อนุมูลอิสระของไฮดรอกซิล (hydroxyl) ซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide) และเปอร์รอกซิล (peroxyl) มีอนุมูลอิสระชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นในร่างกายเช่น reactive nitrogen species ตัวอย่างเช่น ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (nitrogen dioxide) และอนุมูลอิสระของกลูต้าไทอิล (glutathiyl) และ เมทิล (methyl) นอกจากการเผาผลาญอาหารจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระแล้วแหล่งอื่นในร่างกายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่ปฏิกิริยาจากเอนไซม์ xanthine oxidase, prostaglandin synthase, lipoxygenase, aldehyde oxidase ปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสภาวะทางอารมณ์เช่น ความเครียดและสภาพของร่างกาย เช่น การมีไข้ การติดเชื้อ เป็นต้น แหล่งอนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกายได้แก่ รังสี โอโซน ควันบุหรี่ อนุภาคอนินทรีย์ ตัวทำละลายอินทรีย์และมลภาวะต่างๆ ขณะเดียวกันนอกจากอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นกับร่างกายแล้วยังสามารถเกิดขึ้นได้ในอาหารประเภทน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ โดยมักเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่ออาหารเหล่านั้นได้รับความร้อนหรือสัมผัสกับอากาศจะเกิดเปอร์ออกไซด์ของไขมัน เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารทั้งระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเพราะอาจทำให้เกิดการเหม็นหืนหรือสูญเสียรสชาติอาหารซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เช่นเดียวกับการสูญเสียคุณค่าทางอาหารและอาจเกิดการสร้างสารพิษขึ้น (ศิวาพร, 2546)

2.2.1 การเกิดการหืน (Rancidity)

การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันเป็นสาเหตุให้มีกลิ่นผิดปกติ สมบัติทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป การหืนเกิดได้ 3 แบบคือ

2.2.1.1 การเกิดกลิ่นหืนในสภาพที่มีความชื้น (Hydrolytic rancidity)

เกิดขึ้นโดยโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์หรือลิปิดถูกย่อยด้วยเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ไลเปส (lypase) และเมื่อมีน้ำหรือความชื้นอยู่ด้วยจะได้กรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดบิวทีลิค (butyric acid) กรดคาโพรอิค (caproic acid) และ กรดคาพริค (capric acid) เป็นต้น จะทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้นและมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไปปฏิกิริยานี้สามารถป้องกันได้โดยหยุดการทำงานของเอนไซม์ไลเปสด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส และระวังไม่ให้มีน้ำปนเปื้อนในไขมัน (ศิวาพร, 2546)

2.2.1.2 การหืนจากการออกซิเดชัน (Oxidative Rancidity)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เองเรียกว่า ออโตออกซิเดชัน (autoxidation) (Hamilton, 1994) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของไขมันที่ไม่อิ่มตัว ถ้ามีพันธะคู่มากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้เร็ว และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนจะได้สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งจะสลายตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กๆ ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน และเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่เริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปอีกด้วย (Stauffer, 1996) กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันในอาหารสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นเริ่มต้น (initiation) เป็นขั้นที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น โดยเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับความร้อน แสง รังสี อิออนของโลหะหรือฮีมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Hamilton, 1994) ดังสมการ

$$RH + O_2 \xrightarrow{\text{initiation}} R^{\cdot} + H^{\cdot}$$

ปฏิกิริยาเริ่มต้นดังกล่าวเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน เพียงแค่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น แสง อุณหภูมิ หรืออนุมูลโลหะ เป็นต้น (ศิวาพร, 2546)

- ขั้นต่อเนื่อง (propagation) เป็นขั้นที่มีอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นต้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกไซด์ (peroxide radical) แล้วทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้เกิดสารเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลอิสระ ($R^{\cdot}$) สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ ถ้าได้รับแสง ความร้อน หรือโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกไซด์ขึ้นอีก และปฏิกิริยานี้เกิดต่อเนื่องแบบเดิมไปเรื่อยๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Hamilton, 1994) ดังสมการ

$$R^{\cdot} \xrightarrow{O_2} ROO^{\cdot}$$

$$RH^{\cdot} \xrightarrow{O_2} ROO^{\cdot} + R^{\cdot}$$

ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาที่กล่าวข้างต้น อาจมีปฏิกิริยาดังสมการด้านล่างนี้ด้วย

$$RO^{\cdot} \longrightarrow R_1^{\cdot} + R_2CHO$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นสุดท้าย (termination) ปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกิดการรวมตัวกันในรูปต่างๆ ทำให้เกิดสารที่มีความคงตัว และทำให้ปฏิกิริยาสิ้นสุดลงไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไปดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$R^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow RR$$

$$RO^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow ROR$$

$$RO^{\cdot} + R \longrightarrow {}^{\cdot}ROOR$$

$$ROO^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow ROOR$$

$$ROO^{\cdot} + ROO^{\cdot} \longrightarrow \text{various products}$$

ในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันคุณภาพของไขมันและน้ำมันจะค่อยๆ เสื่อมลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยาข้างต้นสามารถบอกถึงความเสื่อมเสียของสารอาหารได้โดยเกิดการหืน

2.2.1.3 การหืนจากสารประกอบคีโตน (Ketonic Rancidity)

เป็นการเกิดปฏิกิริยา enzymatic oxidative โดยเกิดขึ้นระหว่างเอนไซม์ไลพอกซิเดสกับกรดไขมันอิ่มตัวได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน และเกิดกลิ่นหืนขึ้น (ศิวาพร, 2546)

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระหมายถึง สารที่ใช้เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลักษณะการเสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยานี้จะทำให้อาหารมีกลิ่นที่ผิดปกติไปจากเดิมทำให้เกิดสารประกอบใหม่ที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันจะประกอบด้วยสารหรือเอนไซม์ต่างๆที่ความเข้มข้นต่ำๆ ก็สามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้จึงมีความสำคัญต่ออาหารประเภทน้ำมัน ไขมัน เนย ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และอาหารที่ปรุงสุกโดยการทอดด้วยน้ำมัน สารต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญมาก โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระมีการใช้ในอัตราส่วนสูงในอาหารจำนวนมากที่จำหน่ายในท้องตลาด สารต้านอนุมูลอิสระในอาหารแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. กรด (จำพวกเกลือ และอีเทอร์)เช่น กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และกรดซิตริก (citric acid) มีผลช่วยขัดขวางปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีในเนื้อสัตว์และผลไม้

2. สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) มีทั้งสารสังเคราะห์เคมีและสารสังเคราะห์ธรรมชาติ เช่น BHT (butylated hydroxyl toluene) และวิตามินอี (tocopherol) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันและน้ำมันในอาหาร (ศิวาพร, 2546)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในอาหารเป็นสารที่สำคัญหลายชนิดทั้งชนิดที่ได้จากธรรมชาติและชนิดที่ได้จากการสังเคราะห์โดยนำมาใช้ในอาหารแต่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับว่าให้ผลที่ดีในการนำมาใช้พบว่า 4 ลำดับแรกในตารางที่ 2.1 มีความต้องการในการนำมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารปะเภทไขมันและน้ำมัน มักใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดบางชนิดมักเป็นกรดซิตริกซึ่งกรดจะเป็นสารช่วยเสริมฤทธิ์ (synergist) ตัวทำละลายที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรของสารต้านอนุมูลอิสระและกรดคือ โพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol) น้ำมันพืช โมโนกลีเซอไรด์ (momoglyceride) และเอทิลแอลกอฮอล์ (Sherwin, 1990)

ตารางที่ 2.1 สารต้านอนุมูลอิสระที่ยอมรับสำหรับใช้ในอาหาร

สารต้านอนุมูลอิสระ
BHA (butylated hydroxylanisole)
BHT (butylated hydroxyl toluene)
Propyl gallate (also octyl and dodecyl gallate in some countres)
TBHQ (tertiary butylhydroquinone)
Tocopherols
Lecithin
Gum or resin guaias
TBBP (trihydroxy butyrophenone)
4- tlydroxymethyl -2,6-ditert-butyl phenol
Thiodipropionic acid and dilauryl thiodipropionate
Glycine

ที่มา: Sherwin (1990)

2.3.1 สารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี

2.3.1.1 บีเอชที (butylated hydroxyl toluene; BHT)

บีเอชทีเป็นสารประกอบที่ผลึกสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ บีเอชทีเป็นวัตถุกันหืนในกลุ่มฟีนอลิก มีผลคล้ายบีเอชเอ แตกต่างกันที่ไม่สามารถละลายได้ในโพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol) บีเอชทีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดออกซิเดชันสูงและเมื่อใส่ในน้ำมันพืชยังสามารถทนความร้องสูงแต่ไม่ดีเท่าบีเอชเอและจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าใช้ร่วมกับบีเอชเอ (Sherwin, 1990)

2.3.1.2 บีเอชเอ (butylated hydroxylanisole; BHA)

บีเอชเอเป็นสารประกอบที่มีสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และ โพรเพน-1,2-ไดออล (propane-1,2-diol) เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร (Pryor และคณะ, 1982) ประสิทธิภาพของบีเอชเอจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่ใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 แม้จะมีการใช้บีเอชเอในปริมาณสูงกว่าปริมาณดังกล่าวแต่ประสิทธิภาพก็จะไม่เพิ่มขึ้น (ศิวาพร, 2546)

2.3.1.3 โพรพิลแกลเลต (propyl gallate)

โพรพิลแกลเลตเป็นโพรเพนเอสเทอร์ (propane ester) ของ 3,4,5-ไตรไฮดรอกซีเบนโซอิกแอซิด (3,4,5-tri-hydroxybemzoic acid) เป็นสารประกอบที่มีผลึกสีครีมขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย ละลายน้ำได้เล็กน้อย และละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และโพรเพน-1,2-ไดออล โพรพิลแกลเลตเป็นวัตถุกันหืนสังเคราะห์ที่เตรียมโดยการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) กรดแกลลิก (gallic acid) ด้วยโพรพิลแอลกอฮอล์ (propyl alcohol) แล้วกลั่นเพื่อกำจัดแอลกอฮอล์ที่มากเกินไป โพรพิลแกลเลตที่มีการจำหน่ายในทางการค้าจะอยู่ในรูปผลึกสีขาวละลายน้ำได้เล็กน้อย มีประสิทธิภาพดีมากทั้งในไขมันพืชและไขมันสัตว์ สำหรับการใช้ในอาหารนิยมใช้เป็นวัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ (Pryor และคณะ, 1982)

2.3.1.4 ทีบีเอชคิว (tertiary butylhydroquinone; TBHQ)

ทีบีเอชคิวเป็นสารประกอบที่เป็นผลึกสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว ไม่สามารถละลายในน้ำ แต่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ เป็นวัตถุกันหืนชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในกลุ่มของฟีนอลิก ซึ่งได้มีการนำทีบีเอชคิวนั้นไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นวัตถุกันหืนที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในน้ำมันพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำมันพืชที่ผลิตจากถั่วเหลืองและน้ำมันดอกคำฝอยซึ่งเป็นน้ำมันที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง และไม่ค่อยมีความคงตัว จึงมีการใช้ทีบีเอชคิวที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้น้ำมันมีความคงตัวได้ดีกว่าวัตถุกันหืนอื่นๆเช่น โพรพิลแกลเลต บีเอชที และบีเอชเอ (ศิวาพร, 2546) ถึงแม้ว่าสารต้านออกซิเดชันที่สังเคราะห์ขึ้นมานั้นจะมีประสิทธิภาพดี และมีราคาค่อนข้างถูก แต่เมื่อใช้ไปแล้วในระยะยาวอาจจะเกิดผลเสียที่ไม่ดีแก่ผู้บริโภคได้เพราะอาจจะเกิดสารพิษขึ้น หากใช้ในปริมาณมากเกินไปพบว่าเป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายผู้บริโภคได้ จากการศึกษาพบว่าการที่ได้รับสารต้านออกซิเดชันหรือวัตถุกันหืนเหล่านั้นในปริมาณที่มากและเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานานในสัตว์ทดลองจะทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายได้เช่น การเกิดเป็นมะเร็ง และเนื้องอกได้ เป็นต้น

2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

2.3.2.1 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound)

สารต้านออกซิเดชันในอาหารเป็นสารประกอบที่ช่วยในการยับยั้งหรือขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ซึ่งจะทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการเกิดปฏิกิริยาของกลีเซอไรด์ (glyceride) ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic confrigulation) ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออซิเดชันหลักในอาหารประเภทไขมันและน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบคือสารประกอบฟีนอลิก (Sherwin, 1990)

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย และพบได้มากในธรรมชาติ ปัจจุบันสามารถพบสารประกอบได้มากกว่า 8000 ชนิดตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ไปจนถึงโครงสร้างแบบโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน (lignin) เมลานิน (melanin) เป็นต้น ถึงแม้ว่าสารประกอบฟีนอลิกในธรรมชาติจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณโดยเฉลี่ยมนุษย์ได้รับต่อวันจะอยู่ในช่วงระหว่าง 20 มิลลิกรัมถึง 1 กรัม สารโพลีฟีนอลิกนั้นยังมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ ต้านการอักเสบ ต้านอาการแพ้ต่างๆ และมีสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมไปถึงการเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และความสามารถลดความดันโลหิตจากฤทธิ์การขยายหลอดเลือดอีกด้วย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภา, 2550)

กิจกรรมของสารประกอบฟีนอลิกในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน โดยที่สารประกอบฟีนอลิกนั้นจะทำหน้าที่เป็นตัวให้โปรตอน (proton doner) ขัดขวางการเกิดสารอนุมูลอิสระของกรดไขมัน จึงช่วยชะลอการเกิดออโตออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันได้ อนุมูลอิสระที่รวมตัวกับสารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นช้าลงได้ การชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้ช้าลงนั้นจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชันที่มีความจำเพาะ ความเข้มข้นของสารต้านออกซิเดชัน และปัจจัยอื่นๆ อีกด้วยเช่น ความร้อน แสง โลหะ และสารโพรออกซิแดนท์ (prooxidant) เป็นต้น มีรายงานศึกษาว่าการใช้สารต้านออกซิเดชันนี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเติมลงไปอย่างรวดเร็วและเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา รวมทั้งต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

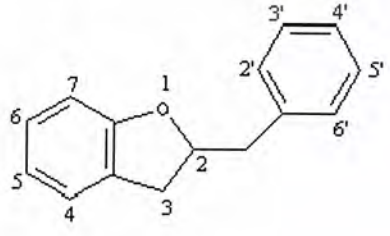
พอที่จะยับยั้งการสร้างสารอนุมูลอิสระของกรดไขมันซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน สารประกอบนี้ไม่ได้ทำหน้าที่ดูดออกซิเจน แต่จะช่วยในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศของกระบวนการเกิดออโตออกซิเดชัน (Sherwin, 1990)

2.3.2.2 วิตามินซี

วิตามินซี (vitamin C) กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) หรือแอล-แอสคอร์เบต (L-ascorbate) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำซึ่งร่างกายไม่สามารถที่สร้างขึ้นเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไป วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันแก่ร่างกายเพราะสามารถป้องกันและรักษาการอักเสบอันเนื่องมาจากแบคทีเรียและไวรัสได้ เป็นตัวสร้างคอลลาเจนซึ่งเป็นเส้นใยที่ทำหน้าที่เชื่อมเนื้อเยื่อต่างๆ ไว้ด้วยกัน อีกทั้งยังเป็นตัวสร้างกระดูก ฟัน เหงือก และเส้นเลือด ช่วยให้การดูดซึมธาตุเหล็กดีขึ้นซึ่งเป็นการสร้างเม็ดเลือดทางอ้อม แหล่งวิตามินซีมีมากในผักตระกูลกะหล่ำ การนำไปผ่านการแปรรูป ไม่ว่าจะเป็นการตากแห้ง หมักดอง จะทำลายวิตามินซีที่อยู่ในอาหารไปในปริมาณมาก ความร้อนทำลายวิตามินซีได้ง่ายจึงไม่ควรต้มหรือผัดนานเกินไป แต่การแช่เย็นช่วยไม่ให้ผักผลไม้สูญเสียวิตามินซี (สาทิส, 2550)

2.3.2.3 ฟลาโวนอยด์ (flovonoid)

สารฟลาโวนอยด์เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพพบเฉพาะในพืชที่มีสีเขียว มีโครงสร้างดังรูป 2.6 สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักมีสี กลิ่น หรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิดและโรคสำคัญที่สารกลุ่มนี้ช่วยป้องกันได้คือ "โรคมะเร็ง" กลไกการทำงานของสารฟลาโวนอยด์เมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจไปช่วยให้เอนไซม์บางกลุ่มทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งเอนไซม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย มีผลทำให้สารก่อมะเร็งหมดฤทธิ์ (โอภา, 2550)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์

ที่มา : นิรนาม (http://www.friedli.com/herbs/phytochem/flavonoids.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 ควอมาริน

ควอมารินเป็นสารที่มีโครงสร้างเป็นเบนโซไพโรน (benzopyrone) ชนิดหนึ่งในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งจะพบมากในพืช ได้มีการทดสอบผลของควอมารินกับไฮดรอกซิลต่างๆ และการใช้สารอนุมูลอิสระออกซิเจนบางชนิด ซึ่งในสารควอมารินต่างๆที่ได้จากพืชพบว่าใช้มีโอไดไฮดรอกซีซับสติตูชัน (O-dihydroxy substitution) ซึ่งได้แก่ ฟราซิตินเอสคูลิติน (fraxetin esculetin) และดีพทานิติน (dephnetin) ซึ่งเป็นตัวยับยั้ง Fe^{3+}- ascorbate ที่มีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครโซมอลลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (microsomal lipid peroxidation) ได้

นอกจากนี้สาร 1,2-ไดไฮดรอกซี-5,6-ไดเมทอกซีแซนโทน (1,2-dihydroxy-5,6-dimethoxy xanthone) และ 1,8-ไดไฮดรอกซี-6-ไดเมทอกซีแซนโทน (1,8-dihydroxy-6-dimethoxy xanthone) มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมันในสมองของหนูทดลอง (rat brain homogenate) และสาร 1,2,5-ไตรไฮดรอกซีแซนโทน (1,2,5-trihydroxy xanthone) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH และ อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน และสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมันได้ (Haraguchi, 2001)

2.4 สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน มีประโยชน์ในการใช้จำแนกและบ่งชี้ชนิดของน้ำมันและไขมัน สมบัติทางกายภาพที่สำคัญได้แก่

2.4.1 จุดหลอมเหลว (melting point)

จุดหลอมเหลวคือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเกิดการละลายขึ้น ซึ่งไขมันส่วนใหญ่อาจมีจุดหลอมเหลวเป็นอุณหภูมิช่วงกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของไขมันเช่น ไขมันประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมดจะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน เป็นต้น จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันลดลง (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 จุดแข็งตัว (solidifying point)

จุดแข็งตัวคือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็ง เรียกว่า การเกิดโซลิดิฟิเคชัน (solidification) และเรียกจุดนี้ว่า "จุดแข็งตัว" โดยอุณหภูมิจุดนี้มักจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์หลาย ๆ ชนิดต่างกันในโมเลกุล จุดแข็งตัวจะเป็นช่วงกว้างอาจเรียกว่าไตเตอร์ (titer) ไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะมีไตเตอร์แตกต่างกัน (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.4.3 การละลาย (solubility)

ไขมันและน้ำมันทุกชนิดไม่สามารถละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมันได้แก่ ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) เฮกเซน (hexane) ไดเอทธิลอีเทอร์ (diethyl ether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) เบนซิน (benzene) เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) อะซีโตน (acetone) คาร์บอนไดซัลไฟด์ (carbondisulphide) ไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbontetrachloride) เป็นต้น (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.4.4 ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันและไขมันนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่ไขมันเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูงอาจวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้นหรือมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.4.5 การหักเหของแสง (refractive index)

การหักเหแสงเป็นการวัดองศาการหักเหของลำแสงที่เกิดขึ้นเมื่อให้แสงผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง เช่น การหักเหของแสงจากอากาศผ่านทะลุน้ำมันตัวอย่าง จะเกิดการหักเหของแสงที่วัดเป็นองศา เป็นต้น ค่าการหักเหแสงมีประโยชน์ในการบ่งชี้และตรวจสอบชนิดคุณภาพ และความบริสุทธิ์ของไขมันและน้ำมัน การวัดค่าการหักเหของแสงนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าไขมันมีจุดหลอมเหลวสูงจะวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ค่าการหักเหแสงของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับความยาวของคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันจำนวนพันธะคู่ และชนิดของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบโดยไขมันหรือน้ำมันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์นี้ไปเผยแพร่ต่อในทางอินเทอร์เน็ต

ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นหรือมีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้น จะมีค่าการหักเหของแสงเพิ่มขึ้น และถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าการหักเหของแสงลดลง (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.4.6 จุดควัน จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ (smoke point, flash point and fire point)

จุดควันคือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดเป็นควันขึ้น จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นไอแล้วรวมตัวกับอากาศเกิดการติดไฟขึ้น และจุดติดไฟ คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันเกิดการเผาไหม้ จุดที่เป็นควันของไขมันและน้ำมัน นับว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของไขมันและน้ำมันในการใช้ทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันสำหรับใช้ทอดอาหารที่ดีต้องมีสมบัติทนความร้อนไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำเพราะถ้าหากเกิดควันในขณะที่ทอดจะทำให้อาหารมีกลิ่นควันติดไปด้วย อย่างไรก็ตามจุดที่เป็นควันของไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันเวลาที่ทอด ผิวหน้าของไขมันหรือน้ำมันที่ถูกอากาศขณะทอด และเศษผงหรือสารอื่น ๆที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน เป็นต้น (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.4.7 สี (color)

สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่ปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดน้ำมันและวิธีการกำจัดสีโดยการฟอกสี ซึ่งน้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่มีสีเหลืองเข้ม (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.5 สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

เนื่องจากลิปิดแต่ละชนิดมีส่วนประกอบและโครงสร้างของโมเลกุลแตกต่างกันทำให้มีสมบัติทางเคมีและเกิดปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ แตกต่างกัน สมบัติทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่

2.5.1 การไฮโดรไลซิส (hydrolysis)

ลิปิดบางชนิดจะถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรด ด่าง และเอนไซม์ การไฮโดรไลซิสลิปิดด่างเรียกว่า ซาพอนนิฟิเคชัน (saponification) ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันที่เรียกว่า สบู่ ลิปิดที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยด่าง เรียกว่า ซาพอนนิฟิเคชันแมทเทอร์ (saponifiable matter) เช่น ไตรกลีเซอไรด์ฟอสโฟลิปิดและขี้ผึ้ง เป็นต้น ส่วนลิปิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง เรียกว่า อันซาพอนนิฟิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

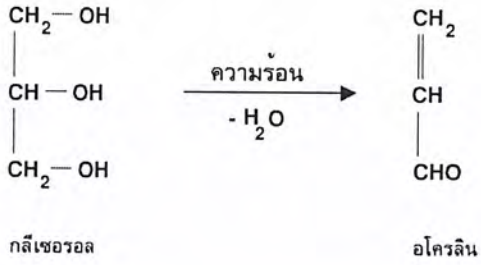
เคชั่นแมทเทอร์ (unsaponifiable matter หรือ non-saponifiable matter) ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของลิปิดชนิดต่างๆ ด้วยด่าง สรุปได้ดังนี้

2.5.1.1 อันซาพอนนิฟิเคชันแมทเทอร์

อันซาพอนนิฟิเคชันแมทเทอร์หมายถึง สารที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน ซึ่งจะเหลืออยู่ภายหลังการทำซาพอนนิฟิเคชันได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) คีโตน (ketone) แอลกอฮอล์ (alcohol) สเตอรอล (sterol) โคเลสเตอรอล (cholesterol) และไฟโตสเตอรอล (phytosterol) เป็นต้น โดยปกติไขมันหรือน้ำมันจะมีอันซาพอนนิฟิเคชันแมทเทอร์ปนอยู่ไม่เกินร้อยละ 2 ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสอาจเกิดขึ้นจากการที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูงเช่น การทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันจะไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นกลีเซอรอลจะสลายตัวได้สารพวกอโครลิน (acrolein) ซึ่งจะระเหยกลายเป็นควันและมีกลิ่นเหม็น ดังรูป 2.7 ไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์แต่ละชนิดมักมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นปริมาณด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อไขมันหรือน้ำมันจำนวนหนึ่งจะมีค่าแน่นอนและเป็นค่าเฉพาะซึ่งสามารถใช้บ่งบอกสมบัติเฉพาะของไขมันหรือน้ำมันแต่ละชนิดได้ เรียกค่านี้ว่า ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (saponification number หรือ Saponification value) (S.N. หรือ S.V.) ค่าซาพอนนิฟิเคชัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ไขมันหรือน้ำมันอย่างสมบูรณ์จำนวน 1 กรัมได้เป็นสบู่และกลีเซอรอล

ค่า S.N. ใช้เป็นตัวบ่งชี้น้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมัน ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่า S.N. สูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมากจึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ด่างเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซิสทำนองเดียวกันถ้าค่า S.N. ต่ำแสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนน้อยทำให้ใช้ด่างน้อยในการไฮโดรไลซิส (ตารางที่ 2.2) สำหรับการไฮโดรไลซิสไขมันหรือน้ำมันด้วยกรด และเอ็นไซม์จะได้กรดไขมันและกลีเซอรอล (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส

ที่มา : ศศิเกษม และพรรณี (2535)

ตารางที่ 2.2 ค่าซาพอนนิฟิเคชันของน้ำมันที่ใช้บริโภคบางชนิด

ชนิดของน้ำมัน	ค่าซาพอนนิฟิเคชัน	ชนิดของน้ำมัน	ค่าซาพอนนิฟิเคชัน
น้ำมันมะพร้าว	253	น้ำมันถั่วเหลือง	192
ไขมันเนย	227	น้ำมันงา	191
น้ำมันปาล์ม	200	น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	191
มันหมู	197	น้ำมันข้าวโพด	191
น้ำมันหมู	195	น้ำมันมะกอก	190
ไขวัว	195	น้ำมันมัสตาร์ด	173
น้ำมันฝ้าย	193	ไขแกะ	193

ที่มา : ศศิเกษม และพรรณี (2535)

2.5.2 ฮาโลจิเนชัน (halogenation)

ฮาโลจิเนชันเป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวกฮาโลเจน (halogen) เข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของลิปิด ฮาโลเจนที่นิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า ค่าไอโอดีน (Iodine number หรือ Iodine value ; I.N. หรือ I.V.) ค่าไอโอดีนคือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม ค่า I.N. เป็นตัวบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า I.N. สูง แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบมากและจะเกิดการหืนจากการสัมผัสกับออกซิเจนได้ง่าย น้ำมันพืชที่มีค่า I.N. สูงซึ่งแสดงว่ามีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมาก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณของกรดไขมันจำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิ่มตัวอยู่มากด้วย (ตารางที่ 2.3) การหาค่า I.N. มี 2 วิธี คือ ใช้สารละลายของวิจ (wij solution) ซึ่งเป็นสารละลายไอโอดีนละลายอยู่ในกรดอะซิติคและมีไอโอดีนโมโนคลอไรด์ (iodine monochloride) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อีกวิธีหนึ่งใช้สารละลายฮานัส (Hanus reagent) เป็นสารละลายไอโอดีนละลายอยู่ในกรดอะซิติค และมีไอโอดีนโมโนโบรไมด์ (iodine monobromide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทำปฏิกิริยาต้องเติมสารละลายไอโอดีนให้มากเกินพอปริมาณไอโอดีนที่เหลือหาได้โดยการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัสเฟตมาตรฐาน โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

ตารางที่ 2.3 ค่าไอโอดีนของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

น้ำมัน	ค่าไอโอดีน
น้ำมันมะกอก	83.8
น้ำมันมะกอกที่ถูกออกซิไดซ์	77.3
น้ำมันหมู	73.3
น้ำมันหมูที่ถูกออกซิไดซ์	56.2
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	105.2
น้ำมันเมล็ดฝ้ายที่ถูกออกซิไดซ์	90.2

ที่มา : ศศิเกษม และพรรณี (2530)

2.5.3 การเกิดกลิ่นหืน

การเกิดกลิ่นเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันจึงทำให้มีกลิ่นและสมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงไป ไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิดการหืนเมื่อมีความชื้นอยู่ในปฏิกิริยาแล้วไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการดมกลิ่นหรือชิมรสจึงต้องทำการตรวจวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมีคือ วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นค่าที่ได้เรียกว่า ค่าของกรด (Acid value; A.V.) ค่า A.V. ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัมเป็นกลาง ซึ่งนิยมเทียบเป็นร้อยละของกรดดอเลชอิค ดังนั้นค่า A.V. จะเป็นตัวบ่งชี้การหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า A.V. สูง แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมากทำให้เกิดการหืนมาก (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; P.V.)

ค่าเปอร์ออกไซด์หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 โมลาร์ ที่ใช้ในการไตเตรตไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัมหรือหมายถึง จำนวนมิลลิลิตรสมบูรณ์ของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนที่มีในไขมันหรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า P.V. สูงแสดงว่าไขมันหรือน้ำมันเกิด oxidative rancidity มาก (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.5.5 ค่าไรเฮิท-ไมเซล (Reichert Meissel number; R.M.N.)

ค่าไรเฮิท-ไมเซลเป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และสามารถละลายได้ในน้ำ (volatile water soluble fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอยู่ในโมเลกุล 4-6 อะตอม เช่น กรดบิวทิริค (butyric acid) และกรดคาโปรอิค (carpoic acid) ค่า R.M.N.หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายด่าง เช่น โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่ระเหยได้และละลายน้ำ 5 กรัม มีความเป็นกลาง ค่า R.M.N. นิยมใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทดสอบการปลอมของเนย ซึ่งในการผลิตเนยอาจใช้น้ำมันชนิดอิ่มตัวทดแทนไขมันนม (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.5.8 ค่าเฮเนอร์ (Hehner)

ค่าเฮเนอร์ หมายถึงร้อยละของกรดไขมันที่ไม่ละลาย (insoluble fatty acid) ที่มีอยู่ในไขมันนั้นๆ ค่าเฮเนอร์นอกจากเป็นค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันทั่วๆ ไปยังใช้ในการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเนยได้เช่นเดียวกับค่าไรเฮิท-ไมเซล และค่าโพแลงสเก (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

2.5.6 ค่าโพแลงสเก (Plenske number; P.N.)

ค่าโพแลงสเกเป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และไม่สามารถละลายในน้ำ (volatile water insoluble fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอยู่ในโมเลกุลระหว่าง 8 ถึง 11 อะตอม ได้แก่ กรดคาปริลิค (carprilic) คาพริคลอร์ค (carpriclod) และไมริสติค (myristic) เป็นต้น สำหรับกรดคาปริลิคที่ละลายในน้ำได้เล็กน้อย ซึ่งจะมีผลต่อทั้งค่า R.M.N. และ P.N. ค่า P.N.หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายคาร์บอนเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่ระเหยได้จากไขมัน หรือน้ำมันจำนวน 5 กรัม เป็นกลาง ค่า P.N. ใช้ชี้บ่งความแตกต่าง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเนย และน้ำมันมะพร้าว ค่า P.N. ของเนยประมาณ 1.6 ถึง 3.5 ส่วนของน้ำมันมะพร้าว ประมาณ 12 ถึง 18 (ตารางที่ 2.4) (ศศิเกษม และพรรณี, 2535)

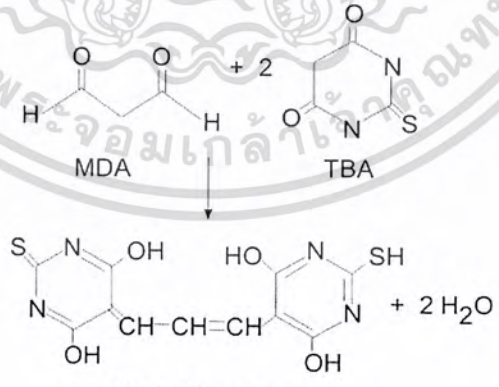
ตารางที่ 2.4 ค่าไรเฮิท-ไมเซลและค่าโพแลงสเกของเนยและเนยผสมน้ำมันมะพร้าว

ตัวอย่าง	ค่าไรเฮิท-ไมเซล	ค่าโพแลงสเก
เนย A	28.7	3.2
เนย A + น้ำมันมะพร้าว 10 %	26.6	4.1
เนย B	30.5	3.5
เนย B + น้ำมันมะพร้าว 10 %	8.0	4.3
เนย C	30.8	2.9
เนย C + น้ำมันมะพร้าว 10 %	27.7	2.4

ที่มา : ศศิเกษม และพรรณี (2530)

2.5.7 ค่า Thiobarbituric acid (TBA)

การวิเคราะห์ค่า TBA เพื่อหาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยวัดระดับของสารอัลดีไฮด์ (aldehyde) ที่พบได้ในน้ำมัน เมื่อสาร TBA ทำปฏิกิริยากับมาลโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde) จนได้เป็น red chromogen ซึ่งวัดได้โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเกิดปฏิกิริยาของ TBA กับมาลโลนาลดีไฮด์

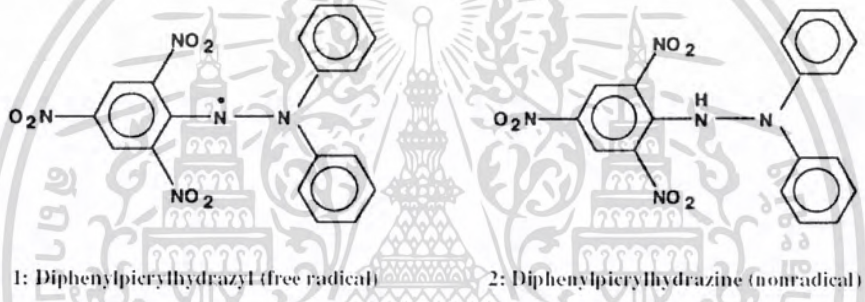
ที่มา : นิรนาม (http://www.biotek.com/resources/articles/reactive-oxygen-species.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วิธีการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2.6.1 วิธี DPPH (2,2-diphenyl-2-picylhydrazyl)

วิธี DPPH เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระของไนโตรเจนที่มีเสถียร มีสีม่วงอยู่ในรูปของอนุมูลอยู่แล้วและสามารถรับอิเลคตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระและเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวไม่เป็นอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ ทำการวัดโดยใช้เครื่องมือสเปคโตโฟโตมิเตอร์วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของอนุมูล DPPH

ที่มา : นิรนาม (http://pirun.ku.ac.th/~b4755242/7.htm)

จากนั้นได้มีการพัฒนานำอนุมูล DPPH มาใช้หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเรียกว่า Antiradical Effciency (AE) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$AE = 1/EC_{50}TE_{C50}$$

EC_{50} = ความเข้มข้นของสารทดสอบที่สามารถลดปริมาณ DPPH เริ่มต้นลงได้ร้อยละ 50

T_{EC50} = เวลาที่ใช้ในการลดปริมาณอนุมูลอิสระให้ได้ EC_{50}

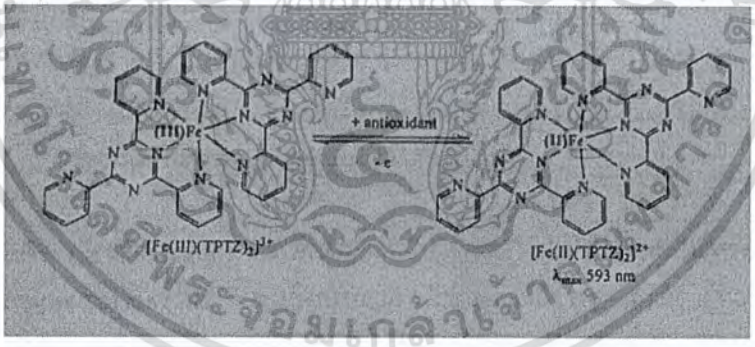
ดังนั้นความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย ข้อดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการใช้เครื่องมือและเครื่องมือมีทั่วไป จึงนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารธรรมชาติ ข้อเสียของวิธีนี้คืออนุมูล DPPH มีความคงตัวไม่ไวต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถที่จะใช้จัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ นอกจากนี้สารรีดิวซ์ สามารถทำให้มีอนุมูล DPPH จางลงได้อีกด้วย (โอภา, 2550)

2.6.2 วิธี FRAP (ferric reducing/antioxidant power assay)

วิธี FRAP เป็นวิธีการหาค่าความสามารถรวมในการต้านออกซิเดชันโดยตรง โดยมีหลักการคือสารต้านออกซิเดชันในร่างกายที่ทำหน้าที่ให้อิเล็คตรอนจัดเป็นสารรีดิวซ์ ดังนั้นการต้านออกซิเดชันจึงเป็นความสามารถรวมในการรีดิวซ์ วิธีนี้จะใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+}-TPTZ (ferric tripyridyl triazine) เป็นสารทดสอบอะตอมเหล็กในสารนี้จะถูกรีดิวซ์ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe^{2+}-TPTZ (ferrous tripyridyl triazine) ซึ่งมีสีน้ำเงินดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร วิธี FRAP เป็นการวิเคราะห์หาค่าความสามารถในการรีดิวซ์ซึ่งเกิดอย่างรวดเร็วภายใน 4-6 นาที แต่ในการวิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันจากพืชจำพวกโพลีฟีนอล พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ 594 นาโนเมตร จะเพิ่มขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ ดังนั้นการวัดครั้งเดียวตามเวลาที่กำหนด จึงอาจไม่ใช่ค่าที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ วิธี FRAP มีข้อดีคือเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพง และไม่มีการใช้เครื่องมือพิเศษ ข้อเสียคือกลไกของปฏิกิริยาที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกในร่างกาย (โอภา, 2550)



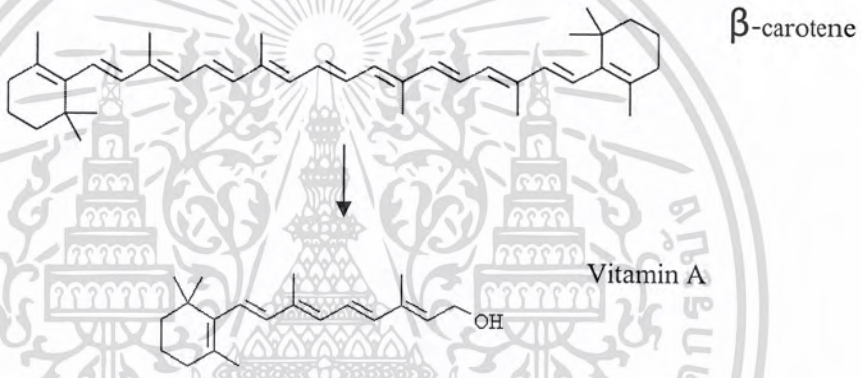
รูปที่ 2.10 เหล็ก Fe^{3+}-TPTZ (ferric tripyridyl triazine) ถูกรีดิวซ์ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอรัส Fe^{2+}-TPTZ
ที่มา : โอภา (2550)

2.6.3 วิธี β-carotene bleaching test

วิธี β-carotene bleaching test เป็นวิธีการหาปริมาณเบต้า-แคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลักที่พบได้ปริมาณมากในผักผลไม้ เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (โปรวิตามินเอ) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้มีความแข็งแรง แข็งแรง เบต้า-แคโรทีนมีประโยชน์มากมายเช่น ดูแลรักษาผิวพรรณ ลดความเสี่ยงต่อภาวะมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นเซลล์ภูมิต้านทานในร่างกายที่ชื่อ ที-เฮลเปอร์ (T-helper) ให้ทำงานต้านสิ่งแปลกปลอมได้ดีขึ้น เบต้า-แคโรทีนเมื่อโดนย่อยสลายที่ตับแล้วจะได้เป็นวิตามินเอ ซึ่งร่างกายจะนำไปใช้สร้างสารที่ชื่อว่า โรดอปซินในดวงตาส่วนเรตินา ทำให้ตามีความสามารถในการมองเห็นในตอนกลางคืนได้ และยังลดความเสื่อมของเซลล์ลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจกด้วย ชะลอความแก่ ด้วยสาเหตุนี้เบต้า-แคโรทีนจึงมีประโยชน์มากมายซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปจึงใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ โดยการวิเคราะห์ปริมาณบีตา-แคโรทีนเป็นการวิเคราะห์จากการฟอกสีและทำการวัดโดยใช้เครื่องมือสเปคโตโฟโตมิเตอร์วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร



รูปที่ 2.11 การเกิดออกซิเดชันของเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอ

ที่มา : นิรนาม (http://healthy.in.th/categories/healthful/news/1325)

จากการทดลองที่ได้สามารถนำค่าผลการทดลองไปคำนวณหาร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity, AA%) ดังสมการ

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{x}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{x}_{control})\times 100]$$

เมื่อ A^{0}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

A^{x}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

$A^{0}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่เวลา 0 นาที

$A^{x}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การใช้วัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.7.1 น้ำมันและไขมันพืช

น้ำมันพืชและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันสลัด และเนยขาว เป็นต้น ปัจจุบันได้มีปริมาณความต้องการบริโภคน้ำมันและไขมันที่สูงขึ้น เนื่องจากต้องการรักษาสุขภาพ เพราะผู้บริโภคส่วนใหญ่เริ่มมีความรู้มากขึ้นจึงพยายามหลีกเลี่ยงการบริโภคไขมันและน้ำมันสัตว์ น้ำมันพืชและไขมันจากพืชเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่จึง มักเสื่อมจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส การเกิดโพลิเมอไรเซชันและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการแปรรูปเช่น การสกัด การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และการเก็บรักษา เป็น ต้น เพื่อเป็นการป้องกันหรือชะลอการเสียต่างๆ ให้เกิดช้าลงจึงได้มีวัตถุกันหืนช่วย โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันพืชจะมีวัตถุกันหืนตามธรรมชาติหรือโทโคฟีรอลอยู่แล้วแต่ไม่เพียงพอในการป้องกันการเสีย ดังกล่าว จึงต้องมีการใช้วัตถุกันหืนสังเคราะห์ ซึ่งจากการทดลองของ Sherwin (1990) แสดงให้เห็น ว่าวัตถุกันหืนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหลายๆ ชนิด วัตถุกันหืนที่เป็นสารประกอบโพลีไฮดรอกซีฟีนอลิก (polyhydroxy phenolics antioxidants) เช่น ทีบีเอชคิวและโพรพิลแกลเลต จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันพืช และพวก sterically hindered phenol เช่น บีเอชเอและบีเอชที จะมีประสิทธิภาพรองลงมา ส่วนวัตถุกันหืนในธรรมชาติสามารถช่วยได้น้อยมากหรือแทบไม่มีผล เลย (ศิวาพร, 2546)

2.7.2 น้ำมันและไขมันสัตว์

ไขมันและน้ำมันสัตว์แตกต่างจากไขมันและน้ำมันพืช คือไขมันและน้ำมันสัตว์จะประกอบ ไปด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ วัตถุกันหืนที่ใช้ในไขมันและน้ำมันสัตว์นั้นนอกจากมี วัตถุประสงค์เพื่อช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว ยังต้องมีสมบัติ carry through ใน ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ไขมันหรือน้ำมันนี้ด้วย บีเอชเอจัดเป็นวัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมากใน น้ำมันหมูและพบว่าจะมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นถ้าใช้ร่วมกับสารเสริมฤทธิ์เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) เลซิติน (lecithin)หรือเมไทโอนิน (methaionine) การใช้ บีเอชเอร่วมกับโพรพิลแกลเลต และกรดซิตริกจะให้ผลดีที่สุด ซึ่งนอกจากจะช่วยชะลอการ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว โดยทั่วไปแล้วจะใช้วัตถุกันหืนที่ประกอบด้วยสารสังเคราะห์จำพวก บีเอชเอความเข้มข้นร้อยละ 0.002 โพรพิลแกลเลตความเข้มข้นร้อยละ 6 และกรดซิตริกความ เข้มข้นร้อยละ 6 (ศิวาพร, 2546)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 น้ำมันที่ใช้ทอด

น้ำมันพืชได้แก่ น้ำมันข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดเรฟ (rape seed) ที่มีกรดอีรูคิค (erucic) ต่ำ ดอกคำฝอย (safflower) เมล็ดฝ้ายและดอกทานตะวัน ในปัจจุบันมีการใช้น้ำมันเหล่านี้ในการทอดกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความสัมพันธ์กันระหว่างต่อการเกิดโรคหัวใจ และไขมันอิ่มตัวที่ประกอบด้วยกรดไขมัน ในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มในการใช้น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น แต่น้ำมันที่มีราคาถูกกว่าซึ่งอาจไม่มีการติดฉลากจะมีการผสมของน้ำมันที่มีมาก เช่น น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดเรฟ โดยที่จุดควันของน้ำมันที่ใช้ทอดควรจะไม่ต่ำกว่า 215 องศาเซลเซียส น้ำมันที่ใช้ทอดส่วนใหญ่มีสารต้านการเกิดฟองเช่น โดยมีการป้องกันการเกิดฟองสารดีเมททิลพอลิไซลิเซน (dimethylpolysiloxane) น้อย (ประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สารนี้สามารถใช้เพื่อลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยการป้องกันการเกิดoxidative foaming ดังนั้นสารนี้จึงช่วยให้น้ำมันที่ใช้ทอดมีระยะเวลาการใช้งานได้ยาวนาน สารป้องกันการเกิดฟองไม่สามารถละลายได้อย่างแท้จริงในน้ำมันพืชและทำงานโดยการทำให้เกิดชั้นเดี่ยวหรือมอโนเลเยอร์ (monolayer) บนพื้นผิวของน้ำมันที่กำลังเดือด น้ำมันที่ใช้ทอดอาจจะต้องถูกวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระ ค่าความหืนและความเป็นของแท้โดยถูกต้องโดยการวิเคราะห์ GLC fatty acid (Kirk และ Sawyer, 1991)

ในระหว่างการทอดที่อุณหภูมิสูงน้ำมันที่ใช้ทอดมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชันและเกิดการเสื่อมสภาพด้วยอุณหภูมิสูงโดยทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถระเหยและไม่ระเหยได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์บางอย่างนี้ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ผลิตภัณฑ์นี้ได้แก่สารที่สามารถระเหยได้และโพลิเมอร์ ไดเมอร์ (dimer) ออกซิสเตอรอล (oxysterols) กรดไขมันที่มีโครงสร้างแบบวง (cyclic fatty acid) สารประกอบอัลคาไลค์ (alkaline compounds) และฟอง ได้มีรายงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพมีผลต่อคุณภาพน้ำมันและผลิตภัณฑ์ (Kirk และ Sawyer, 1991)

2.8.1 น้ำมันปาล์ม

2.8.1.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในน้ำมันปาล์มมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์และกรดไขมันที่มีไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนประกอบหลักและยังพบ glyceridic material อีกปริมาณมากรวมมั้งโมโนกลีเซอไรด์และไดกลี

เซอไรด์อีกเล็กน้อย ความยาวของสายกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยจาก 12 ถึง 20 คาร์บอนอะตอม ซึ่งพบว่าในน้ำมันปาล์มมีร้อยละ 50 และกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอีกร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังมีสารประกอบส่วนน้อยอื่นๆได้แก่ แคโรทีนอยด์ (carotenoids) แอลฟา-โทโรเฟอรอล สเตอรอล ฟอสฟาไทด์ (phosphatides) ไตรเตอปีนิก (triterpenic) และกรดอะลิฟาติก (aliphatic acid) แม้ว่าจะพบสารเหล่านี้น้อยกว่าร้อยละ 1 ในน้ำมันก็ตาม แต่สารเหล่านี้กลับมีบทบาทต่อความเสถียรและความบริสุทธิ์ของน้ำมันในการเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารของน้ำมัน (Shahidi, 2005)

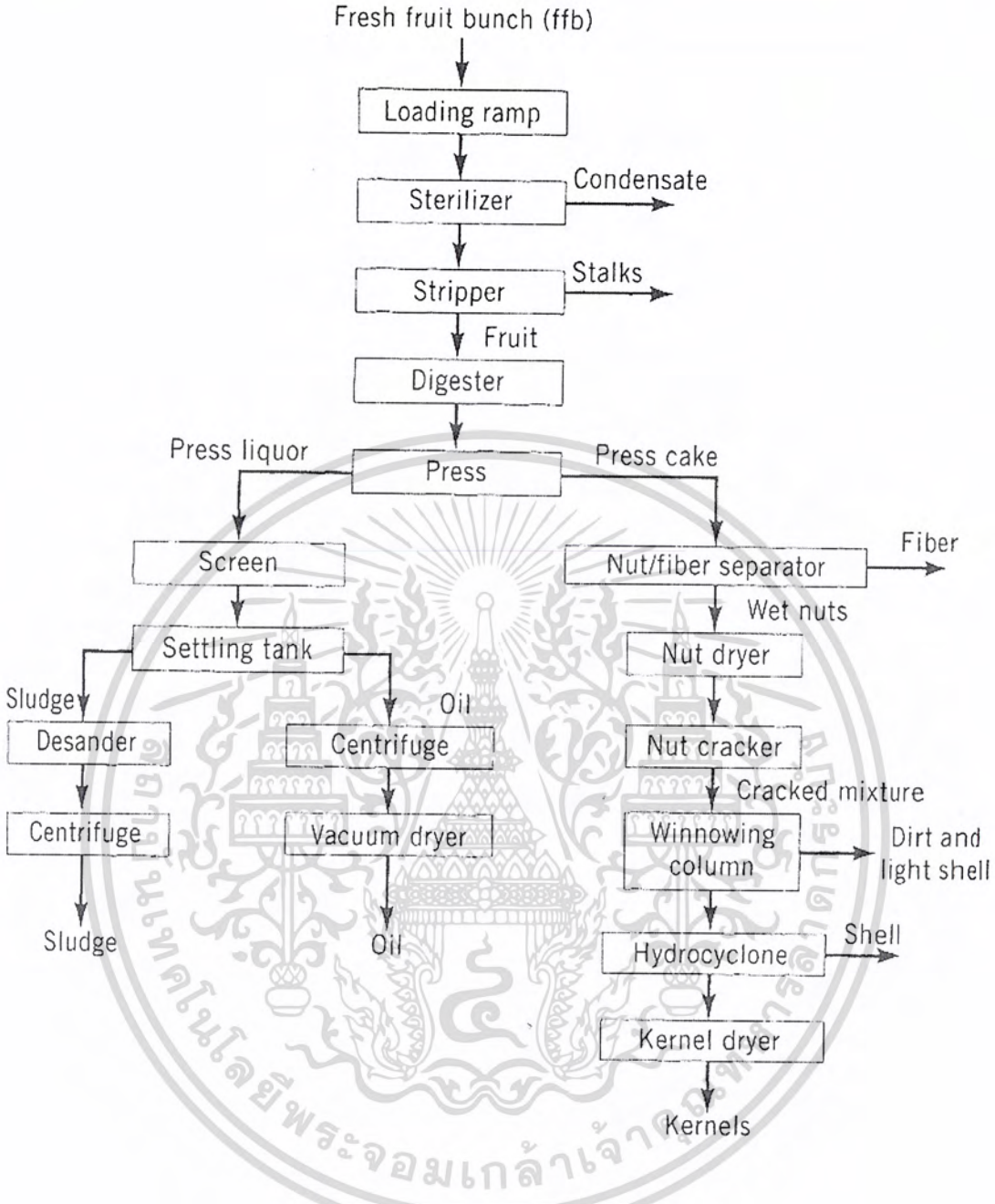
2.8.1.2 น้ำมันปาล์มและสารสกัดเมล็ดปาล์ม

โดยในขั้นแรกจะทำการรับผลปาล์มเพื่อให้ผลปาล์มเสียหายน้อย ต้องเคลื่อนย้ายผลปาล์มอย่างระมัดระวังไปยังบริเวณที่ทำการถ่ายผลปาล์ม จากนั้นจึงนำไปทำการฆ่าเชื้อ (sterilization) โดยทำการฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิ 143 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 60 นาทีวัตถุประสงค์ของการฆ่าเชื้อคือ ป้องกันการเกิดกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ เพื่อความสะดวกในขั้นตอน stripping เพื่อเตรียมส่วน pericarp สำหรับกระบวนการต่อไป และเพื่อทำให้เกิดความเสียหายของเมล็ดปาล์มน้อยที่สุด จากนั้นเป็นขั้นตอน stripping เพื่อแยกผลส่วนที่ฆ่าเชื้อออกจากก้าน แล้วจึงทำการย่อย (digestion) เพื่อให้ความร้อนผลปาล์มอีกครั้ง ทำให้เปลือกของผลปาล์มหลวมไม่ติดกับเนื้อในและเพื่อทำให้เซลล์น้ำมันแตกก่อนจะนำไปทำการสกัดน้ำมัน จากนั้นจึงทำการสกัดน้ำมัน (oil extraction) โดยมักจะใช้ screw press อย่างต่อเนื่อง แผนภูมิในการสกัดน้ำมันปาล์มดังแสดงรูปที่ 2.12

2.8.3 การทำบริสุทธิ์และการแยกส่วน (refining and fractionation)

การทำบริสุทธิ์ทางกายภาพและทางเคมี น้ำมันปาล์มหยาบ (crude palm oil) ที่สกัดได้จากผลปาล์มสดเล็กน้อยจะมีส่วนประกอบที่ไม่ต้องการและไม่บริสุทธิ์เจือปนในปริมาณน้อยในปริมาณผันแปรบางส่วนของเส้นใย mesocarp ความชื้นและสารที่ละลายได้ กรดไขมันอิสระ ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) โลหะ ผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันและสารที่มีกลิ่น ด้วยเหตุนี้จึงต้องนำน้ำมันปาล์มมาทำให้บริสุทธิ์และการแยกส่วน โดยมีสองวิธีการที่จะใช้เพื่อทำให้น้ำมันปาล์มมีความบริสุทธิ์มากขึ้นคือ physical refining และ chemical refining ทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกันในด้านวิธีการขจัดกรดไขมันอิสระที่ถูกกำจัดออกไป กระบวนการนี้แสดงในรูปที่ 2.13

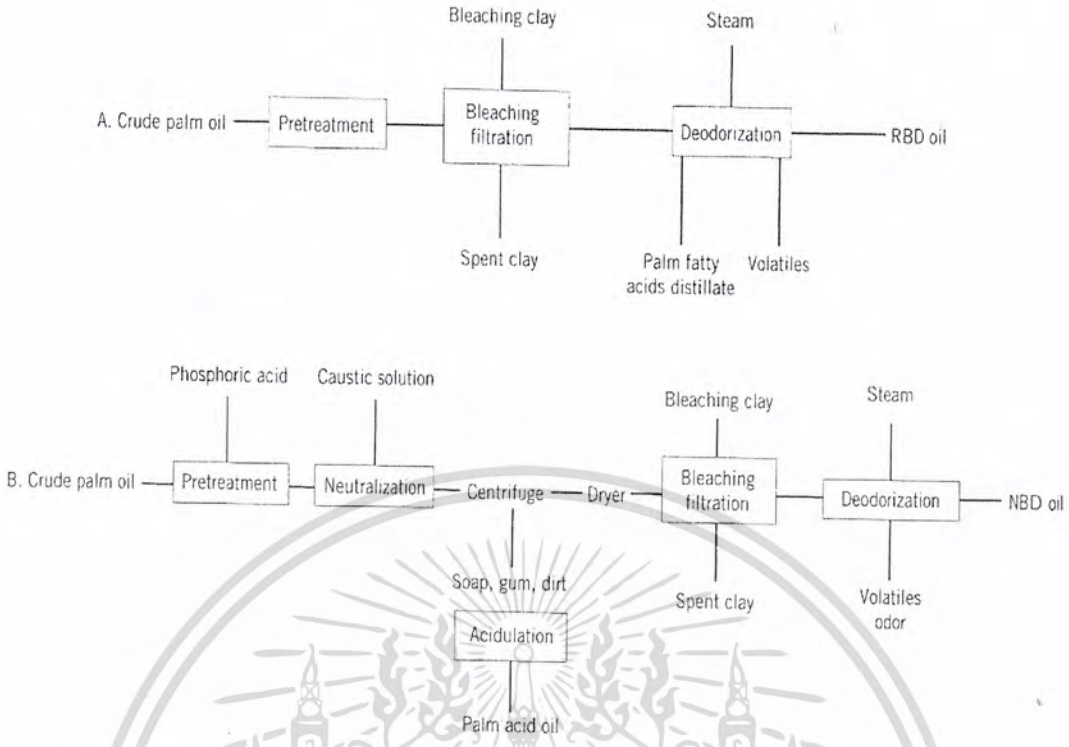
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แผนภูมิในการสกัดน้ำมันปาล์ม

ที่มา : Shahidi (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แผนภาพของ (A) การทำบริสุทธิ์ทางกายภาพและ (B) การทำบริสุทธิ์ทางเคมีของสารสกัดหยาบจากน้ำมันปาล์ม
ที่มา : Shahidi (2005)

2.8.2 ความเสถียรของน้ำมันทอดและอาหารประเภททอด

น้ำมันที่ใช้ทอดจะต้องประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่สามารถระเหยได้อยู่มิฉะนั้นแล้วสารต้านอนุมูลอิสระก็จะค่อยๆ ระเหยไปทีละน้อยขณะที่อุณหภูมิสูง ซึ่งมักอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส และจะสูญหายไปกับไอน้ำที่ระเหยจากน้ำในตัวอย่างที่ใช้ทอด สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ชนิดที่ไม่ระเหยหลายชนิดยังไม่ได้รับการอนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหาร (Pokorný และ Trojákayá, 2001)

วิตามินอีปกติจะมีอยู่แล้วในน้ำมันทุกชนิดที่ใช้สำหรับทอดอาหาร (deep frying) และอาจเติมกรดซิตริกลงไปในน้ำมันเพื่อให้เสริมฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน สำหรับสารต้านออกซิเดชันอื่นควรจะทดสอบเพื่อตรวจดูความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระว่ายังคงมีกิจกรรมที่อุณหภูมิที่ใช้ทอดหรือไม่ สารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงจะมีการสูญเสียประสิทธิภาพอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉพาะน้ำมันงา น้ำมันเมล็ดงาที่คั่วแล้วพบว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพมากในการทอดขนมปังครูตองซ์ (croutons) อาจเนื่องมาจากสารเซซามินอล (sesaminal) ในน้ำมันงา ดังนั้นอาจนำน้ำมันงาไปผสมกับน้ำมันอื่นๆ ที่ไม่เสถียรได้ (Pokorný และ Trojákayá, 2001)

2.9 การวัด Oxidative rancidity

เมื่อเปรียบเทียบการหืนไฮโดรไลติก (hydrolytic rancidity) การหืนชนิดออกซิเดทีฟ (oxidative rancidity) เป็นเรื่องที่ซับซ้อนกว่า เป็นที่ทราบกันดีว่าการหืนชนิดนี้มีสาเหตุมาจากออกซิเดชันของไขมันซึ่งเกิดขึ้นหลายขั้นตอนทำให้เกิดสารหลายชนิดได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเปอร์ออกไซด์ และในที่สุดนำไปสู่การเกิดอัลดีไฮด์ และคีโตนตลอดจนผลิตภัณฑ์อื่นๆ ผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเฉพาะอัลดีไฮด์ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ (off-flavours) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แรกที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันคือเปอร์ออกไซด์หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วิธีที่ใช้กันบ่อยที่สุดในการวัดปริมาณสารนี้คือ การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) ซึ่งจะรายงานในหน่วยของมิลลิลิตรสมมูลย์ของออกซิเจนต่อกิโลกรัมของไขมัน

2.9.1 การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

วิธีที่ใช้กันมากที่สุด iodometric tritration ซึ่งเริ่มแรกรายงานโดย Lea และ Wheeler วิธีนี้จะวัดปริมาณไอโอดีนที่ปลดปล่อยออกจากโพแทสเซียมไอโอไดด์ โดยสารเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน (Rossell, 1994)

เป็นค่าที่วัดปริมาณของสารเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันในขณะทำการเก็บรักษาการเกิดขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์จะเกิดอย่างช้าๆ ในช่วงแรกระหว่าง induction period ซึ่งอาจผันแปรตั้งแต่ 2 ถึง 3 สัปดาห์จนถึงระยะเวลาหลายๆ เดือนขึ้นอยู่กับชนิดของไขมันและน้ำมัน อุณหภูมิ และอื่นๆ ซึ่งควรคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เมื่อจะแปรผลของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (Kirk และ Sawyer, 1991)

2.9.2 การหาค่าของกรด (Acid value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของกรด (acid value, AV) เป็นตัววัดจำนวนของกลีเซอไรด์ในน้ำมันซึ่งถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ไลเปส (lipase) หรือจากการกระทำของสิ่งอื่นๆ ในการย่อยสลายไขมันถูกเร่งได้โดย

ความร้อนและแสง โดยปกติการเหม็นหืนมักเกิดพร้อมกับการสร้างกรดไขมันอิสระ การวิเคราะห์หาค่าของกรด มักใช้ปีนสิ่งบ่งชี้ถึงสภาพของน้ำมันและการนำน้ำมันนั้นไปรับประทานได้ (Kirk และ Sawyer, 1991)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศในทวีปเอเชียมีการใช้ใบพลูในการขบเคี้ยว ซึ่งในงานวิจัยนี้ซึ่งได้ทำการศึกษาหากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดของใบพลูที่ได้จาก 3 สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ศึกษาการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH การต้านสารอนุมูลอิสระของซุปเปอร์ออกไซด์ใน riboflavin ในแสง และในสาร nitroblue tetrazolium การต้านอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซิลและการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันจากการชักนำของ $FeSO_4$ ในไข่แดง โดยที่กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระโดยรวมสามารถวัดได้จากการลดของ Mo (VI) ถึง Mo (V) จากการสกัดและภายหลังที่มีการสร้างของสารประกอบ green phosphate ต่อ Mo (V) ที่มีความเป็นกรด ในสารสกัดที่สกัดได้จะมีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ซึ่งกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบพลูในสายพันธุ์ Kauri จะมีมากกว่าในสายพันธุ์ Ghanagete และสายพันธุ์ Bagerhati จะมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด ซึ่งทั้งใบพลูทั้ง 3 สายพันธุ์ที่แตกต่างกันนี้จะสามารถต้านการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้มากกว่าในชา ซึ่งปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระของใบพลูสายพันธุ์ Kauri จะมากกว่าในชา ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งแสดงค่าเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิกจะมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากในใบพลูสายพันธุ์ Kauri มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดก็จะมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเช่นกัน และในใบพลูสายพันธุ์ Bagerhati มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด (Dasgupta และ De, 2004)

ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยและเอทานอลโอเลโอเรซินได้จากรากของขมิ้นทั้งสดและแห้งได้จากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ซึ่งสารประกอบหลักที่พบนั้นจะพบ อะโรเมติกทูเมอโรนร้อยละ 24.4 แอลฟาทูเมอโรนร้อยละ 20.5 และเบตาทูเมอโรนร้อยละ 11.1 ในน้ำมันจากรากสดและอะโรเมติกทูเมอโรนร้อยละ 21.4 แอลฟาแซนทาลีนร้อยละ 7.2 และอะโรเมติกเคอคูมีนร้อยละ 6.6 ในน้ำมันจากรากแห้ง ในทางตรงกันข้ามในโอเลโอเรซิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักจะมีแอลฟาทูเมอโรนร้อยละ 53.4 เบตาทูเมอโรนร้อยละ 18.1 และอะโรเมติกทูเมอโรนร้อยละ 6.2 ในน้ำมันจากรากสดและอะโรเมติกทูเมอโรนร้อยละ 9.6 แอลฟาแซนทาลีนร้อยละ 7.8 และแอลฟาทูเมอโรน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 6.5 ในน้ำมันจากรากแห้ง สรุปคือสารแอลฟาทูเมอโรนเป็นส่วนประกอบหลักที่มีมากในรากสดของขมิ้นแต่จะมีน้อยในรากแห้งของขมิ้น ยิ่งกว่านั้นสารประกอบของเบตาทูเมอโรนในรากแห้งของขมิ้นจะมีน้อยกว่ารากสดครึ่งหนึ่ง คุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถวัดได้จากการวิเคราะห์การเกดิออกซิเดชันของไขมันที่แตกต่างกันซึ่งสามารถต้านอนุมูลอิสระของ DPPH และวิธีการวัดจุดยุติของโลหะ น้ำมันหอมระเหยและเอทานอลโอเอเรซินจากรากสดจะมีคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่ารากแห้ง (Singh และคณะ, 2010)

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดแบบน้ำมันท่วมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน รวมทั้งเกิดสารประกอบซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันทอดซ้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับทอดแผ่นกล้วยฝานบาง โดยน้ำมันที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำมันทอดซ้ำทั้ง 3 ชนิด พบว่า ทั้งค่าสี (photometric color index) และค่าความหนืด มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ใช้ในการทอด สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่การทอด 15 ครั้ง โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 4.21–7.34 มิลลิลิตรสมมูลย์ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม หลังจากนั้นค่าเปอร์ออกไซด์จะลดลงเล็กน้อย ค่าคอนจูเกตไดอีน และปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ใช้ในการทอด โดยค่าคอนจูเกตไดอีนและปริมาณ สารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดแผ่นกล้วยฝานบางจำนวน 20 ครั้ง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25–0.84 และ 6.57-8.83 ตามลำดับ แม้ค่าปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ยังไม่เกินเกณฑ์ร้อยละ 25 แต่ อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมันทอดที่ใช้ซ้ำนานเกินไปมีความเสี่ยงที่จะได้รับสารประกอบที่เกิดจากการเสื่อมสภาพ ของน้ำมัน และจากผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า น้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ในระหว่างการทอดน้อยที่สุด ยกเว้นค่าความหนืด ส่วนน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใน ระหว่างการทอดมากที่สุด และน้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างการทอดมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าทางกายภาพและค่าทางเคมีของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนั้น การศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าคอนจูเกตไดอีนกับค่าความหนืด และค่าสีของน้ำมันทอดซ้ำทั้ง 3 ชนิด ($r>0.92$) ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในการประมาณค่า ทางเคมีของน้ำมันที่ใช้ในการทอดซ้ำ จากค่าทางกายภาพของน้ำมันนั้น ๆ ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก (นิตยา, 2008)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและกานพลูโดยใช้น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลาย ใช้วิธีสกัด 2 วิธีคือการกลั่นด้วยน้ำและการแช่ในตัวทำละลาย เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น

ระเหยที่สกัดได้ พบว่าการสกัดโดยวิธีการกลั่นได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าสารที่แช่ในตัวทำละลาย และการกลั่นโดยได้น้ำมันหอมระเหยมากกว่าการแช่ในตัวทำละลายและการกลั่นโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าการกลั่นโดยใช้น้ำ โดยได้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูร้อยละ 3.5 จากอบเชยร้อยละ 1.8 นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ทั้ง 2 ชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ทั้ง 2 ชนิดมาใส่ในส่วนผสมของขนมโมจิในปริมาณร้อยละ 0.25 0.5 และ 1.0 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าขนมปังโมจิที่ใส่น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบ แต่มีคะแนนต่ำกว่า เนื่องจากมีกลิ่นของสมุนไพรค่อนข้างแรง มีสีเข้ม เนื้อสัมผัสแข็งและแน่น สามารถเก็บรักษาในกล่องพลาสติกชนิดโพรพิลีน (PP) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และกานพลูร่วมกัน 2 ชนิดในการทำขนมโมจิความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 0.5 พบว่าสูตรที่ใส่น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ แต่คะแนนที่ได้น้อยกว่าสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 9 วัน (วลาวรรณ์, 2548)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิทอดต่อการดูดซับน้ำมัน เนื้อสัมผัส และสีของข้าวเกรียบกุ้งทอด และสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 160 170 180 190 และ 200 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิการทอดสูงขึ้น การดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบกุ้งทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ความแข็งของข้าวเกรียบกุ้งทอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสี L ของข้าวเกรียบกุ้งทอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสี a ของข้าวเกรียบกุ้งทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าสี b ของข้าวเกรียบกุ้งทอดไม่แตกต่างกันอย่างนัยนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการทอด และพบว่าการใช้อุณหภูมิทอดที่สูงขึ้นทำให้สีของน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นด้วย ผลของการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำนั้นทำที่อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส และทำการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำ 1 ถึง 4 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการดูดซับน้ำมัน ความแข็ง ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวเกรียบกุ้งทอดที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่ใช้ซ้ำนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ดีการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำนั้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าสี L ของข้าวเกรียบกุ้งทอดลดลง และมีผลต่อค่าสี L ค่า a และค่า b ของน้ำมันปาล์ม และพบว่าสีของน้ำมันปาล์มเข้มขึ้นหลังจากผ่านการทอดซ้ำซึ่งทำให้สีของข้าวเกรียบกุ้งทอดเข้มขึ้นไปด้วย (ศรายุทธ์, 2551)

การศึกษาผลของการเติมสารต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษา และความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ ได้ทำการศึกษาในสีผสมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ร... ...ใช้

ชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน และชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน โดยเปรียบเทียบผลของการเติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์สามชนิดได้แก่ บีเอชเอ บีเอชที และทีบีเอชคิว กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารต้านอนุมูลอิสระ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้า-แคโรทีนในสีผสมอาหารวิเคราะห์โดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี สีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ในรูปน้ำมันและรูปอิมัลชัน ที่เก็บรักษาในขวดสีชา พ่นแก๊สไนโตรเจนเหลวที่ผิวหน้า ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±5 และ 5±2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีความคงตัวสูงตลอดช่วงเก็บรักษา โดยปริมาณเบต้า-แคโรทีนในทุกสิ่งทดลองมีปริมาณลดลงน้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเก็บนาน 180 วัน ($p>0.05$) ค่ากรดและค่าเปอร์ออกไซด์ของสีผสมอาหารในรูปน้ำมันมีค่าไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ($p>0.05$) และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของสีผสมอาหารในรูปอิมัลชันมีแนวโน้มลดลงจากปริมาณเริ่มต้น การสลายตัวของเบต้า-แคโรทีนในสีผสมอาหารที่อยู่ในรูปน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 140-160 องศาเซลเซียส เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) และค่า Z เท่ากับ 67.40-105.95 กิโลจูลต่อโมล และ 32-51 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยสีผสมอาหารที่มีความคงตัวจากมากไปหาน้อย คือ สีผสมอาหารที่เติม บีเอชที ทีบีเอชคิว บีเอชเอ และชุดควบคุม ซึ่งจะให้ค่า Z เท่ากับ 32.36, 36.63, 39.22 และ 51.02 องศาเซลเซียสตามลำดับ การสลายตัวของเบต้า-แคโรทีนในสีผสมอาหารที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งมีค่า E_a และค่า Z เท่ากับ 101.07-125.48 กิโลจูลต่อโมลและ 21-26 องศาเซลเซียสตามลำดับ ดังนั้นการเติมบีเอชที จะช่วยให้เบต้า-แคโรทีนในสีผสมอาหารทั้งสองชนิดมีความคงตัวดีที่สุดและการพ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้าจะช่วยให้สีผสมอาหารมีความคงตัวต่อความร้อนมากขึ้น (กฤติกา, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ สมุนไพรไทยทั้งหมด 5 ชนิด ใบพลู (*Piper betle* Linn.) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) และตะไคร้ (*Cymbopogon citartus* Stapf.)

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้แก่ DPPH (2,2-diphenyl-1-picylhydrazyl, Fluka, Germany) เมทานอล (Merck, Germany) วิตามินอี (α-tocopherol, Fluka, Switzerland) อะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 3.6 (acetate buffer, Merck, Germany) TPTZ (2,4,6-tripyridyl-5-triazine, Fluka, Switzerland) กรดไฮโดรคลอริก (VWR International S.A.S, France) เฟอริกคลอไรด์ (ferricchloride hexahydrate, POCH, Poland) สารละลายเฟอรัสซัลเฟต (ferrous sulfate heptahydrate, Merck, Germany) สารละลายกรดแกลลิก (gallic acid, Fluka, Spain) แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, Merck, Germany) สารละลายอิ่มตัวของแมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloside, Merck, Germany) Folin-Ciocalue (folin-Ciocalue's phenol, Fluka, Switzerland) สารละลายควอซีทิน (Quercetin) โพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.6 (potassiumacetate buffer, Ajax Finechem, New Zealand) สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid; Merck, Germany) สารละลายบีเอชที (butylated hydroxytoluene, FoodEQ) เบต้า-แคโรทีน (β-carotene, Biochemika, USA) สารละลายโพแทสเซียมเฟอริกไซยาไนด์ (potassium ferricyanide; Ajax Finechem, Newzealand) คลอโรฟอร์ม (chloroform, Merck, Germany) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid, Fluka, Germany) ไดเอทิลอีเทอร์ (diethylether, Panreac, Spain) แอลกอฮอล์ ฟีนอฟทาลีน (phenolpthalein) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Merck, Germany) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Merck, Germany) น้ำแป้ง (soluble strach) สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$, Merck, Germany) Potato Dextose Agar และ Total Plate Count Agar

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย เครื่องตีป่น (stomacher, BEC, THAI) เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer, Shimadzv UV-1201V, Japan) เครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator, BÜCHI VAC® V-500, Switzweland) ตู้บ่มเชื้อ (Memmert, Model 600, Geramany) ตู้บ่มเชื้อแบบเขย่า (incubator shaker , Gallenkamp, United Kingdom) ตู้ปลอดเชื้อ (BossTech, VT 90, Thailand) หม้อนึ่งความดัน (TOMY, ES-315, Japan) เครื่องผสม (vortex mixer, VORTEX GENIE 2, G560E, United States of America) เครื่องวัดสี (Minolta, CR300, Japan) และโถดูดความชื้น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

นำสมุนไพรไทยทั้งหมด 5 ชนิดได้แก่ ใบพลู ขมิ้น มะกรูด กานพลู และตะไคร้ มาทำการล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นไอน้ำเก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในขวดแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟรอยด์เพื่อไม่ให้โดนแสงจากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็น เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3.2.2 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

3.2.2.1 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยด้วยวิธี DPPH

ทำการทดลองตามวิธีการของ Singh และคณะ (2008) โดยนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ทั้ง 5 ชนิดมาทำการเจือจางให้มีความเข้มข้นเหมาะสมตามที่ต้องการด้วยสารละลายเมทานอล จากนั้นปิเปตสารละลายน้ำมันหอมระเหยที่เจือจางมา 1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร(ตามวิธีในภาคผนวก ก) บ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลแทนน้ำมันหอมระเหยเป็นชุดควบคุม และใช้แอลฟา-โทโคฟีรอลและบีเอชที เป็น positive control ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ในแต่ละความเข้มข้นนำไปคำนวณหาค่าร้อยละของการยับยั้งของ DPPH radical ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\%I = \frac{(Ao - As)}{As} \times 100$$

A_o คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_s คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำมันหอมระเหย

จากนั้นนำค่าร้อยละของการยับยั้งโดย DPPH กับค่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาสร้างกราฟเพื่อคำนวณหาค่า IC_{50} เป็นค่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถกำจัด DPPH radical ได้ร้อยละ 50

3.2.2.2 การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยด้วยวิธี FRAP

ทำการทดลองตามวิธีการของ Lado และคณะ (2004) ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาสมบัติการเป็นตัวรีดิวส์ของน้ำมันหอมระเหย โดยจะหาความสามารถในการเปลี่ยนสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+}-TPTZ (Ferric tripyridyltriazine) ไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{2+}-TPTZ (Ferrous tripyridyltriazine) สารที่ใช้ในการทดสอบคือ FRAP reagent ซึ่งประกอบด้วยสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 3.6 ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร สารละลาย TPTZ reagent ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายเฟอริกคลอไรด์ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร (ตามวิธีการในภาคผนวก ก) ทำได้โดยการปีเปต FRAP reagent ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ โดยใช้ FRAP reagent เป็นชุดควบคุมแทนน้ำมันหอมระเหย นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในหน่วยมิลลิโมลาร์ต่อตัวอย่างน้ำมันหอมระเหย 1 มิลลิกรัม

การทำสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0-0.3 มิลลิโมลาร์ (ตามวิธีการในภาคผนวก ก) โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น แต่จะใช้สารละลายเฟอรัสซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆแทนน้ำมันหอมระเหย และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระดับความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และหาสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ต่อไป

3.2.2.3 β-carotene bleaching test

ทำการทดลองตามวิธีการของ Eyob และคณะ (2008) โดยใช้เบต้า-แคโรทีนปริมาตร 2 มิลลิกรัมผสมกับคลอโรฟอร์มปริมาตร 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายผสมของ β-carotene-chloroform จากนั้นทำการปิเปตสารละลายผสมที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในฟลาสก์ก้นกลม (round-bottom rotary boiling flask) เติมกรดไลโนเลอิกปริมาณ 20 มิลลิกรัม และ tween-40 ปริมาณ 0.2 กรัม ลงไปในฟลาสก์ก้นกลม นำไประเหยเอาคลอโรฟอร์มออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไปปริมาตร 50 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ และเขย่าอย่างแรงเพื่อให้เกิดเป็นอิมัลชั่น จากนั้นปิเปตสารละลายนี้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ทันทีด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (ค่าที่ได้นี้เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 0 นาที) จากนั้นนำหลอดทดลองไปบ่มไว้ใน water bath อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 105 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 105 นาที สำหรับ negative control ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่ใช้เมทานอลปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร แทนน้ำมันหอมระเหย ส่วน positve control ใช้แอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที คำนวณหาค่าร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity, AA%) ดังสมการ

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{105}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{105}_{control})\times 100]$$

เมื่อ A^{0}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

A^{105}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

$A^{0}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่เวลา 0 นาที

$A^{105}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

3.2.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยทำตามวิธีการของ Dastmalchi และคณะ (2007) โดยเตรียมน้ำมันหอมระเหยให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเติมน้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูง (Ultrapure water) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร และเติมสาร Folin-ciocalteu's reagent ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เขย่าทิ้งไว้ 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูงผสมและทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0 ถึง 1,000 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร (ตามวิธีการในภาคผนวก ก) ทำการทดลองเช่นเดียวกับวิธีข้างต้นแล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิกจะได้กราฟเส้นตรงและหาสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างน้ำมันหอมระเหย

3.2.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยใช้ aluminum chloride colorimetric ตามวิธีการของ Pourmorad และคณะ (2006) นำตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมด้วยเมทานอลปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นจึงเติมสารละลายโพแทสเซียมอะซิเตตความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2.8 มิลลิลิตร นำสารละลายที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ สร้างกราฟมาตราฐานควอซีทิน 8 ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 12.5 ถึง 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในเมทานอล ค่าของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดแสดงในรูปของ quercetin equivalents (มิลลิกรัมควอซีทินของน้ำหนักแห้ง)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยในการต้านออกซิเดชันของไขมันในแคปหมูที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม

นำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยที่มีสมบัติการต้านออกซิเดชันได้เป็นอย่างดีที่ได้คัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 3.2.2 มา 2 ชนิด โดยจะศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหย (ที่คัดเลือก) ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ต่อการต้านออกซิเดชันของแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู ในการทดลองนี้จะนำน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดผสมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดคือ ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด ชุดที่ 2 เติมน้ำมันหอมระเหยชนิดที่ 1 (ที่คัดเลือก) ความเข้มข้นที่เหมาะสมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด ชุดที่ 3 เติมน้ำมันหอมระเหยชนิดที่ 2 (ที่คัดเลือก) ความเข้มข้นที่เหมาะสมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด ชุดที่ 4 เติมน้ำมันหอมระเหยชนิดที่ 1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดที่ 2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด ชุดที่ 5 เติมสารสังเคราะห์บีเอชทีความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด

3.2.4.1 การเตรียมแคปหมู

เตรียมแคปหมูโดยต้มน้ำให้เดือดนำหนังหมู 2.5 กิโลกรัม มาทำการขูดเส้นขนให้หลุดออกแล้วนำมาล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง เตรียมน้ำต้มจนเดือดแล้วใส่หนังหมูที่ได้นี้ลงไป ต้มจนสุกจะได้หนังหมูที่มีลักษณะใสแล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นที่มีความยาว 1 นิ้ว กว้าง 1 เซนติเมตร แล้วนำมาคลุกเกลือให้ทั่ว จากนั้นนำหนังหมูที่ได้ไปมาทำการทอดในน้ำมันปาล์ม

3.2.4.2 การทดลองทอดแคปหมูในน้ำมันปาล์มที่มีการเติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรไทย

การทดลองทอดแคปหมูตามวิธีการของ Jaswir และคณะ (2000) นำน้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี Refined palm olein from pericarp ตราทับทิมปริมาณ 750 มิลลิลิตรใส่ลงในกระทะวางลงบนเตาแก๊สแล้วให้ความร้อนจนน้ำมันมีอุณหภูมิ 120±2 องศาเซลเซียสทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที นำหนังหมูที่เตรียมไว้ปริมาณ 500 กรัม ทอดในน้ำมันจนกระทั่งสุกและมีสีเหลืองอ่อนซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นนำแคปหมูขึ้นจากน้ำมันมาวางพักในตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำมันทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของน้ำมันและแคปหมูเย็นลงเป็นเวลาประมาณ 20 นาที จึงนำแคปหมูบรรจุในถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดบรรจุภัณฑ์ให้เรียบร้อย นำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่มีสารละลายอิ่มตัวของแมกนีเซียมคลอไรด์ ซึ่งมีสภาพความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 32 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน สุ่มตัวอย่างแคปหมูไปทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0, 1, 3,

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 และ 12 โดยนำไปวิเคราะห์หาค่า TBARS และตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์รา สำหรับน้ำมันปาล์มแต่ละทรีตเมนต์ที่เหลือจากการทอดจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่ 1 จะใช้สำหรับเก็บรักษาโดยบรรจุใส่ขวดแก้วใสที่มีฝาปิดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสที่ควบคุมปริมาณแสงร้อยละ 50 เป็นเวลา 12 วัน จากนั้นสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 1 ,3, 7 และ 12 ของการเก็บรักษาเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าของกรดและค่าสี สำหรับน้ำมันส่วนที่ 2 ปริมาณ 650 มิลลิลิตรจะใช้สำหรับการทอดแคปหมูชุดต่อไปก่อนทอดจะเก็บน้ำมันไว้ในขวดแก้วใสที่มีฝาปิดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสที่ควบคุมปริมาณแสงร้อยละ 50 เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นจึงนำน้ำมันทั้งหมดมาใช้ทอดแคปหมู แคปหมูและน้ำมันปาล์มที่เหลือจากการทอดชุดที่ 2 นี้จะนำมาเก็บรักษาและนำมาตรวจวิเคราะห์เช่นเดียวกับแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่เหลือจากการทอดครั้งแรก

3.2.5 การวิเคราะห์น้ำมันปาล์มและแคปหมู

3.2.5.1 การวิเคราะห์ Peroxide value

ในการทดสอบจะนำตัวอย่างน้ำมันปาล์ม 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 กรัม และสารละลายผสมระหว่างกรดแอซิติกต่อคลอโรฟอร์ม (2:1) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำหลอดทดลองที่ใส่สารละลายผสมไปวางในอ่างน้ำเดือดเพื่อต้มของเหลวเป็นเวลา 30 วินาที โดยให้เดือดอย่างรุนแรงไม่เกิน 30 วินาที จากนั้นเทของเหลวที่เดือดนี้ใส่ในฟลาสก์ที่มีสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ล้างหลอดทดลอง 2 ครั้งด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้ในฟลาสก์นี้ไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 โมลาร์ โดยใช้ soluble starch ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตรเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรทจนถึงจุดยุติคือสีฟ้าจางหายไป บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง สมมุติเท่ากับ V มิลลิลิตร สำหรับ blank ทำเช่นเดียวกัน ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไปในการไตเตรท blank สมมุติเท่ากับ V_0 มิลลิลิตร นำมาคำนวณหาค่าเปอร์ออกไซด์ซึ่งรายงานเป็นจำนวนมิลลิกรัมของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 โมลาร์ต่อไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Peroxide value} = \frac{(V - V_0)}{M}$$

หรือเมื่อคำนวณเป็นมิลลิลิตรสมมูลย์ของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Peroxide value} = \frac{(V - V0)\mathbf{T} \times 10^3}{M} \text{ mEq/kg}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_0 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรทสารละลาย blank (มิลลิลิตร)

T คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (โมลาร์)

M คือ น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

3.2.5.2 การวิเคราะห์หา Acid value

การวิเคราะห์หา Acid value ทำตามวิธีการของ Kirk และ Sawyer (1991) ชั่งน้ำมันมา 2 กรัม เติมตัวทำละลายผสมที่เป็นกลางซึ่งเตรียมได้โดยผสมไดเอทิล-อีเทอร์ 25 มิลลิลิตรกับแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตร และสารละลายฟีนอฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกลางโดยไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งถึงจุดยุติ จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนสารละลายเป็นสีชมพูและคงอยู่เป็นเวลา 15 วินาที สารละลายทั้งหมดที่ใช้ในการไตเตรทควรมีปริมาตรไม่เกิน 10 มิลลิลิตร มิฉะนั้นจะเกิดการแยกชั้น จากนั้นนำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทและปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้มาคำนวณหาค่า acid value ตามสมการดังนี้

$$\text{Acid value} = \frac{\text{ปริมาณสารที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)} \times 5.16}{\text{น้ำหนักของสารตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.3 การวัดค่าสี

นำน้ำมันปาล์มแต่ละทรีตเมนต์มาใส่ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างของเหลวไปวัดค่าสี ค่า "L" คือค่าความสว่าง ค่า "a" คือค่าสีแดง (ความแดง) และค่า "b" คือค่าสีเหลือง (ความเหลือง) ทำการวัดค่าสีของตัวอย่างน้ำมันปาล์มโดยเครื่องวัดค่าสี โดยมีแผ่นแก้วเทียบสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่าดังนี้ "Y" = 86.53 "X" = 82.45 "Z" = 91.28 ใช้สำหรับอ้างอิง

L* = ค่าความสว่าง (lightness) (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = ค่าสีแดง/ค่าสีเขียว (redness/ greenness) (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = ค่าสีเหลือง/ค่าสีน้ำเงิน (yellowness/ blueness) (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

3.2.5.4 การวิเคราะห์หาค่า TBA (Thiobarbituric acid number)

การวิเคราะห์หาค่า TBA ทำตามวิธีการของ Kirk และ Sawyer (1991) โดยทำการชั่งตัวอย่างน้ำมันหรือแคปหมูปริมาณ 10 กรัม เติมน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปตีป่นเป็นเวลา 2 นาที เทตัวอย่างใส่ฟลาสก์สำหรับกลั่นโดยใช้น้ำปริมาตร 47.5 มิลลิลิตร ช่วยชะตัวอย่างที่ติดฟลาสก์ลงไปให้หมด จากนั้นเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 1.5 จากนั้นใส่ลูกแก้วประมาณ 3-4 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง ต่อฟลาสก์เข้ากับชุดกลั่นให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า กลั่นเก็บ distillate ปริมาตร 50 มิลลิลิตรภายใน 10 นาที จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้จากการกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA (TBA reagent) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (เตรียมได้โดยชั่ง TBA 0.2883 กรัม เติมลงในสารละลายกรดแอซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ลงในหลอดแก้วปิดจุกพร้อมทั้งเขย่าและให้ความร้อนในหม้อน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที เตรียม blank โดยการทำการทดลองเหมือนกันแต่ใช้น้ำปริมาตร 5 มิลลิลิตรผสมกับสารละลาย TBA ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทำให้หลอดทดลองเย็นในน้ำเป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร คำนวณหาค่า TBA ได้ดังนี้

ค่า TBA (มิลลิกรัมของมาลโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง) = 7.8D เมื่อ D หมายถึงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

3.2.5.5 การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์รา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราโดยเทคนิค spread plate โดยตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะนำตัวอย่างแคปหมู 10 กรัมเติมสารละลายเปปโตน

ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร นำไปตีป่นเป็นเวลา 1 นาที ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} ที่ได้นี้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานอาหาร Plate Count Agar เกลี่ยตัวอย่างด้วยแท่งแก้วงอปราศจากเชื้อ จากนั้นคว่ำจานแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการตรวจวิเคราะห์หาจำนวนยีสต์ราจะทำการทดลองเช่นเดียวกับการตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดทุกประการแต่ต่างกันที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ซึ่งจะปิเปตตัวอย่างลงบนผิวหน้าอาหาร Acidified Potato Dextrose Agar เกลี่ยตัวอย่างด้วยแท่งแก้วงอปราศจากเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลงานวิจัยและอภิปรายผล

4.1 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย

4.1.1 ความสามารถในการกำจัด 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical

จากการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยด้วยวิธีการหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลของ DPPH เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน 2 ชนิดคือ แอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลของ DPPH ดีที่สุดคือ น้ำมันกานพลู ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลของ DPPH ดีรองลงมาคือ น้ำมันใบพลูและน้ำมันขมิ้น ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.20 และ 1.045 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.1a) สำหรับน้ำมันตะไคร้และน้ำมันผิวมะกรูดพบว่าจะต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่าน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลูและน้ำมันขมิ้นในการยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ร้อยละ 50 โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.04 และ 1.42 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชทีเป็นสารที่มีสมบัติในการยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ดีโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.13 และ 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ สารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชทีมีสมบัติการยับยั้งอนุมูล DPPH เป็นรองน้ำมันกานพลู เนื่องจากมีค่า IC_{50} สูงกว่าคือเท่ากับ 0.13 และ 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ สำหรับน้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูดจะมีสมบัติในการยับยั้งอนุมูล DPPH ที่น้อยกว่าสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที เนื่องจากมีค่า IC_{50} ที่สูงกว่าสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที

4.1.2 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

จากการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี FRAP พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ได้ดีที่สุดคือ น้ำมันกานพลูโดยมีค่าความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 2.7843 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิกรัม (รูปที่ 4.1b) ซึ่งหมายความว่าน้ำมันหอมระเหย 1 มิลลิกรัม สามารถเปลี่ยนสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+}-TPTZ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน Fe^{2+}-TPTZ ได้ 2.7843 มิลลิโมลาร์ต่อสาร 1 มิลลิกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารมาตรฐาน 2 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบคือแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับสารมาตรฐานบีเอชทีซึ่งเท่ากับ 2.9816 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิกรัม แต่ไม่ดีเท่ากับ แอลฟา-โทโคเฟอรอล ซึ่งมีความสามารถในการรีดิวซ์ที่ดีที่สุด โดยสามารถทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{2+}-TPTZ ได้ 3.0243 มิลลิโมลาร์ต่อสาร 1 มิลลิกรัม สำหรับน้ำมันใบพลูและน้ำมันขมิ้นมีสมบัติในการรีดิวซ์ได้ดีใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{2+}-TPTZ ได้ 1.7698 และ 1.7189 มิลลิโมลาร์ต่อสาร 1 มิลลิกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่มีสมบัติในการรีดิวซ์ต่ำที่สุดคือ น้ำมันผิวมะกรูด โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.1146 ไมโครโมลาร์ต่อสาร 1 มิลลิกรัม

4.1.3 β-carotene bleaching test

จากการศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β-carotene bleaching test ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย 5 ชนิด พบว่าน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูมีสมบัติต้านออกซิเดชันได้ดี โดยน้ำมันกานพลูมีสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด โดยมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 67.80 รองลงมาคือน้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูด ซึ่งมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 47.57, 32.06, 21.01 และ 15.16 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1c) และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที พบว่าสารมาตรฐานทั้งสองมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 89.48 และ 86.63 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงของน้ำมันกานพลู

การที่พบว่าน้ำมันกานพลูมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าน้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูด ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของ Santoro และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*Syzygium aromaticum* L.) โหระพา (*Ocimum basilicum* L.) และยาโลว์ (yarrow) (*Achillea millefolium* L.) โดยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำ พบว่าน้ำมันกานพลูมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 99.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ Lee และ Shibamoto (2001) ได้ศึกษาสารประกอบในสารสกัดจากกานพลูโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟี (gass chromatography) และวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟีแมสสเปกโตเมทรี (gass chromatography mass spectometry) พบว่าในสารสกัดจากกานพลูมีสารประกอบทั้งหมด 22 ชนิด สารประกอบหลักได้แก่ ยูจีนอล (ugenol) ร้อยละ 24.371 มิลลิกรัมต่อกรัม ยูจีนิลอะซิเตต (ugenyl acetate) ร้อยละ2.354

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์นี้ไปโพสต์ต่อในเว็บไซต์ใดๆ

มิลลิกรัมต่อกรัม 1-อะซิทิโลซี-2-โพรพาโนน (1-aceteloxy-2-propanone) ร้อยละ 0.16 มิลลิกรัมต่อกรัม 2-เมทิล-5-(1-เมทิลเอทินัล)-ไซโคลเฮกซิลอะซิเตต (2-methyl-5-(-1methylethenyl-cyclohexyl acetate)) ร้อยละ 0.135 มิลลิกรัมต่อกรัม ไอโซพทาอัลดีไฮด์ (isopththalaldehyde) ร้อยละ 0.126 มิลลิกรัมต่อกรัม 2,5-ไดเมทิลอะนีโซล (2,5-dimethylanisole) ร้อยละ 0.043 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ร้อยละ 0.033 มิลลิกรัมต่อกรัมฟีนิลเมทิลอะซิเตต (phenylmethyl acetate) ร้อยละ 0.016 มิลลิกรัมต่อกรัม และสารประกอบอื่นๆ ในปริมาณน้อย

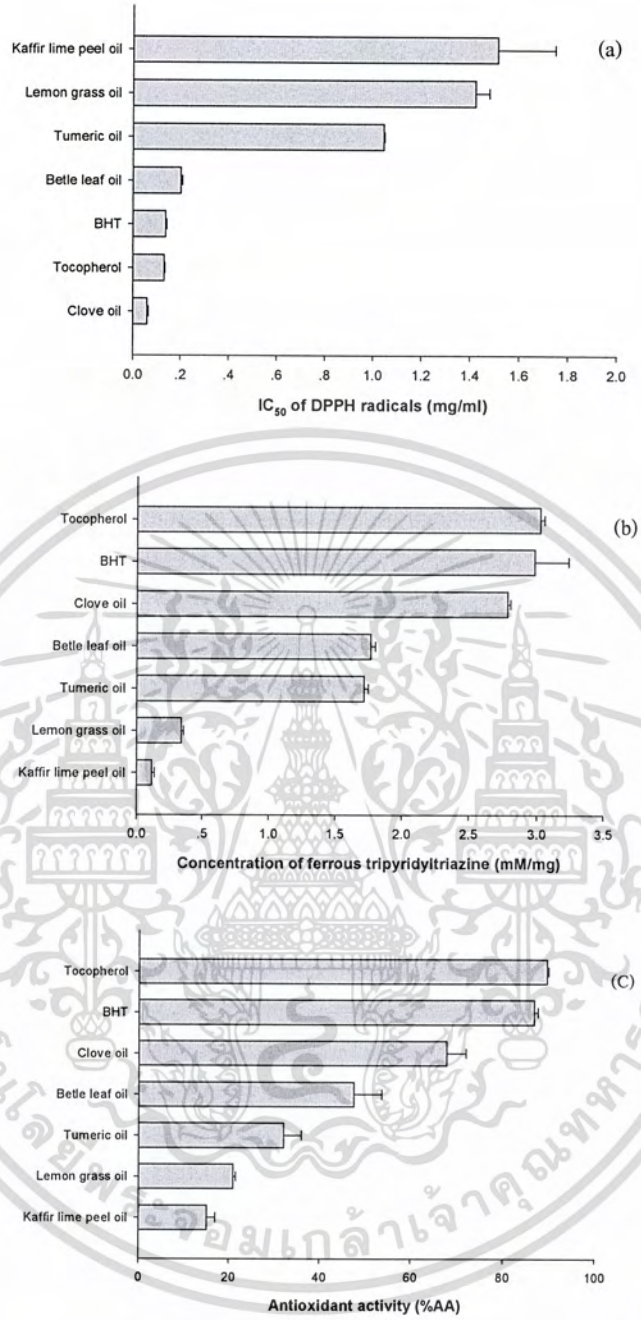
สำหรับน้ำมันใบพลูจะพบว่าสารสกัดจากใบพลูมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Bhattachaya และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบพลูที่สกัดด้วยเอทานอลพบว่าสารสกัดจากใบพลูที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรมีความสามารถในป้องกันการเกิด Fe (II) ที่จะชักนำให้เกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันได้ร้อยละ 77.4 การที่สารสกัดจากใบพลูมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงอาจเป็นเพราะในสารสกัดจากใบพลูประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ดังการรายงานของ Evan และคณะ (1984) ซึ่งได้ทำการจำแนกชนิดสารสำคัญที่เป็นสารประกอบในใบพลูที่สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม พบว่าประกอบด้วยชาวิคอล (chavicol) ชาวิบิโทล (chavibetol) อัลลิลไพโรคาทิโชล (allylpyrocatecgol) ชาวิบิโทลอะซิเตต (chavibetol acetate) และอัลลิลไพโรคาทิโชลไดอะซิเตต (allylpyrocatechol disacetate)

การที่สารสกัดจากขมิ้นมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระอาจเป็นเพราะสารสกัดจากขมิ้นประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิดดังรายงานของ Singh และคณะ (2010) ได้ศึกษาสารประกอบในสารสกัดจากขมิ้นสดและสารสกัดจากขมิ้นแห้งด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟี พบว่าสารสกัดในขมิ้นสดมีสารประกอบหลักคือ อะโรมาติก-ทูเมอโรน (aromatic- tumerone) ร้อยละ 24.4 แอลฟา-ทูเมอโรน (alpha-tumerone) ร้อยละ 20.5 และเบต้า-ทูเมอโรน (beta-tumerone) ร้อยละ 11.1 และสารสกัดขมิ้นแห้งมีสารประกอบหลักคือ อะโรมาติก-ทูเมอโรน ร้อยละ 21.4 แอลฟา-ซานทาลีน (alpha-santhalene) ร้อยละ 7.2 และอะโรมาติก-เคอคูมีน (aromatic-cercumene) ร้อยละ 6.6 ขณะที่สารประกอบหลักในโอลิโอเรซิน (oleoresins) ที่แยกจากขมิ้นสดมีสารประกอบหลักได้แก่ แอลฟา-ทูเมอโรนร้อยละ 53.4 เบต้า-ทูเมอโรนร้อยละ 18.1 และอะโรมาติก-ทูเมอโรนร้อยละ 6.2 ในโอลิโอเรซินที่แยกจากขมิ้นแห้งมีสารประกอบหลักได้แก่ อะโรมาติก-ทูเมอโรนร้อยละ 9.6 แอลฟา-ซานทาลีนร้อยละ 7.8 และแอลฟา-ทูเมอโรนร้อยละ 6.5

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับน้ำมันตะไคร้พบว่าสารสกัดจากตะไคร้มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Figeuirinha และคณะ (2008) ซึ่งได้ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดได้แก่ เมทานอล เอทานอลร้อยละ 80 และน้ำซึ่งทำให้ได้สารสกัดที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ชนิด พบว่า infusion extract เป็นสารสกัดที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่ง infusion extract เป็นสารสกัดที่เตรียมได้โดยการเติมน้ำเดือดลงในวัตถุดิบแล้วทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากนั้นจึงกรองภายใต้สุญญากาศ และพบว่าในสารสกัด infusion จากตะไคร้ประกอบด้วย แทนนิน (tannins) กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ซึ่งได้แก่ กรดคาเฟอิก (caffeic) และอนุพันธ์ของ p-คูมาริกแอซิด (p-coumaric acid) และ ฟลาโวนไกลโคไซด์ (flavoneglycosides) โดยพบว่าส่วนของแทนนินและฟลาโวนอยด์เป็นส่วนที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะส่วนของแทนนินเป็นส่วนที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 11 และ 16.9 ไมโครกรัมของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งดีกว่ากรดฟีนอลิกที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 129 ไมโครกรัมของน้ำหนักแห้งเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH นอกจากนี้ Sacchetti และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาสารประกอบในตะไคร้ด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟีและวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟีแมสสเปกโตเมทรี โดยพบว่าประกอบด้วยสารโมโนเทอร์ปีน (monoterpene) ร้อยละ 76.8 อัลดีไฮด์ (aldehyde) ร้อยละ73.6 จิราเนียล (geranial) ร้อยละ 41.3 นิรอล (neral) ร้อยละ 32.2 และสารประกอบอื่นๆ ในปริมาณน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย: ค่า Inhibition concentration ร้อยละ 50 (IC_{50}) วิเคราะห์ด้วยวิธีวัดความสามารถในการกำจัด 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (รูป a) ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหย วิเคราะห์ด้วยวิธี ferric reducing (รูป b) ค่า antioxidant activity (%) วิเคราะห์ด้วยวิธี β-carotene bleaching test (รูป C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

4.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

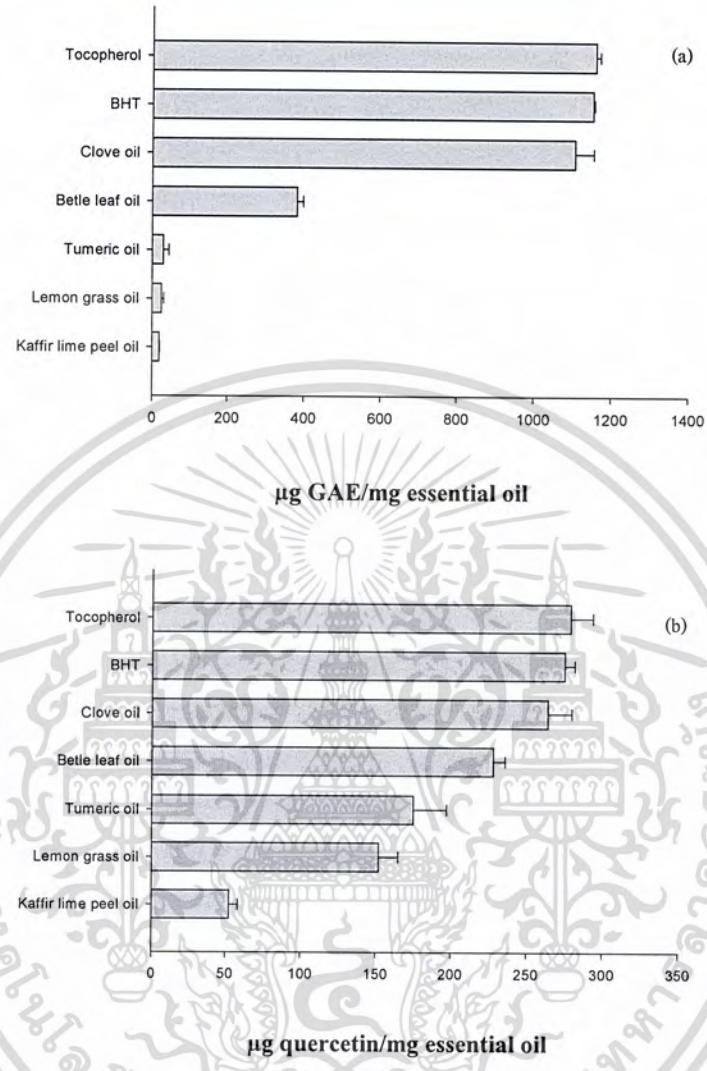
การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยทั้ง 5 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดคือน้ำมันกานพลูรองลงมาคือน้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูด (รูปที่ 4.2a) โดยมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,107.10, 382.29, 30.44, 24.88 และ 19.70 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมน้ำมันหอมระเหยตามลำดับ สำหรับสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชทีพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 1,160.81 และ 1,153.40 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมน้ำมันหอมระเหย ซึ่งพบว่าน้ำมันกานพลูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ใกล้เคียงกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชทีแต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดยังน้อยกว่าสารมาตรฐานทั้งสอง สำหรับน้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้และน้ำมันผิวมะกรูดมีค่าน้อยกว่าสารมาตรฐานทั้งสองอย่างมาก

4.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์หาการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด 5 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดคือ น้ำมันกานพลู และรองลงมาคือ น้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ น้ำมันผิวมะกรูด ซึ่งมีค่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 264.03, 228.27, 170.32, 151.98 และ 52.57 ไมโครกรัมควอซิตินต่อมิลลิกรัมของน้ำมันหอมระเหยตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแอลฟา-โทโคเฟอรอลและบีเอชที ซึ่งมีค่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 278.81 และ275.10 ไมโครกรัมควอซิตินต่อมิลลิกรัมน้ำมันหอมระเหยตามลำดับ จะพบว่าสารมาตรฐานทั้งสองมีค่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดใกล้เคียงกับน้ำมันกานพลูซึ่งมีค่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่ามีผลการทดลองสอดคล้องกัน โดยน้ำมันกานพลูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดและรองลงมาคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ(รูป a) ปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ (รูป b)

น้ำมันใบพลู น้ำมันขมิ้น น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันผิวมะกรูด ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยจะเห็นได้ว่าน้ำมันกานพลูซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดจะมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดย Ho (1992) ได้รายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกประกอบด้วยกรดฟีนอลิก อนุพันธ์กรดไฮดรอกซีซินามิก (hydroxycinnamic acid derivatives) และฟลาโวนอยด์

4.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วระหว่างการเก็บรักษา

ก่อนที่จะทำการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลของการเติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และน้ำมันกานพลูผสมน้ำมันใบพลูที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู จึงได้ข้อสรุปว่า

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว

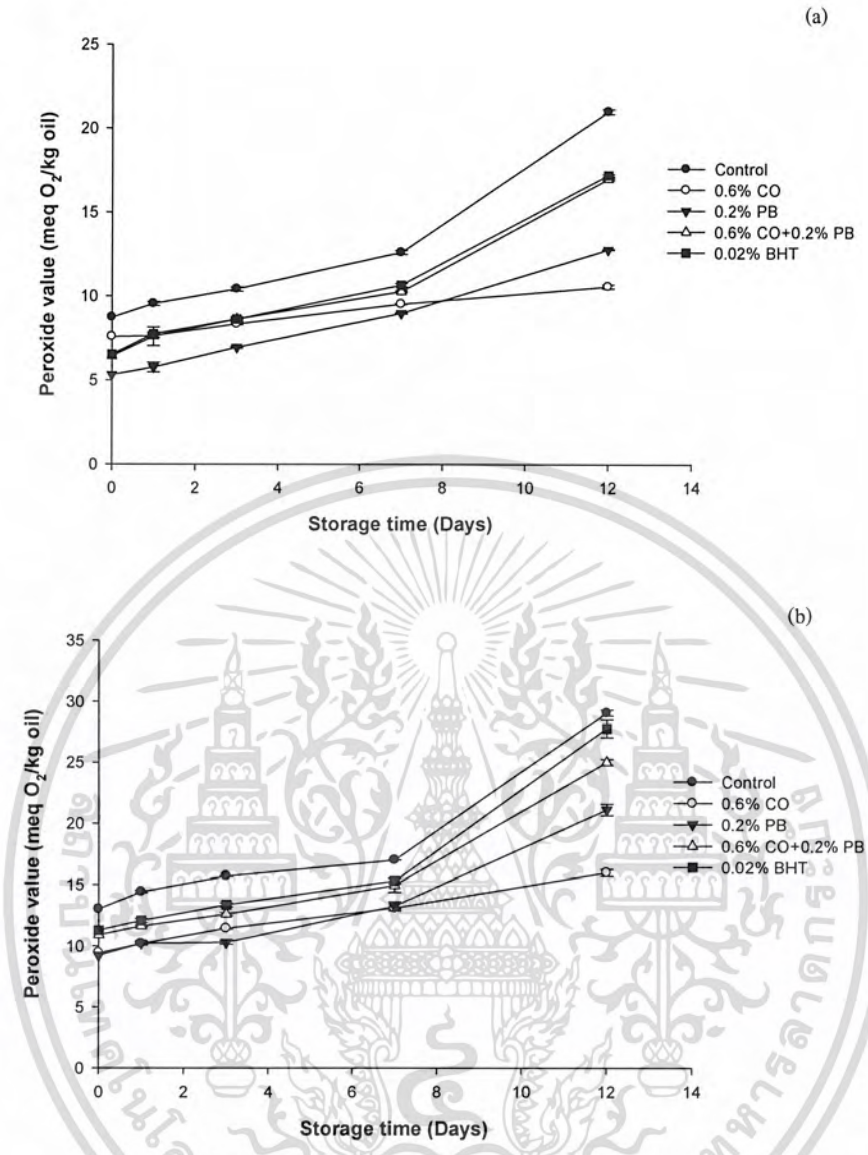
จากการศึกษาผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการต้านออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มใหม่ที่ผ่านการนำมาใช้ทอดแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำ (ทอดแคปหมู 2 ครั้ง) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มที่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระทุกทรีตเมนต์มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มชุดควบคุม (ไม่ได้ผ่านการเติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่ไม่ได้ผ่านความร้อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.77 มิลลิลิตรสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน น้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์ที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลูและบีเอชทีซึ่งผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำมีค่าเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกัน แต่มีค่าต่ำกว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มชุดควบคุมที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์ทั้งชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้งและที่ผ่านการทอด 2 ครั้งค่อยๆ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.3a และ 4.3b) เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์จนกระทั่งครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ทั้งชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง (รูปที่ 4.3a) และชนิดที่ผ่านการทอดซ้ำ (รูปที่ 4.3b) มีการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันทรีตเมนต์อื่นคือ เพิ่มขึ้น 3.01 และ 6.54 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ที่เวลาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับที่เวลา 12 วัน พบว่าในน้ำมันปาล์มชุดควบคุมที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง มีการเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของค่าเปอร์ออกไซด์มากที่สุดคือเพิ่มขึ้น 12.27 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมัน และน้ำมันปาล์มชุดควบคุมที่ผ่านการทอดซ้ำมีการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีคือเพิ่มขึ้นในช่วง 16.05-16.49 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมัน ส่วนน้ำมันปาล์มที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ (ทั้งน้ำมันที่ทอด 1 ครั้ง และน้ำมันทอดซ้ำ) สูงรองจากน้ำมันปาล์มชุดควบคุมคือ น้ำมันที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 รองลงมาคือน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 เมื่อพิจารณาค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง กับน้ำมันปาล์มที่ทอดซ้ำทุกทรีตเมนต์ที่เก็บรักษาไว้จนครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์น้อยที่สุดคือ เพิ่มขึ้น 5.37 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีการเพิ่มขึ้นตามค่าเปอร์ออกไซด์สูงที่สุดคือเพิ่มขึ้น 10.56 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมัน รองลงมาคือน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 คือเพิ่มขึ้น 8.43 และ 8.02 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตัวอย่างและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการวิเคราะห์น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนพบว่ามีค่าเปอร์ออกไซด์สูงถึง 4.77 มิลลิลิตรสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมันแสดงว่าน้ำมันปาล์มนี้ได้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบออกซิเดทีฟขึ้นบ้างแล้ว เนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์และกำจัดกลิ่นแล้ว ที่มีคุณภาพดีควรมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 0 มิลลิลิตรสมมูลย์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน (Shahidi, 2005) Shahidi (2005) ได้กล่าวว่าน้ำมันปาล์มค่อนข้างเสถียรต่อการเสื่อมสภาพโดยการเกิดออกเดชันมากกว่าน้ำมันพืช อย่างไรก็ตามการมีโลหะในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก (iron) และทองแดง (copper) อาจทำให้เกิดออกซิเดชันมากขึ้นได้ที่พันธะโอเลฟิน (olefin bonds) ของกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเหม็นหืน (rancidity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง (รูป a) และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง (รูป b) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว

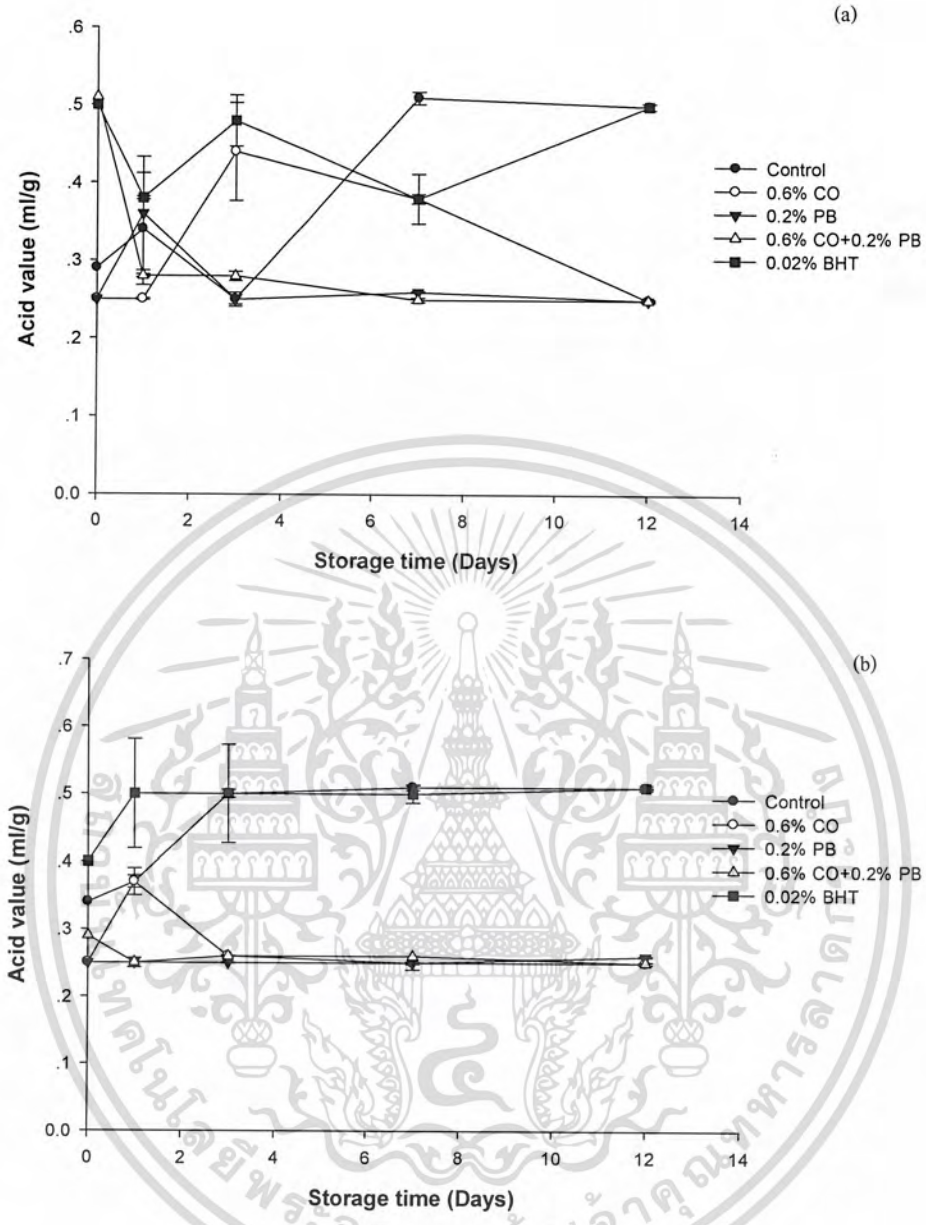
จากการศึกษาผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการต้านการออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มใหม่ที่ผ่านการนำมาใช้ทอดแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำ (ทอดแคปหมู 2 ครั้ง) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลูและน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันใบพลู ซึ่งผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำมีค่าของกรดใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.25 มิลลิลิตรต่อกรัม แต่มีค่าต่ำกว่าค่าของกรดของน้ำมันปาล์มชุดควบคุม (ไม่ได้ผ่านการเติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ)และน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที (BHT) ซึ่งทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.5 มิลลิลิตรต่อกรัม หลังจากนั้นค่าของกรดในน้ำมันปาล์มชุดควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีทั้งชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้งและที่ผ่านการทอด 2 ครั้ง เพิ่มขึ้นในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.4a และ 4.4b) แต่ค่าของกรดจากน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลูและน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันใบพลูจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์จนกระทั่งครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลูและน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันใบพลูทั้งชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง (รูปที่ 4.4a) และชนิดที่ผ่านการทอดซ้ำ (รูปที่ 4.4b) มีการเพิ่มขึ้นของค่าของกรดน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มชุดควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที

จากการที่พบว่าการเติมน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมูซึ่งมีการให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 120±2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที มีผลช่วยในการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์และค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้วระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูไม่สูญเสียไปโดยความร้อนซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tomaino และคณะ (2005) ซึ่งได้มีการนำน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา (basil) อบเชย กานพลู ลูกจันทน์ (nutmeg) โอริกาโน (oregano) และน้ำมันไทม์ (thyme) มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 180 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปทำให้เย็นลงแล้ววิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการให้ความร้อนกับน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา อบเชย กานพลู โอริกาโน และน้ำมันไทม์จนมีอุณหภูมิถึง 180 องศาเซลเซียสจะไม่มีผลทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูญเสียไป นอกจากนี้ได้นำน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมาทำการทดสอบความสามารถในการป้องกันการสูญเสียแอลฟา-โทโคเฟอรอลหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที พบว่าน้ำมันกานพลูมีประสิทธิภาพดีที่สุดรองลงมาคือ น้ำมันไทม์ น้ำมันอบเชย น้ำมันโหระพา น้ำมันโอริกาโน และน้ำมันลูกจันทน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง (รูป a) และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง (รูป b) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

การเติมน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูลงในน้ำมันปาล์มไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าของกรดของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้วที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน (มีค่าของกรดเท่ากับ 0.25 มิลลิลิตรต่อกรัม) ซึ่งต่างกันกับน้ำมันชุดอื่นที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าของกรด การเพิ่มขึ้นของค่าของกรดอาจ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซิสของน้ำมันปาล์ม ซึ่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาพที่มีความชื้น ความร้อน และเอนไซม์ที่ใช้ย่อยไขมันในเนื้อเยื่อพืช สำหรับในกรณีของน้ำมันปาล์มที่เก็บรักษาไว้ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เป็นออโตไฮโดรไลติก (Shahidi, 2005) โดยทั่วไปน้ำมันปาล์มคุณภาพดีที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์และกำจัดกลิ่นแล้วจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) สูงสุดเพียงร้อยละ 0.1 (Shahidi, 2005)

ผลการต้านออกซิเดชันอาจไม่ได้มาจากน้ำมันกานพลูอย่างเดียวแต่อาจเป็นผลของการเสริมฤทธิ์กันระหว่างน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูที่เติมลงไปในน้ำมันปาล์มกับวิตามินอีที่มีอยู่แล้วในน้ำมันปาล์มโดยทั่วไปแล้วน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วจะประกอบด้วย แอลฟา-โทโคเฟอรอล (alpha-tocopherols) ร้อยละ 21.5 เบต้า-โทเคอเฟอรอล (beta-tocopherols) ร้อยละ 3.7 แกมม่า-โทโคเฟอรอล (gamma-tocopherol) ร้อยละ 3.2 (Shahidi, 2005)

ความสำเร็จในการใช้น้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูเติมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมูเพื่อชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในแคปหมูและในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการให้ความร้อน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานโดยนักวิจัยหลายท่านที่ประสบความสำเร็จในการใช้สารสกัดจากพืชช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหารดังเช่นการรายงานของ Jaswir และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาการเติมของผสมที่ประกอบด้วยสารสกัดโอลิโอเรซินจากโรสแมรี่ (oleoresin rosemary extract) สารสกัดจากเสจ (sage extract) และกรดซิตริกลงในน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ใช้ทอดมันฝรั่ง พบว่าการเติมสารสกัดจากพืชช่วยลดอัตราการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันในระหว่างการทอดในน้ำมัน (deep-fat frying) หลังจากการทอดซ้ำในวันที่ 5 มันฝรั่งที่ได้รับการยอมรับโดยผู้บริโภคมากที่สุดคือมันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันที่เติมสารผสมที่ประกอบด้วยโอลิโอเรซินจากโรสแมรี่ร้อยละ 0.059 สารสกัดจากเสจร้อยละ 0.063 และกรดซิตริกร้อยละ 0.028 Shyamala และคณะ (2005) ได้ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleraceae*) ใบคอริแอนเดอร์ (coriander leaves, *Coriandrum sativum*) ฮอนโกน (hongone, *Alternanthera sessilis*) และสารสกัดจากผักโขม (*Spinacia oleracer*) ที่เติมลงในน้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วลิสงแล้วนำไปให้ความร้อนโดยการทอดและเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเติมสารสกัดจากกะหล่ำปลี และสารสกัดจากใบคอริแอนเดอร์จะมีผลช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าการเติมสารสกัดจากผักชนิดอื่น และการเติมสารสกัดจากกะหล่ำปลีและฮอนโกนลงในน้ำมันดอกทานตะวันช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าการเติมสารสกัดจากผักชนิดอื่น Pan และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cortex fraxini ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 โดยนำไปทดสอบด้วยวิธีลิโนเลอิกเปอร์ออกซิเดชัน (linoleic acid peroxidation) การต้านอนุมูล DPPH และการต้านอนุมูลไฮดรอกซิล พบว่าสารสกัดหยาบจาก *Cortex fraxini* มีผลในการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกได้ดี ซึ่งสารสกัดหยาบจาก *Cortex fraxini* ที่ระดับความเข้มข้น0.8 และ 1.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจะมีกิจกรรมการต้านอนุมูล DPPH ได้ดีกว่าบีเอชที และพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ดีที่สุดของสารสกัดนี้คือที่ระดับความเข้มข้น 1.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เท่ากับร้อยละ 71.70 และยังพบว่าสารสกัดจาก *Cortex fraxini* มีผลช่วยปรับปรุงความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันแบบออกซิเดทีฟในน้ำมันถั่วลิสงได้ดี Konsoula และคณะ (2010) ได้ทำการเติมสารสกัดน้ำมันงาที่ความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำมัน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะกอก น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันข้าวโพด จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 200 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากงามีผลช่วยในการชะลอการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันพืชดังกล่าวได้ดีโดยน้ำมันพืชที่สามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุดคือ น้ำมันมะกอก รองลงมาคือน้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันข้าวโพดโดยบอกเป็นค่าร้อยละของค่าเปอร์ออกไซด์

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำ

การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (ค่า L) พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันใบพลูมีค่าใกล้เคียงกันคือ 31.05, 29.27 และ 29.33 ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 และน้ำมันปาล์มชุดควบคุม (ไม่ได้ผ่านการเติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ) ซึ่งผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง จะมีค่าความสว่างมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ 34.71 และ 33.41 (ซึ่งหมายถึงสีเข้มที่สุด) หลังจากนั้นค่าความสว่างของน้ำมันปาล์มชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง ลดลงอย่างช้าๆตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.3) เนื่องจากตัวอย่างน้ำมันปาล์มมีสีเข้มขึ้นทำให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์จนกระทั่งครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 น้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ทั้งชนิดที่ผ่านการทอด 1 ครั้ง มีค่าความแตกต่างระหว่างที่เวลาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับที่เวลา 12 วัน ใกล้เคียงกันคือ 1.78, 1.47 และ 1.09 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์มชุดควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีค่าความแตกต่างของค่า L ระหว่างที่เวลาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับที่เวลา 12 วันค่อนข้างสูง เท่ากับ 3.36 และ3.59 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L มากที่สุดคือลดลงไป 3.59 ส่วนน้ำมันปาล์มที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L รองลงมาคือ น้ำมันปาล์มชุดควบคุมและรองลงมาคือน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า L ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำพบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันใบพลูค่า L ใกล้เคียงกันคือ 27.88, 26.30 และ 26.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ซึ่งมีค่าลดลงไป (สีเข้มขึ้น) จากค่าของการเปลี่ยนแปลงค่า L ที่เวลาเริ่มต้นของน้ำมันปาล์มที่ทอดใหม่ (ตารางที่ 4.3) โดยมีค่าความแตกต่างเท่ากับ 3.13, 2.97 และ 3.19 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 และน้ำมันปาล์มชุดควบคุมที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า L มากที่สุด 2 อันดับคือ30.62 และ 29.33 หลังจากนั้นค่าสีจะลดลงอย่างช้าๆตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.4) เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์จนกระทั่งครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 น้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 และน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ทั้งชนิดที่ผ่านการทอดซ้ำมีความแตกต่างระหว่างที่เวลาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับที่เวลา 12 วัน ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับน้ำมันที่ใช้ทอดใหม่คือ1.85, 1.47 และ 1.81 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์มชุดควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีค่าความแตกต่างระหว่างที่เวลาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับที่เวลา 12 วัน เท่ากับ 3.72 และ 1.38 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า L ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำทุกทรีตเมนต์ที่เก็บรักษาไว้จนครบ 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีน้อยที่สุดคือลดลงไป 1.38 และน้ำมันปาล์มชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L มากที่สุดคือลดลงไป 3.72

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ค่า a) ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยกว่าทรีตเมนต์ที่มีการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 หรือน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 เพียงอย่างเดียวและทรีตเมนต์ที่มีการเติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 แต่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าชุดควบคุม โดยชุดควบคุม (ไม่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระใดๆ) มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 0.22 เมื่อเปรียบเทียบในวันที่ 0 และวันที่ 12 และเมื่อพิจารณาค่าสีแดงในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำพบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในวันที่ 0 และวันที่ 12

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (ค่า b) ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่มีการเติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยกว่าทุกทรีตเมนต์ในการทดลองคือมีค่าเท่ากับ 0.98 รองลงมาคือน้ำมันปาล์มชุดควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 น้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 และน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าสีเหลืองในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำพบว่าให้ผลเช่นเดียวกับน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูโดยน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 มีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.13 ส่วนทรีตเมนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองมากที่สุดคือทรีตเมนต์ที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ซึ่งเท่ากับ 2.33 เมื่อเปรียบเทียบในวันที่ 0 และวันที่ 12

ค่าความแปรผันของค่าสีอาจเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูงกับน้ำมันปาล์มที่ในการทอดแคปหมูจึงทำให้ค่าสีต่างๆทั้งค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ของน้ำมันปาล์มนั้นมีค่าผันแปรตามอุณหภูมิ และอาจเนื่องมาจากสีของน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงในน้ำมันปาล์มมีลักษณะของสีที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองมีค่าแตกต่างกันหรืออาจเป็นเพราะว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแต่ละทรีตเมนต์มีลักษณะการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกันจึงทำให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของน้ำมันปาล์มใหม่และที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้งมีค่าที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมู 1 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ทรีตเมนต์	ค่าสี ± SD				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	7	12
L* - value					
Control	34.71±0.42B	33.08±0.56A	30.89±0.80AC	30.12±0.86AD	31.35±0.58AD
0.6% CO	31.05±0.88AB	32.16±0.88AB	30.86±0.14BC	29.75±1.13BD	29.27±0.40BD
0.2% PB	29.27±1.08AC	30.51±0.24AC	29.21±0.29C	28.19±0.42CD	27.80±025CD
0.6% CO +0.2% PB	29.33±0.35AC	30.88±0.57AC	28.89±0.27C	28.10±0.56CD	28.24±0.39CD
0.02% BHT	33.41±0.63A	34.52±0.85A	33.23±0.43AC	30.62±0.53AD	29.82±0.31AD
a* - value					
Control	3.20±0.38BD	2.98±0.04D	2.80±0.06D	2.07±0.20BCD	3.42±0.03AD
0.6% CO	2.75±0.12BCD	2.70±0.25CD	2.96±0.13CD	2.98±0.12BCD	3.44±0.17ACD
0.2% PB	3.68±0.23B	3.39±0.14BD	3.14±0.07BD	3.53±0.13BC	3.43±0.28AB
0.6% CO +0.2% PB	3.11±0.15BC	2.85±0.16CD	2.67±0.09CD	3.45±0.11BC	3.36±0.26AC
0.02% BHT	3.01±0.36AB	3.70±0.09ACD	2.97±0.08AD	3.76±0.21ABC	4.51±0.40A
b* - value					
Control	4.16±0.12AB	4.12±0.26BC	3.43±0.19BD	2.19±0.17BD	3.02±0.23B
0.6% CO	6.77±0.12A	3.35±0.23AC	2.60±0.34AD	2.79±0.20AD	4.11±0.21AB
0.2% PB	4.42±0.09AC	1.88±0.21C	1.40±0.34CD	1.96±0.16CD	2.77±0.98BC
0.6% CO +0.2% PB	5.92±0.29AB	2.71±0.19BC	2.32±0.30BD	1.60±0.16BD	3.66±0.18B
0.02% BHT	2.63±0.32AC	1.89±0.21C	1.80±0.06CD	3.32±0.24CD	3.41±0.52BC

Control	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 และน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมู 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ทรีตเมนต์	ค่าสี ± SD				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	7	12
***L** - value**					
Control	30.62±0.80A	28.56±0.94A	27.94±0.32B	27.13±0.39AC	26.90±0.39AC
0.6% CO	27.88±0.24AB	28.29±0.50AB	26.71±0.63B	26.18±0.14BC	26.03±0.37BC
0.2% PB	26.30±0.45AC	24.85±3.92AC	25.32±0.17BC	25.47±0.18C	24.83±0.40C
0.6% CO +0.2% PB	26.14±0.29AC	27.19±0.43AC	25.94±0.43BC	24.72±0.15C	27.95±0.47C
0.02% BHT	29.33±0.39A	30.10±0.32A	28.60±0.27AB	27.42±0.34AC	27.95±0.90AC
***a** - value**					
Control	2.74±0.99BD	3.25±0.14ABD	3.51±0.14AD	2.51±0.22BD	3.80±0.17BD
0.6% CO	3.28±0.15BC	3.61±0.16ABC	4.01±0.21AC	3.54±0.21BC	3.19±0.73BC
0.2% PB	3.95±0.21BC	3.46±0.19ABC	3.79±0.19ABC	4.43±0.20BC	2.87±0.67BC
0.6% CO +0.2% PB	3.62±0.15B	3.82±0.18AB	3.75±0.20AB	3.79±0.16B	3.89±0.11B
0.02% BHT	5.06±0.50AB	5.18±0.48AB	4.83±0.29A	4.31±0.19AB	4.71±0.81AB
***b** - value**					
Control	3.23±0.12AB	3.75±0.13B	2.67±0.11BD	1.25±0.08BE	2.53±0.96BC
0.6% CO	2.53±0.15A	3.50±0.26AB	2.51±0.67AD	2.36±0.13AE	3.29±0.46AC
0.2% PB	4.65±0.19AB	2.80±0.16B	1.84±0.93BD	1.45±0.10BE	2.32±0.11BC
0.6% CO +0.2% PB	4.27±0.13AB	2.67±0.12B	2.22±0.12BD	1.26±0.12BE	3.11±0.18BC
0.02% BHT	2.73±0.08ABC	1.66±0.27BC	1.34±0.10CD	2.80±0.17CE	2.60±0.16C

Control	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 และน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแคปหมูระหว่างการเก็บรักษา

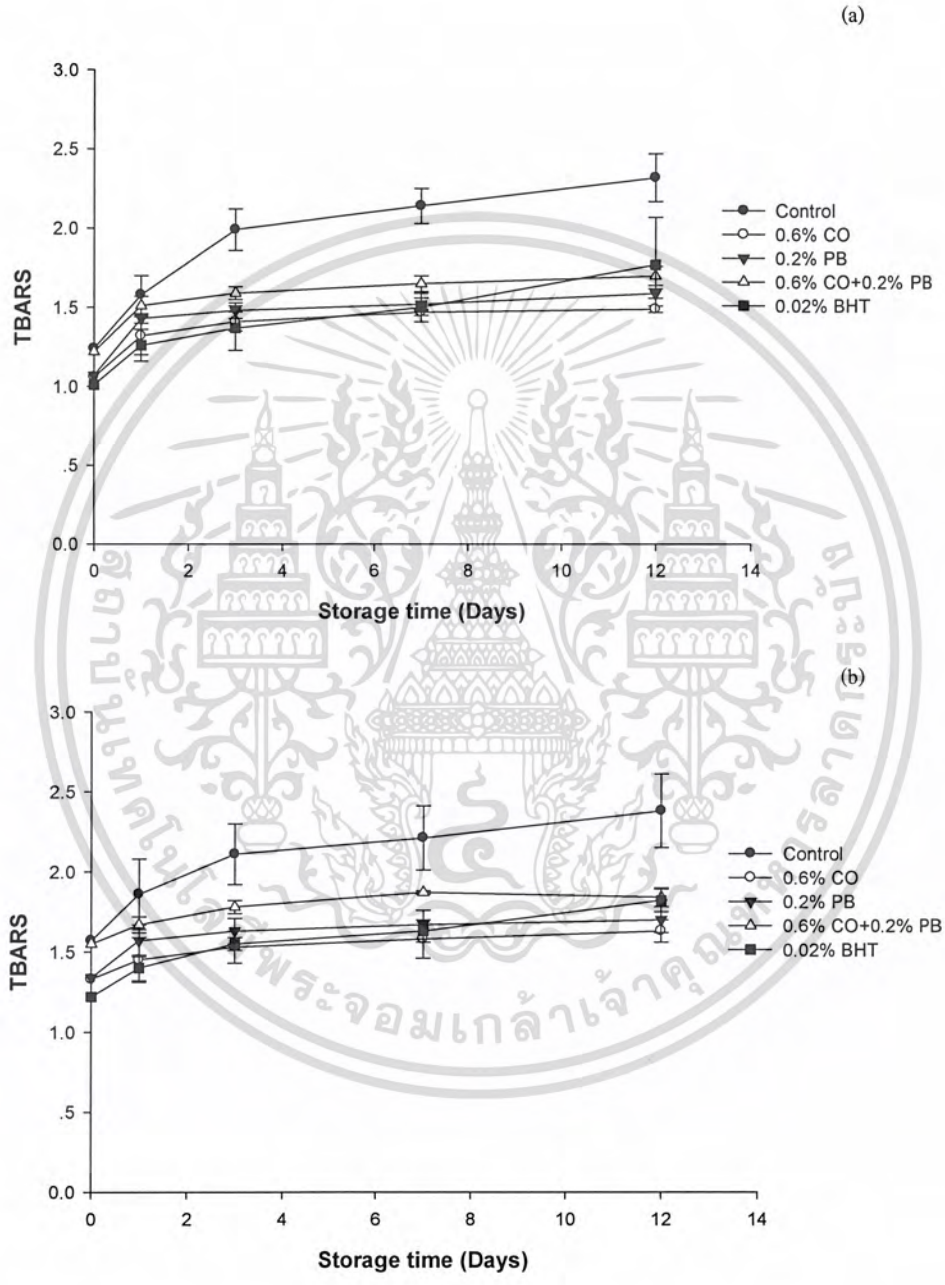
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA (Thiobarbituric acid number) ในแคปหมู

ค่า TBA เป็นดัชนีวัดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน วัดจากปริมาณของมาลโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde) โดยจะได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) เป็นผลิตภัณฑ์แรกที่เกิดจากปฏิกริยาของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นมาลโลนาลดีไฮด์ ในการวิเคราะห์จะใช้เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์วัดสีชมพูที่เกิดขึ้นภายหลังการทำปฏิกิริยาระหว่าง 1 โมเลกุลของมาลโลนาลดีไฮด์กับ 2 โมเลกุลของสาร TBA (Du และ Li, 2007)

ในการเก็บรักษาแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าหลังจากการเก็บรักษาแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่เป็นเวลา 3 วัน แคปหมูทุกทรีตเมนต์มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว โดยในชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำมันหอมระเหยจะมีค่า TBARS สูงกว่าค่า TBARS ของแคปหมูชุดอื่นที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่มีการเติมน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และบีเอชที ทั้งชนิดที่ผ่านการทอดใหม่และน้ำมันทอดซ้ำ และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 12 วัน แคปหมูชุดควบคุมที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มใหม่มีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 สูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.24 และ 2.32 มิลลิกรัมมาลโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ(รูปที่ 4.6a) ส่วนแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ที่มีการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 ต่ำสุด โดยมีค่า TBARS เท่ากับ 1.06 และ 1.49 มิลลิกรัมมาลโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ ในแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ที่มีการเติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ก็มีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 ต่ำเช่นกันแม้จะให้ผลไม่ดีเท่าน้ำมันกานพลู และแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ที่มีการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 พบว่ามีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 ค่อนข้างสูง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า TBARS ของแคปหมูที่เติมบีเอชทีร้อยละ 0.02 ซึ่งมีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 เท่ากับ 1.01 และ 1.77 มิลลิกรัมมาลโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์แคปหมูที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง พบว่าแคปหมูทุกชุดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ไม่แตกต่างกับแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่เพียงแต่จะมีค่าเริ่มต้นและค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายในวันที่ 12 สูงกว่า (รูปที่ 4.6b) โดยแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง และมีการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 มีค่า TBARS เริ่มต้นและค่าสุดท้ายในวันที่ 12 ต่ำสุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



รูปที่ 4.5 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ (รูป a) และแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแล้ว 1 ครั้ง (รูป b) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราในแคปหมู

การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสพบว่าแคปหมูทุกทรีตเมนต์ทั้งทรีตเมนต์ที่มีการเติมสารต้านออกซิเดชันและในชุดควบคุม (ไม่มีการเติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ) ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 12 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในตัวอย่างแคปหมูน้อยกว่า 250 CFU ต่อกรัมของแคปหมู อาจเป็นเพราะมีการใช้อุณหภูมิสูงในการทอดแคปหมูจึงเป็นการลดการปนเปื้อน แต่จุลินทรีย์ปนเปื้อนเล็กน้อยในแคปหมูที่เกิดขึ้นอาจมาจากอากาศภายในห้องทดลองในขณะที่พักไว้เพื่อให้แคปหมูมีอุณหภูมิลดลง และอาจมาจากภาชนะที่ใช้ในการทดลองจึงทำให้ในการตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมูมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์อยู่บ้างในปริมาณน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยด้วยวิธี DPPH, FRAP และ β-carotene bleaching พบว่าน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูมีผลในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าน้ำมันชนิดอื่นและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงได้คัดเลือกน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูมาประยุกต์ใช้เพื่อชะลอการเกิดออกซิเดชันของแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์ม รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วในระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบผลของการเติมน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมกับน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู โดยได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ในแคปหมูที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มทอดซ้ำ รวมทั้งศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าของกรดและค่าสีในน้ำมันที่ผ่านการทอด 1 ครั้งและ 2 ครั้ง พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ให้ผลดีที่สุดคือสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์และค่าของกรดได้ดีที่สุดทั้งในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอด 1 ครั้งและ 2 ครั้ง และยังพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระทุกชนิดที่ใช้ เช่น น้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และบีเอชทีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าสีได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ไม่ได้เติมสารใดๆ (ชุดควบคุม) แคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มทุกทรีตเมนต์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์สูงคือ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราทั้งหมดค่อนข้างต่ำคือน้อยกว่า 250 CFUต่อกรัมของแคปหมู ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่น่าจะนำน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.6 ไปประยุกต์ใช้เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้วเพื่อชะลอการเกิดออกซิเดชันรวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค และจากการทดลองนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยมีความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำมันกานพลูซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีอยู่แล้วร่วมกับการเติมกรดอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก กรดยูวิก (uvic acid) กรดมาลิก กรดซักซินิค กรดแอสคอบิก (Pokorný และ Korczak, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤติกา จารุทะวัย. (2552). ผลการเติมสารต้านอนุมูลอิสระต่อการเปลี่ยนแปลงของเบตา-แคโรทีน. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิตยา นิมิตพรสุโข. (2551). การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันทอดซ้ำที่ใช้ในการทอดแผ่นกล้วยบาง. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิรนาม. ใบพลู. http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=577&s=tblanimal

นิรนาม. ขมิ้น. http://www.cmlifes.com/

นิรนาม. มะกรูด. http://gotoknow.org/blog/kanda02/364706

นิรนาม. กานพลู. http://learners.in.th/file/fungpevan/list

นิรนาม. ตะไคร้. http://gotoknow.org/blog/yahoo/125513

นิรนาม. ฟลาโวนอยด์. (http://www.friedli.com/herbs/phytochem/flavonoids.html)

นิรนาม. การเกิดปฏิกิริยาของ TBA กับ มาลโลนาลดีไฮด์ (http://www.biotek.com/resources/articles/reactive-oxygen-species.html)

นิรนาม. โครงสร้างของอนุมูล DPPH (http://pirun.ku.ac.th/~b4755242/7.htm)

นิรนาม. การเกิดออกซิเดชันของเบตาแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอ (http://healthy.in.th/categories/healthful/news/1325)

บูรพา ผดุงไทย. (2550). *กินอย่างฤาษีล้างพิษ พิชิตโรค*. หจก. ส เจริญการพิมพ์. หน้า 117.

ปรียา ไตรรัตน์ณรงค์. (2550). *คัมภีร์ แพทย์สมุนไพร ผลไม้ สมุนไพรและพืชผักสมุนไพร*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ One World. พิมพ์ครั้งที่ 6.

วลาวรรณ์ ดิลกคุนานนันท์. (2548). การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและกานพลู. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรายุทธ์ สมประสงค์. (2551). การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของข้าวเกรียบกุ้งทอดและน้ำมันปาล์ม. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช.2546.*วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร*.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง. (2535). *เคมีอาหารเบื้องต้น*. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

สาทิส อินทรกำแหง. (2550). *นิตยสารชีวจิต*. อมรินทร์ บุ๊ค เซ็นเตอร์. หน้า 74.

อุดมการ อินทุใส และ ปาริชาติ ทะนานแก้ว. (2549). *สมุนไพรไทย*. สำนักพิมพ์มติชน. พิมพ์ครั้งที่ 1.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. (2550). *สารต้านอนุมูลอิสระ Radical Scavenging Agent*. กรุงเทพมหานคร: นิวไทยนิรการพิมพ์.

Anagnostopoulou, M. A., Kefalas, P., Papageorgiou, V. P., Assimepoulou, A. N., & Boskou, D. (2006). Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinesis*). *Food Chemistry, 94,* 19-25

Augustin, M. A., & Berry, S. K. (1983). Effectiveness of antioxidants in refined, bleached and deodorized palm olein. *Journal of the American Oil Chemiststry Society, 60*, 105-108.

Bhattacharya, S., Mula, S., Gamre, S., Kamat, J. P., Bandyopadhyay, S. K., & Chattopadhyay, S. (2007). Inhibitory property of *Piper betel* extract against photosensitization-induced damages to lipids and proteins. *Food Chemistry, 100,* 1474-1480.

Chaichite, C. (2004). Spices. In C. Chaichit (Ed.), *Thai herbs and herbal products* (pp. 53-84). Bangkok: The National Identity office.

Dasgupta. N., & De. B. (2004). Antioxidant activity of *Piper betle L.* leaf extract in vitro. *Food Chemistry*, *88*, 219–224.

Dastmalchi, K., Dorman, H. J. D., Lakso, I., & Hiltunen, R. (2007). Chemical composition and antioxidant activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. *LWT-Food Science and Technology, 40* ,1655-1663.

de Mejia, E. G., Song, Y. S., Heak, C. I., & Ramirez-Mares, M. V. (2010). Yerba mate tae (*Ilex paraguariensis*) : phenolics, antioxidant capacity and in vitro inhibition of colon cancer cell proliferation. *Journal of Functional Foods, 2*, 23-34.

Du, H., & Li, H. (2007). Antioxidant effect of Cassia essential oil on deep-fried beef during the frying process. *Meat Science, 78*, 461-468.

Evan, P. H., Bower, W. S., & Funk, E. J. (1984). Identification of fungicidal and nematocidal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

components is the leaves of *Piper betle* (Piperaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32*, 1254-1256.

Eyob. S., Martinsen. B. K., Tsegaye. A., Appelgren. M., & Skrede. G. (2008) Antioxidant and antimicrobial activitys of extract and essential oil of korarima (*Aframomum corrorima* (Braun) P.C.M. Jansen). *African Journal of Biotechnology, 15*, 2585-2592.

Fang, Y.-Z., Yang. S., & Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition, *Nutrition, 18,* 872-879.

Figueirinha, A., Paranhos, A., Perez-Alanso, J. J., Santus-Buelga, C., & Batista, M.T. (2008). *Cymbopogon citratus* leaves : Characterisation of flavonoid by HPLC-PCA-ESI/MS/MS and an approach to their potential as a source of bioactive polyphenols. *Food Chemistry, 110,* 718-728.

Gulcin, I., Elmastas, M., & Aboul-Enein, Y. (2003). Antioxidant activity of clove oil - A powerful antioxidant source. *Arabian Journal of Chemistry, 194*, 101-104.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (1999). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, R. J. (1994). The chemistry of rancidity in foods. In J.C. Allen, & R.J. Hamilton, *Rancidity in foods* (pp. 1-21). Suffolk: Chapmam and Hall.

Haraguchi, H. (2001). Antioxidative plant constituents. In C. Tringali (Ed.), *Bioactive compound from natural sources* (pp. 339-337). London: Taylor & Francis Group.

Ho, C. T. (1992). *Phenolic compound in food.* The State University of New Jersey: New Brunswick, NJ 08903.

Kirk, R. S., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's Composition and Analysis of Foods*, 9th ed. Longman Scientific & Technical., Essex: England.

Konsula, Z., & Liakopoulou-Kyriakides, M. (2010). Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils. *LWT-Food Science and Technology, 43*, 1379-1386.

Jaswir, I., Man, Y. B. C., & Kitts, D. D. (2000). Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. *Food Research International, 33*, 501-508.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lado, C., Then, M., Varga, I., Szoke, E., & Szentmihály, K. (2004). Antioxidant property of volatile oils determined by the ferric reducing ability. *Biosciences, 59*, 354-358.

Lee, K.-G., Shibamoto, T. (2001). Antioxidant property of aroma extract isolatied from clove buds [*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry]. *Food Chemistry, 74*, 443-448.

Leong, X. F., Aishah, A., Aini, U. N., Das, S., & Jaarin, K. (2008). Heated palm oil causes rise in blood pressure and cardiac changes in heart muscle in experimental rats. *Archives of Medical Research, 39*, 567-572.

Pan, Y., Zhu, J., Wang, H., Zhang, X., Zhang, Y., He, C., Ji, X., & LI, H. (2007). Antioxidant activity of ethanolic extract of *Cortex fraxini* and use in peanut oil, *Food Chemistry, 103*, 913-918.

Pokorný, J., & Korczak, J. (2001). Preparation of natural antioxidants. In J. Pokorný, N. Yanishlieva, & M. Gordon (Eds.), *Antioxidants in food* (pp. 311-330). Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.

Pokorný, J., & Trojáková, L. (2001). The use of natural antioxidants in food products of plant origin. In J. Pokorný, N. Yanishlieva, & M. Gordon (Eds.), *Antioxidants in food* (pp. 355-372). Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.

Pourmorad. F., Hosseinimher. S. J., & Shahabimajd. N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology, 5*, 1142-1145.

Pryor, W. A., Lightsey, J. W., & Church, D.F. (1982). Is nitric oxide (NO) an antioxidant or a prooxidant for lipid peroxidation. *Journal of the American Chemical Society, 104*, 6685-6692.

Rossell, J. B. (1994). Measurement of rancidity. In J.C. Allen, & R. J. Hamilton (Eds.), *Rancidity in food* (pp. 22-53). Glasgow: Blackie Academic and Professional.

Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., & Bruni, R. (2005). Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobial in food. *Food Chemistry, 91*, 621-632.

Santoro, G. F., Cardoso, M. G., Guimaraes, L. L., Mendonce, L. Z., & Soares, M. J. (2007).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trypanosama cruzi : activity of essential oils from *Achillea millefolium* L., *Syzygium aromaticum* L. and *Ocimum basilicum* L. on epimastigotes and trypomastigotes. *Experimental Parasitology*, *116*, 283-290.

Sherwin, E.R. (1990). Antioxidants. In A.L. Branen, P.M. Davidson, & S. Davidson (Eds.), *Food additives* (pp. 139-183). New York: Marcel Dekker, Inc.

Shahidi, F. (2005). Bailey' s industrial oil & fat products, 6th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, (Volume 2).

Shahidi, F., & Ho, C. T. (2005). *Phenolic compounds in foods and natural health products*. Washington, DC: American Chemical Society.

Shyamala, B. N., Gupta, S., Lakshmi, A. J., & Prakash, J. (2005). Leafy vegetable extracts-antioxidant activity and effect on storage storage stability of heated oils. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6*, 239-245.

Singh, G., Kapoor. I. P. S., Singh. P., de Heluani. S. C., de Lampasona. P. M., & Catalan. N. A. C. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiber officinale. *Food and Chemical Toxicology*, *46*, 3295–3302.

Singh, G., Kapoor. I. P. S., Singh. P., de Heluani. S. C., de Lampasona. P. M., & Catalan. N. A. C. (2010). Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa Linn.*). *Food and Chemical Toxicology*, *48*, 1026–1031.

Stauffer, C. E. (1996). *Fats and oil: practical guides for the food industry*. Minnesota: Association of Cereal Chemists, Inc.

Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., de Pasquale, A., & Saija, A. (2005). Influence of heat on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry, 89*, 549-554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. การเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร สำหรับวิเคราะห์หาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

โดยที่น้ำหนักโมเลกุลของ DPPH เท่ากับ 394.34 กรัมต่อโมล

ใน 1000 มิลลิโมลาร์มี DPPH เท่ากับ 394.34 กรัม

ถ้า 0.1 มิลลิโมลาร์จะมี DPPH = (394.34×0.1)/1000 = 0.0394 กรัม

ฉะนั้นจะต้องมี DPPH 0.0394 กรัม ละลายในเมทานอล (Methanol) เล็กน้อยก่อนแล้วปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

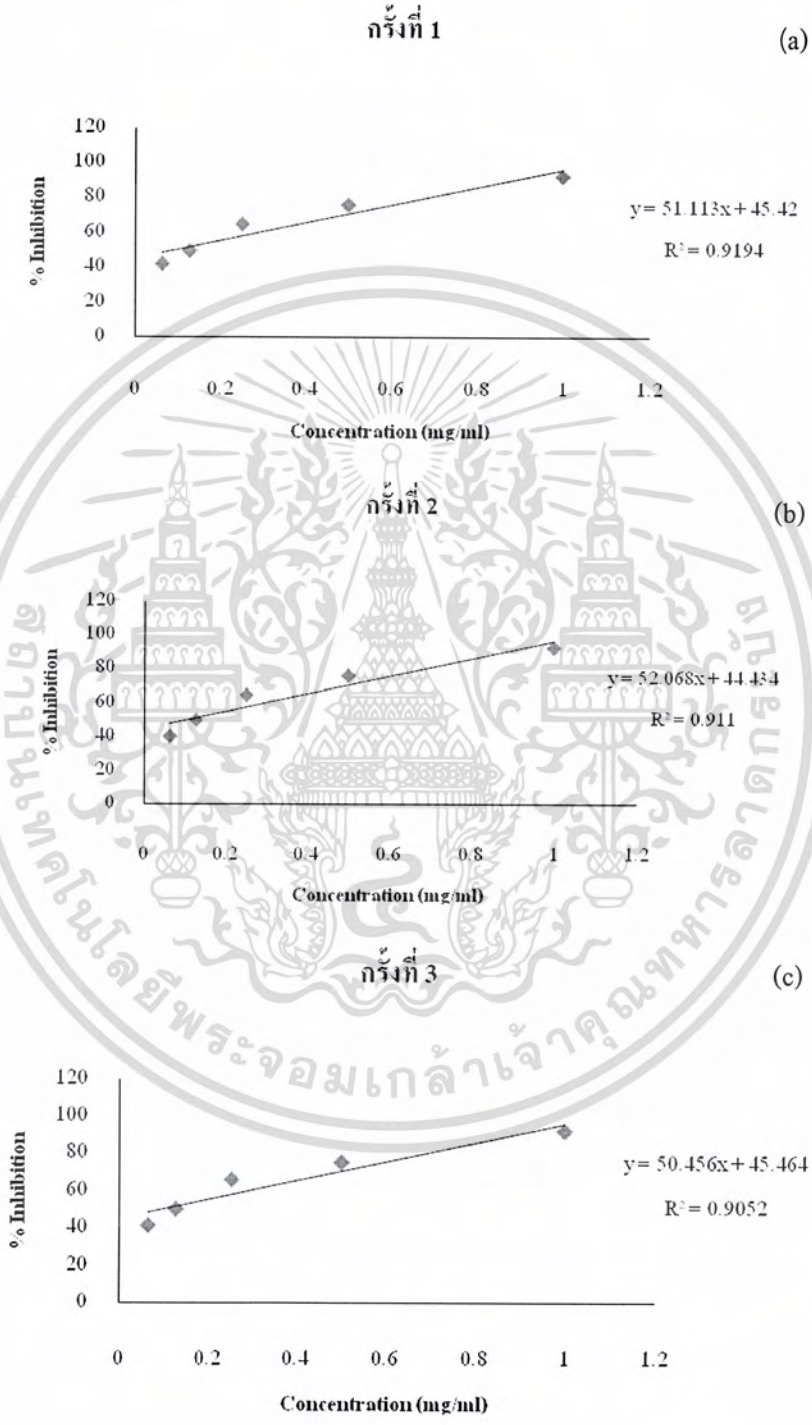
2.1 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPHของน้ำมันกานพลู

ตารางที่ ก1 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.060	92.84	0.062	92.59	0.065	92.24
0.5	0.199	76.25	0.201	75.98	0.206	75.42
0.25	0.293	65.04	0.297	64.52	0.285	66.00
0.125	0.421	49.76	0.420	49.82	0.418	50.12
0.0625	0.484	42.24	0.501	40.14	0.492	41.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างกราฟระหว่างร้อยละการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}



รูปที่ ก1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของน้ำมันกานพลูครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วจะได้สมการเส้นตรงซึ่งจากสมการเส้นตรงนี้สามารถหาค่า IC_{50} ได้ดังนี้

ก) การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1

สมการเส้นตรงคือ $y = 44.738X + 47.718$

เมื่อ y = 50 (ร้อยละ 50) แทนค่าในสมการ

$50 = 44.738X + 47.718$

จะได้ $X = 0.051$ mg/ml

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.051 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ข) การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2

สมการเส้นตรงคือ $y = 45.051X + 47.451$

เมื่อ y = 50 (ร้อยละ 50) แทนค่าในสมการ

$50 = 45.051X + 47.451$

จะได้ $X = 0.056$ mg/ml

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.056 mg/ml

ค) การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3

สมการเส้นตรงคือ $y = 44.687X + 46.908$

เมื่อ y = 50 (ร้อยละ 50) แทนค่าในสมการ

$50 = 44.687X + 46.908$

จะได้ $X = 0.069$ mg/ml

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.069 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้

IC_{50} เฉลี่ย $= (0.051+0.056+0.069)/3$

$= 0.058$ mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของน้ำมันกานพลูจึงมีค่าเท่ากับ 0.058 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

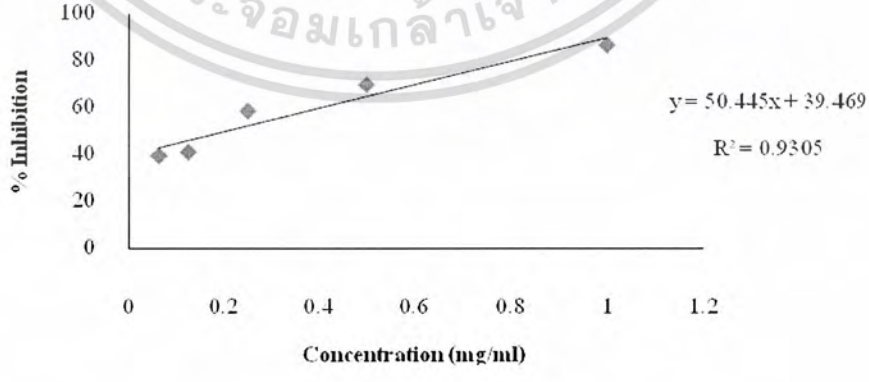
2.2 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันใบพลู

ตาราง ก2 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันใบพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของน้ำมันใบพลู (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.112	86.63	0.110	86.85	0.115	86.27
0.5	0.254	69.68	0.249	70.25	0.252	69.92
0.25	0.348	58.47	0.345	58.78	0.350	58.23
0.125	0.495	40.93	0.487	41.81	0.498	40.57
0.0625	0.508	39.37	0.498	40.50	0.506	39.96

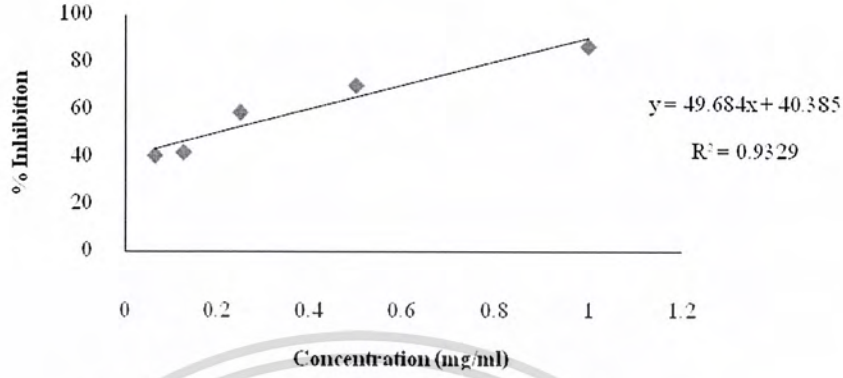
สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันใบพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}

ครั้งที่ 1 (a)

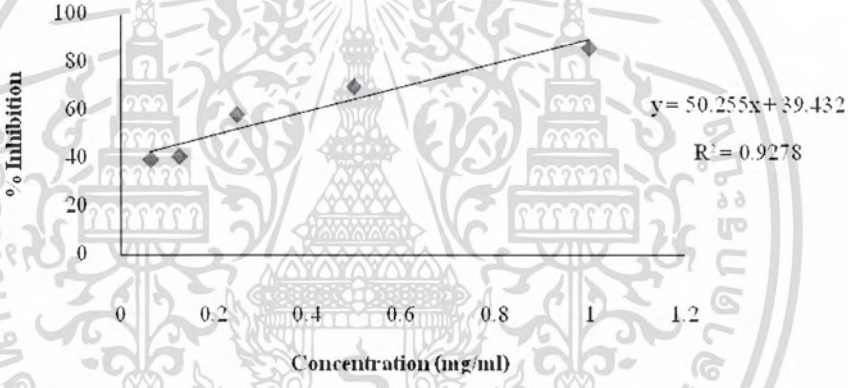


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 2 (b)



ครั้งที่ 3 (c)



รูปที่ ก2 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของน้ำมันใบพลูครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 0.208 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 0.193 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 0.207 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 0.202 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของน้ำมันการพลูจึงมีค่าเท่ากับ 0.202 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

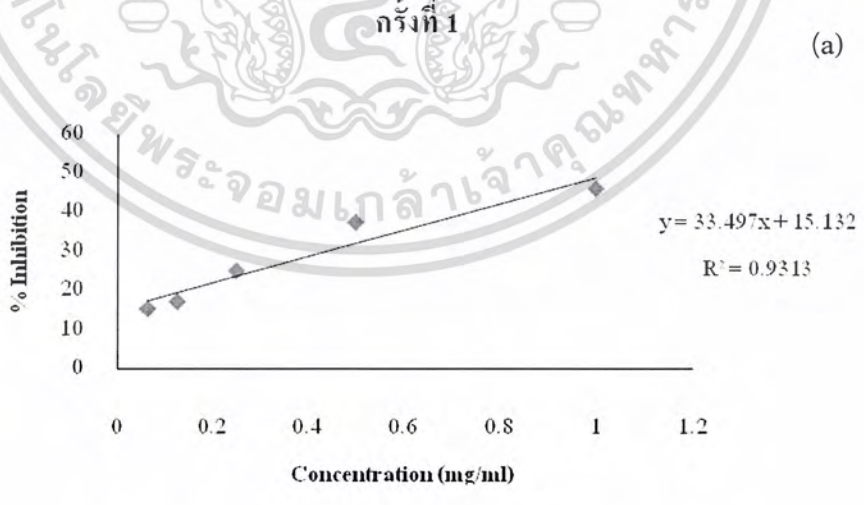
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันขมิ้น

ตาราง ก3 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันขมิ้นที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของน้ำมันขมิ้น (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.453	45.94	0.450	46.23	0.457	45.46
0.5	0.525	37.35	0.531	36.56	0.524	37.47
0.25	0.629	24.94	0.627	25.08	0.630	24.82
0.125	0.695	17.06	0.689	17.68	0.691	17.54
0.0625	0.710	15.27	0.708	15.41	0.713	14.91

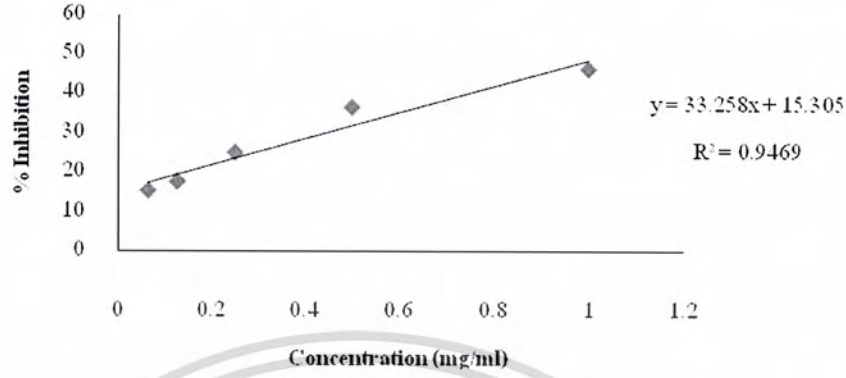
สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันขมิ้นที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

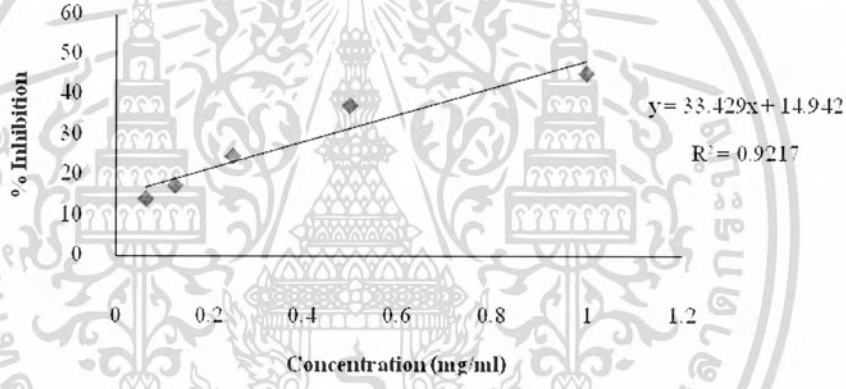
กรั้งที่ 2

(b)



กรั้งที่ 3

(c)



รูปที่ ก3 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันขมิ้นครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 1.041 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 1.043 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 1.052 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 1.045 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของน้ำมันขมิ้นจึงมีค่าเท่ากับ 1.045 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันตะไคร้

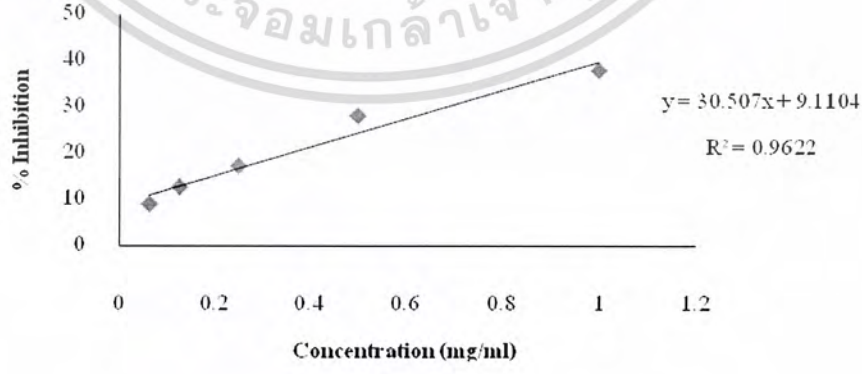
ตาราง ก4 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันตะไคร้ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้ (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.521	37.83	0.549	34.40	0.535	36.16
0.5	0.603	28.04	0.600	28.31	0.610	27.21
0.25	0.688	17.90	0.679	18.87	0.691	17.54
0.125	0.732	12.65	0.733	12.42	0.728	13.26
0.0625	0.763	8.95	0.761	9.08	0.759	9.42

สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันตะไคร้ที่ความเข้มข้นต่างๆเพื่อหาค่า IC_{50}

ครั้งที่ 1

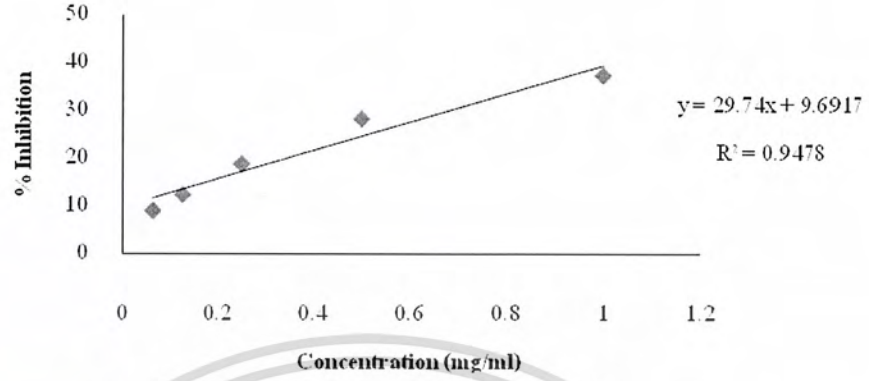
(a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

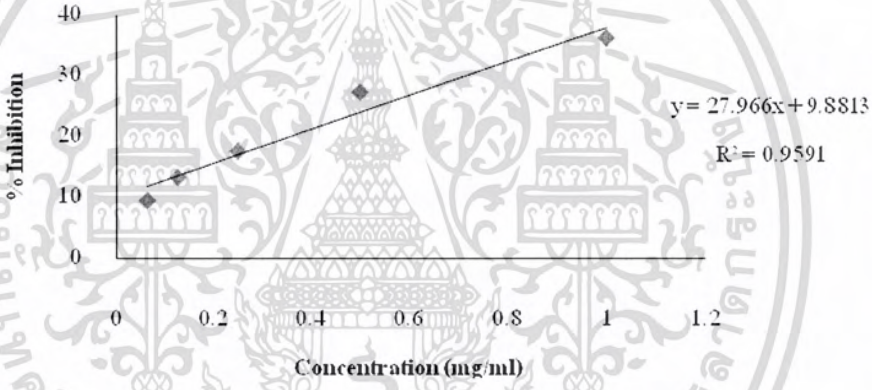
ครั้งที่ 2

(b)



ครั้งที่ 3

(c)



รูปที่ ก4 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของน้ำมันตะไคร้ครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 1.341 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 1.493 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 1.434 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 1.422 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของน้ำมันตะไคร้จึงมีค่าเท่ากับ 1.422 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

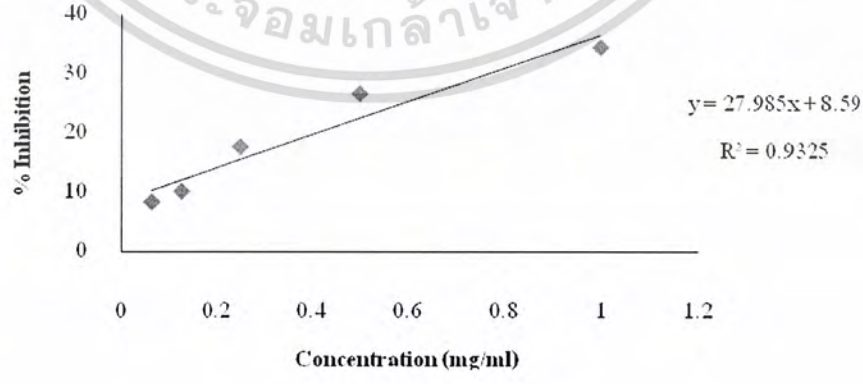
2.5 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันมะกรูด

ตาราง ก5 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของน้ำมันมะกรูด (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.558	33.41	0.549	34.40	0.552	34.13
0.5	0.615	26.61	0.617	26.28	0.620	26.01
0.25	0.690	17.66	0.693	17.20	0.689	17.78
0.125	0.753	10.14	0.754	9.91	0.750	10.50
0.0625	0.768	8.35	0.770	8.00	0.756	9.78

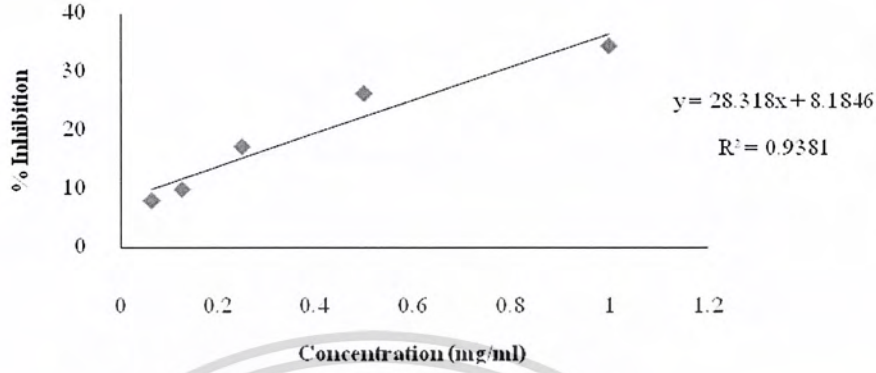
สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับน้ำมันมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}

ครั้งที่ 1 (a)

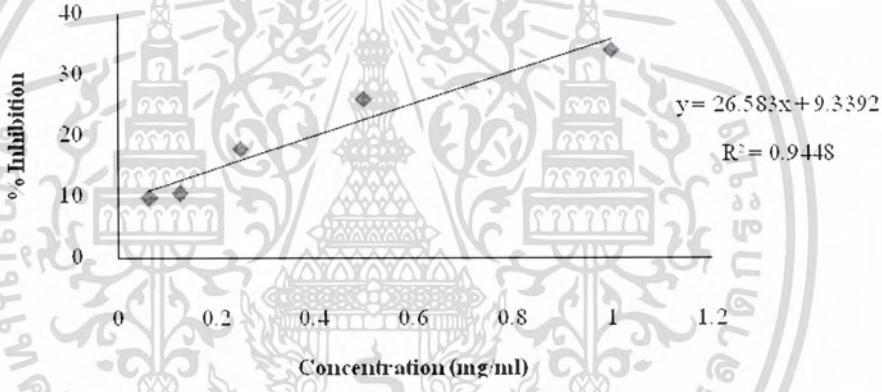


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรั้งที่ 2 (b)



กรั้งที่ 3 (c)



รูปที่ ก5 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของน้ำมันมะกรูดครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 1.529 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 1.476 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 1.529 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 1.511 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของน้ำมันมะกรูดจึงมีค่าเท่ากับ 1.511 mg/ml

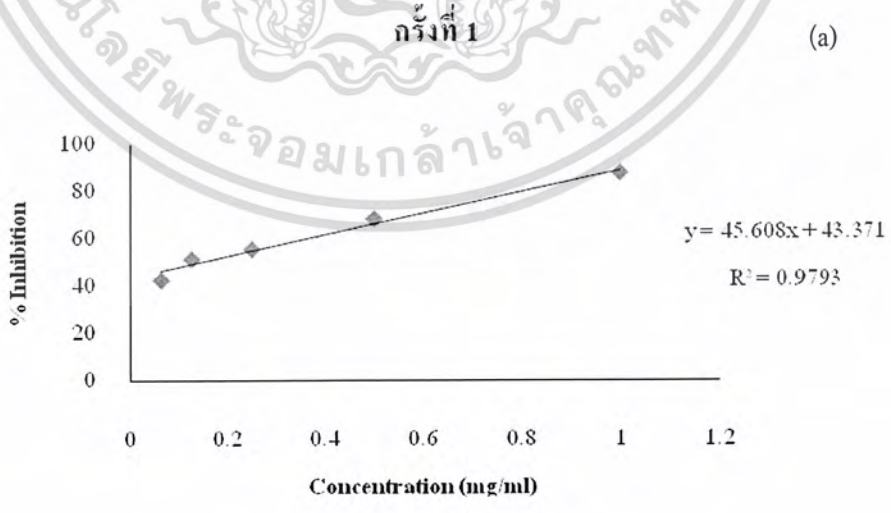
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของ บีเอชที

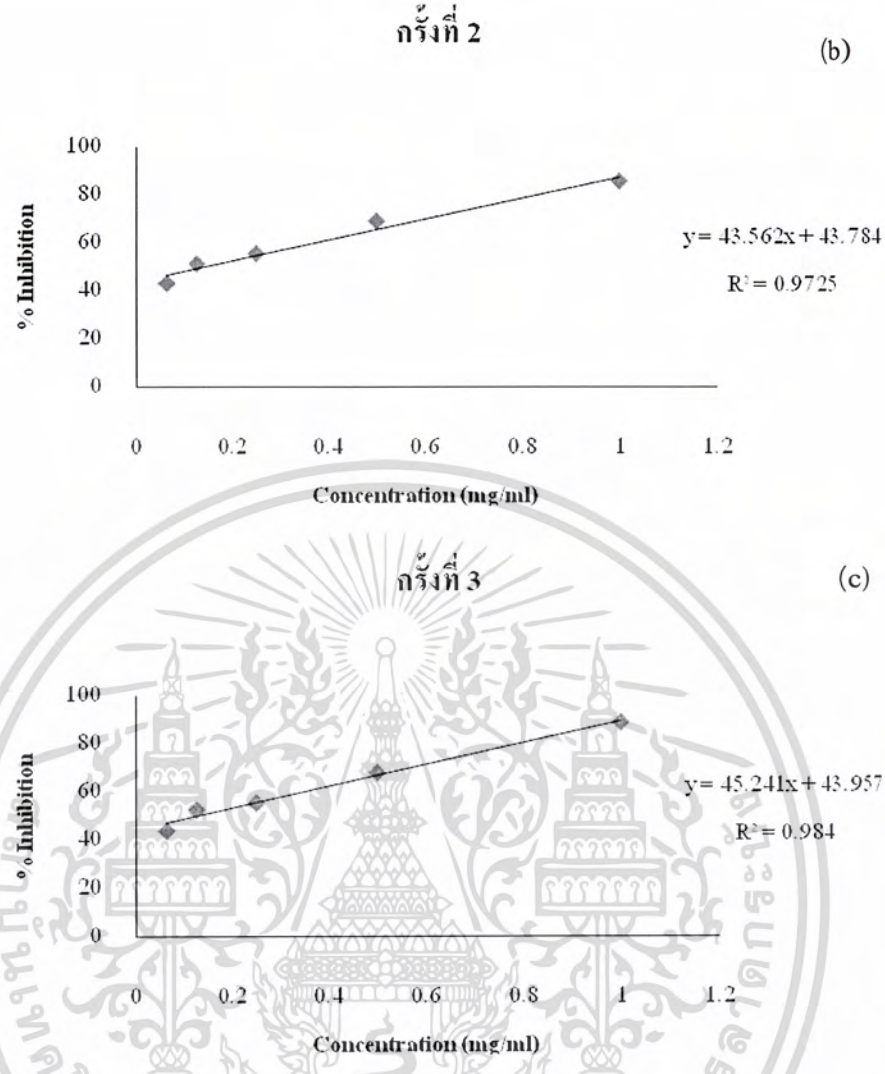
ตาราง ก6 ค่าการดูดกลืนแสงของบีเอชทีที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรและร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของบีเอชที (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.128	84.72	0.119	85.58	0.130	84.48
0.5	0.266	68.25	0.260	68.89	0.270	67.78
0.25	0.373	55.48	0.375	55.19	0.376	55.13
0.125	0.408	51.31	0.411	50.89	0.399	52.38
0.0625	0.481	42.46	0.479	42.77	0.472	43.67

สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับบีเอชทีที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของบีเอชทีครั้งที่ 1 (a) ครั้งที่ 2 (b) และครั้งที่ 3 (c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 0.141 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 0.142 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 0.127 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 0.136 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของ BHT จึงมีค่าเท่ากับ 0.136 mg/ml

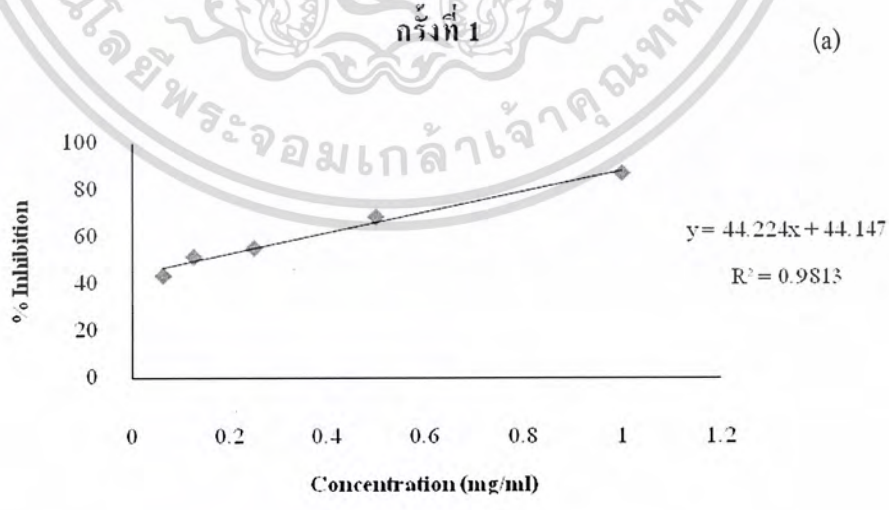
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของวิตามินอี

ตาราง ก7 ค่าการดูดกลืนแสงของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical

ความเข้มข้นของวิตามินอี (mg./ml.)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I	ค่าการดูดกลืนแสง	%I
Control	0.838	-	0.837	-	0.838	-
1.0	0.108	87.11	0.112	86.61	0.115	86.27
0.5	0.263	68.61	0.258	69.91	0.270	67.78
0.25	0.374	55.36	0.370	55.79	0.376	55.13
0.125	0.405	51.67	0.411	50.89	0.398	52.50
0.0625	0.472	43.67	0.478	42.89	0.469	44.03

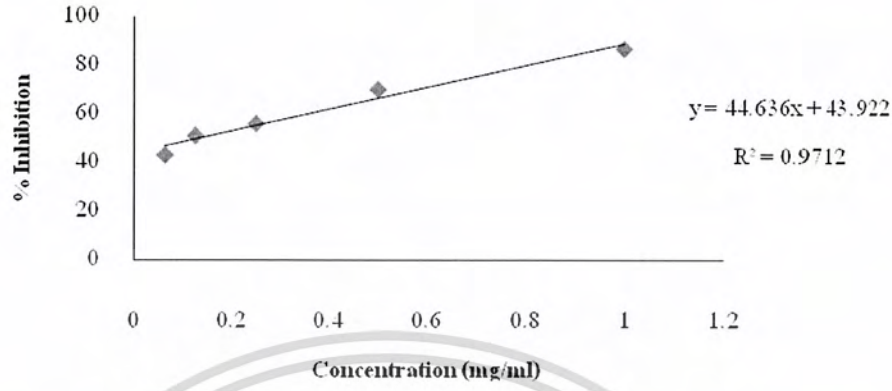
สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการยับยั้ง DPPH radical กับวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่า IC_{50}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

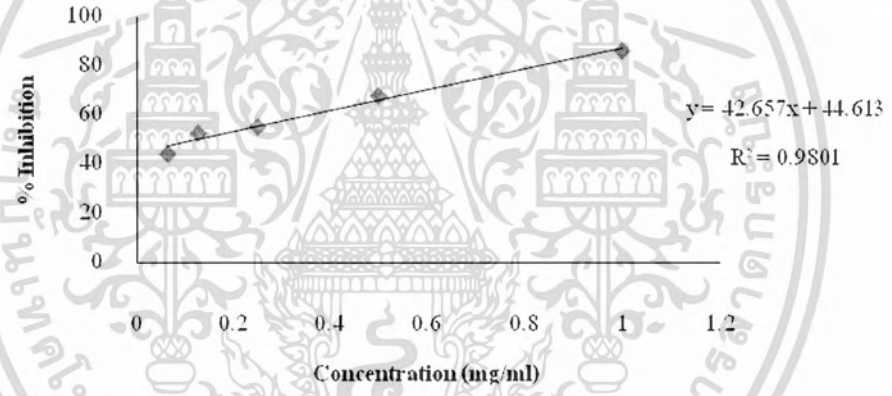
ครั้งที่ 2

(b)



ครั้งที่ 3

(c)



รูปที่ ก7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical ของวิตามินอีครั้งที่ 1 (รูป a) ครั้งที่ 2 (รูป b) ครั้งที่ 3 (รูป c) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 1 ได้เท่ากับ 0.132 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 2 ได้เท่ากับ 0.136 mg/ml

การหาค่า IC_{50} ครั้งที่ 3 ได้เท่ากับ 0.126 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 0.128 mg/ml

ดังนั้นการหาค่า IC_{50} ของวิตามินอีจึงมีค่าเท่ากับ 0.128 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33. การเตรียมสารละลาย สำหรับวิเคราะห์หาค่าสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

การเตรียมสารละลาย FRAP reagent

สารละลาย FRAP reagent ที่ต้องการต้องทำการเตรียมจากการผสมสาร 3 ชนิดคือ

- อะซิเตตบัฟเฟอร์ (acetate buffer) ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร
- TPTZ reagent ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ต่อลิตรในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร
- สารละลายเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_7O$) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ดังนั้นจึงทำการเตรียมสารละลายทั้ง 3 ชนิดคือ

ทำการชั่งโซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate) 3.1 กรัมใส่ในขวดปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตกรดอะซิติกปริมาตร 16 มิลลิลิตรลงไปเพื่อทำการละลายโซเดียมอะซิเตต 10 มิลลิโมลาร์ต่อลิตรในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร

การเตรียมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร

ต้องเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดยดูที่ข้างขวดดังนี้

ปริมาณเนื้อกรด	36.5%	น้ำหนักต่อปริมาตร
ความหนาแน่น	1.176	กรัมต่อลิตร
น้ำหนักโมเลกุล	36.46	กรัมต่อโมล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปหาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในขวดตามสูตร

$$C = (10 \times dx)/Mw$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นในหน่วย N (Normal)

d = ความหนาแน่น

x = ปริมาณเนื้อกรด (%)

แทนค่า $C = (10 \times 1.176 \times 36.5)/36.46 = 11.7729$ N

เนื่องจาก 1 Normality ของกรดไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1 Molarity ของกรดไฮโดรคลอริก ทำการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกโดยการเจือจางความเข้มข้นที่ได้จากข้างขวดตามสูตร

$N_1V_1 = N_2V_2$; N = ความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ (Molar)

ต้องการเตรียมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร หรือ 0.04 โมลาร์ต่อลิตรจากกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 12.06 โมลาร์

แทนค่า $V_1 = (0.04 \times 1000)/12.06 = 3.398$ มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการปิเปตกรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 3.398 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ต่อลิตรในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร

โดยที่น้ำหนักโมเลกุลของ TPTZ เท่ากับ 312.33 กรัมต่อโมล

ใน 1000 มิลลิโมลมี TPTZ เท่ากับ 312.33 กรัม

ถ้า 10 มิลลิโมลจะมี TPTZ เท่ากับ (312.33×10)/1000 = 3.1233 กรัม

ฉะนั้นต้องชั่ง TPTZ 3.1233 กรัมละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นที่เตรียมไว้แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (Ferricchroride hexahydrate; $FeCl_3.6H_2O$) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร

โดยที่น้ำหนักโมเลกุลของเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรตเท่ากับ 270.30 กรัมต่อโมล

ใน 1000 มิลลิโมลมี $FeCl_3.6H_2O$ เท่ากับ 270.30 กรัม

ถ้า 20 มิลลิโมลจะมี $FeCl_3.6H_2O$ เท่ากับ (270.30×20)/1000 = 5.4060 กรัม

ฉะนั้นต้องชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ 5.4060 กรัมละลายน้ำเล็กน้อยแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายเฟอรัสซัลเฟส (Ferroussulfateheptahydrate; $FeSO_4.7H_2O$) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0-3 มิลลิโมลาร์)

โดยที่น้ำหนักโมเลกุลของ $FeSO_4.7H_2O$ เท่ากับ 278.02 กรัมต่อโมล

ใน 1000 มิลลิโมลมี $FeSO_4.7H_2O$ เท่ากับ 278.02 กรัม

ถ้า 3 มิลลิโมลจะมี $FeSO_4.7H_2O$ เท่ากับ (278.02×3)/1000 = 0.834 กรัม

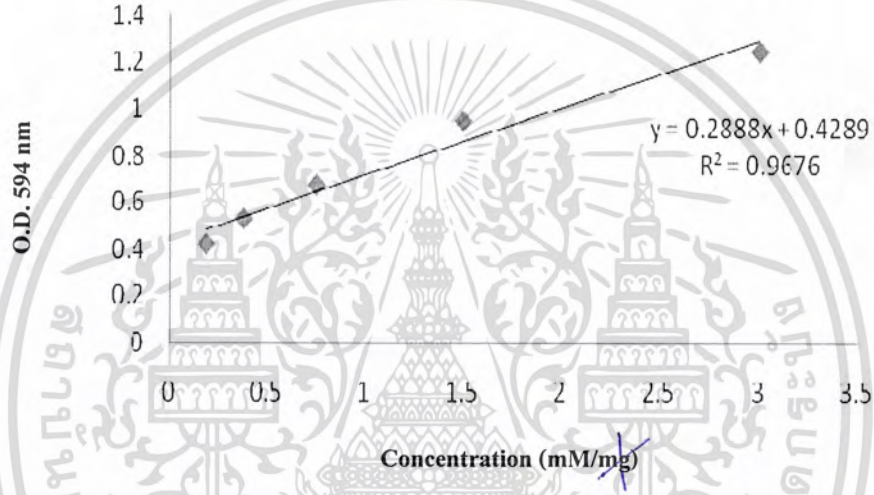
ฉะนั้นต้องชั่ง $FeSO_4.7H_2O$ 0.834 กรัมใส่ลงในขวดปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อทำการละลาย $FeSO_4.7H_2O$ แล้วทำการปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตรจะได้ความเข้มข้นของ $FeSO_4.7H_2O$ เริ่มต้นเท่ากับ 3 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร จากนั้นทำการเจือจางแบบ 2 เท่าไปเรื่อยๆ ด้วยน้ำกลั่นจนได้ความเข้มข้นของสารละลาย $FeSO_4.7H_2O$ เท่ากับ 3, 1.5, 0.75, 0.275 และ 0.1875 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

การวิเคราะห์หาสมบัติการเป็นตัวรีดิวส์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี FRAP

ทำการสร้างกราฟมาตรฐานของ $FeSO_4.7H_2O$ ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0-3 มิลิโมลต่อลิตรและทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร เพื่อใช้ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ



รูปที่ ก8 กราฟมาตรฐานเฟอรัสซัลเฟต

ตารางที่ ก8 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันกานพลู

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
1.243	2.8189	1.232	2.7808	1.224	2.7531

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันกานพลู

ครั้งที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.243

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.2888x + 0.4289$

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ y = 1.243 แทนค่าในสมการ

$$1.243 = 0.2888x + 0.4289$$

$$x = 2.8189 \text{ mM/mg}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.8189 mM/mg

ครั้งที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.232

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.2888x + 0.4289$

เมื่อ y = 1.232 แทนค่าในสมการ

$$1.232 = 0.2888x + 0.4289$$

$$x = 2.7808 \text{ mM/mg}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.7808 mM/mg

ครั้งที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.224

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.2888x + 0.4289$

เมื่อ y = 1.224 แทนค่าในสมการ

$$1.224 = 0.2888x + 0.4289$$

$$x = 2.7531 \text{ mM/mg}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.7531 mM/mg

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้

ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ $= (2.8189+2.7808+2.7531)/3$

$= 2.7843 \text{ mM/mg}$

ดังนั้นได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของน้ำมันกานพลูเท่ากับ 2.7843 mM/mg

ตารางที่ ก9 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันใบพลูที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันใบพลู

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
0.925	1.7178	0.953	1.8148	0.942	1.7767

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันใบพลู

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.7178 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.8148 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.7767 mM/mg

ดังนั้นปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของน้ำมันใบพลูเฉลี่ยได้เท่ากับ 1.7698 mM/mg

ตารางที่ ก10 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันขมิ้นที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันขมิ้น

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
0.916	1.6866	0.921	1.7039	0.939	1.7663

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันขมิ้น

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.6866 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.7039 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 1.7663 mM/mg

ดังนั้นได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของน้ำมันขมิ้นเฉลี่ยได้เท่ากับ 1.7189 mM/mg

ตารางที่ ก11 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันตะไคร้ที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันตะไคร้

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
0.536	0.3708	0.523	0.3258	0.525	0.3328

4.4 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันตะไคร้

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.3708 mM/mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.3258 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.3328 mM/mg

ดังนั้นได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของน้ำมันขมิ้นเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.3431 mM/mg

ตารางที่ ก12 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันมะกรูดที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันมะกรูด

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
0.453	0.0834	0.466	0.1285	0.467	0.1319

4.5 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในน้ำมันมะกรูด

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.0834 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.1285 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 0.1319 มิลลิโมลาร์/มิลลิกรัม

ดังนั้นได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของน้ำมันมะกรูดเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.1146 mM/mg

ตารางที่ ก13 ค่าการดูดกลืนแสงของวิตามินอี ที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในวิตามินอี

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
1.289	2.9782	1.306	3.0370	1.312	3.0578

4.6 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในวิตามินอี

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.9782 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZเท่ากับ 3.0370 mM/mg

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 3.0578 mM/mg

ดังนั้นปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของวิตามินอีเท่ากับ 3.0243 mM/mg

ตารางที่ ก14 ค่าการดูดกลืนแสงของบีเอชทีที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร และปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ในบีเอชที

ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)	ค่าการดูดกลืนแสง	[Fe^{2+}-TPTZ] (mM/mg)
1.290	2.9816	1.301	3.0197	1.279	2.9436

4.7 ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ใน BHT

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.9816 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 3.0197 mM/mg

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ เท่ากับ 2.9436 mM/mg

ดังนั้นปริมาณความเข้มข้นของ Fe^{2+}-TPTZ ของบีเอชทีเฉลี่ยได้เท่ากับ 2.9816 mM/mg

5. ผลการทดลองหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β- carotene bleaching test

ในการคำนวณหาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันกานพลูจะทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตรที่เวลา 0 นาทีและ 105 นาที จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยการแทนค่าในสูตรดังนี้

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{105}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{105}_{control})\times 100]$$

เมื่อ A^{0}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

A^{105}_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

$A^{0}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่เวลา 0 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A^{105}_{control}$ คือค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมหลังจากบ่มเป็นเวลา 105 นาที

ตารางที่ ก15 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันกานพลูที่เวลา 0 นาทีและ 105 นาที

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร (t=0)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร (t=105)	ผลความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสดง
Control	1	0.836	0.146	0.690
น้ำมันกานพลู	1	0.890	0.671	0.219
Control	2	0.832	0.140	0.692
น้ำมันกานพลู	2	0.847	0.612	0.235
Control	3	0.781	0.092	0.689
น้ำมันกานพลู	3	0.789	0.576	0.213

Control คือใช้ Methanol 0.2 มิลลิลิตร แทนน้ำมันหอมระเหย

เมื่อได้ค่าผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงทั้งในชุดควบคุมและน้ำมันกานพลูแล้ว นำค่าที่ได้มาแทนลงในสูตรที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเพื่อหาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ก) การหาค่ากิจกรรมการอนุมูลอิสระของน้ำมันกานพลูซ้ำที่ 1

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{105}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{105}_{control})\times 100]$$

$$= [1-(0.890 - 0.671)/(0.836 - 0.146)\times 100]$$

$$= 68.27\%$$

ข) การหาค่ากิจกรรมการอนุมูลอิสระของน้ำมันกานพลูซ้ำที่ 2

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{105}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{105}_{control})\times 100]$$

$$= [1-(0.847 - 0.612)/(0.832 - 0.140)\times 100]$$

$$= 66.05\%$$

ค) การหาค่ากิจกรรมการอนุมูลอิสระของน้ำมันกานพลูซ้ำที่ 3

$$AA\% = [1-(A^{0}_{sample}-A^{105}_{sample})/(A^{0}_{control}-A^{105}_{control})\times 100]$$

$$= [1-(0.789 -0.576)/(0.781 -0.092)\times 100]$$

$$= 69.09\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย

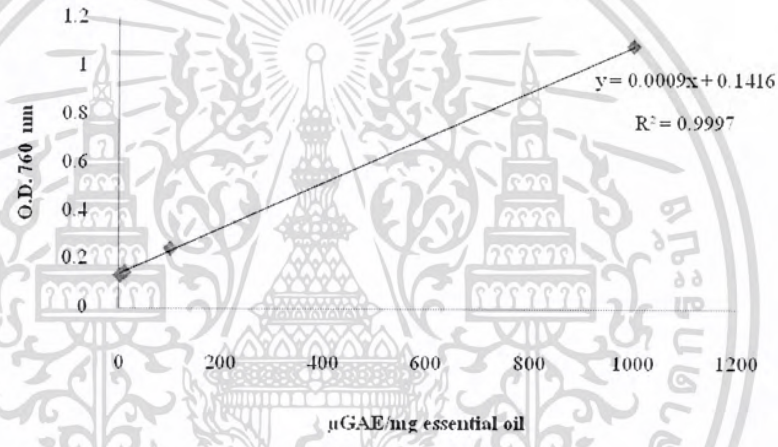
AA%เฉลี่ย = (68.27 + 66.05 + 69.09)/3

= 67.80%

ดังนั้นน้ำมันกานพลูจึงมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 67.80%

6. ผลการทดลองหาสมบัติการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

สร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0-1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร



รูปที่ ก9 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

6.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันกานพลู

ครั้งที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.073

สมการเส้นตรงคือ y = 0.0009x + 0.1416

เมื่อ y = 1.073 แทนค่าในสมการ

1.073 = 0.0009x + 0.1416

x = 1,034.88 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,034.88 µg GAE/mg essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.171

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0009x + 0.1416$

เมื่อ $y = 1.171$ แทนค่าในสมการ

$$1.171 = 0.0009x + 0.1416$$

$$x = 1{,}143.77 \text{ µg GAE /mg essential oil}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,143.77 µg GAE /mg essential oil

ครั้งที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.170

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0009x + 0.1416$

เมื่อ $y = 1.170$ แทนค่าในสมการ

$$1.170 = 0.0009x + 0.1416$$

$$x = 1{,}142.66 \text{ µg GAE /mg essential oil}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,142.66 µg GAE /mg essential oil

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = (1,034.88+1,143.77+1,142.66)/3

= 1,107.10 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันกานพลูจึงมีค่าเท่ากับ 1,107.10 µg GAE /mg essential oil

6.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันใบพลู

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 358.22 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 399.33 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 410.44 µg GAE /mg essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันใบพลูจึงมีค่าเท่ากับ 389.33 µg GAE /mg essential oil

6.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันขมิ้น

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 22.66 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ17.11 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 51.55 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันขมิ้นจึงมีค่าเท่ากับ 30.44 µg GAE /mg essential oil

6.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันตะไคร้

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 20.44 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 34.88 µg µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 19.33 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันขมิ้นจึงมีค่าเท่ากับ 24.88 µg GAE /mg essential oil

6.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะกรูด

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 19.33 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 18.22 µg GAE /mg essential oil

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 21.55 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันมะกรูดจึงมีค่าเท่ากับ 19.70 µg GAE /mg essential oil

6.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในวิตามินอี

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,148.22 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,157.11 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,177.11 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของวิตามินอีจึงมีค่าเท่ากับ 1,160.81 µg GAE /mg essential oil

6.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน BHT

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,159.33 µg GAE /mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,149.33 µg GAE /mg essential oil

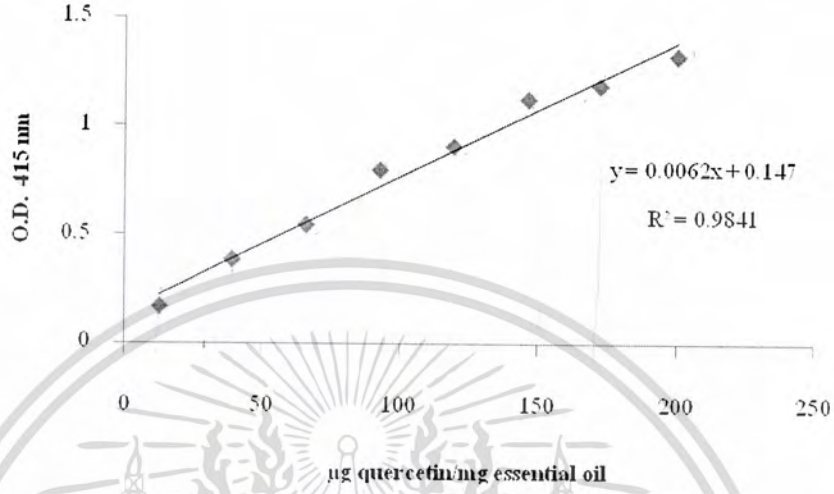
ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1,151.55 µg GAE /mg essential oil

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของ BHT จึงมีค่าเท่ากับ 1,153.40 µg gallic acid/mg essential oil

7. ผลการทดลองหาสมบัติการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างกราฟมาตรฐานของ quercetin ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 12.5-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร



รูปที่ ก10 กราฟมาตรฐาน quercetin

7.1 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันกานพลู

ครั้งที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.653

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0062x + 0.147$

เมื่อ $y = 1.653$ แทนค่าในสมการ

$$1.653 = 0.0062x + 0.147$$

$$x = 242.90 \text{ µg quercetin/mg essential oil}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 242.90 µg quercetin/mg essential oil

ครั้งที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.768

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0062x + 0.147$

เมื่อ $y = 1.768$ แทนค่าในสมการ

$$1.768 = 0.0062x + 0.147$$

$$x = 261.45 \text{ µg quercetin/mg essential oil}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 261.45 µg quercetin/mg essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เท่ากับ 1.931

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0062x + 0.147$

เมื่อ $y = 1.931$ แทนค่าในสมการ

$$1.931 = 0.0062x + 0.147$$

$$x = 287.74 \text{ µg quercetin/mg essential oil}$$

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 287.74 µg quercetin/mg essential oil

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะได้

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด = (242.90+261.45+287.74)/3

= 264.03 µg quercetin/mg essential oil

ดังนั้นปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันกานพลูจึงมีค่าเท่ากับ 264.03 µg quercetin/mg essential oil

7.2 ปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันใบพลู

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 237.42 µg quercetin/mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 230.32 µg quercetin/mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 217.09 µg quercetin/mg essential oil

ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันใบพลูจึงมีค่าเท่ากับ 228.27 µg quercetin/mg essential oil

7.3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันขมิ้น

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 147.42 µg quercetin/mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 208.22 µg quercetin/mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 170.32 µg quercetin/mg essential oil

ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันขมิ้นจึงมีค่าเท่ากับ 175.32 µg quercetin/mg essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันตะไคร้

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 169.51 µg quercetin/mg essential oil

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 132.42 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 154.03 µg quercetin/mg essential oil
ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันขมิ้นจึงมีค่าเท่ากับ 151.98 µg quercetin/mg essential oil

7.5 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันมะกรูด

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 61.29 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 45.96 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 50.16 µg quercetin/mg essential oil
ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของน้ำมันมะกรูดจึงมีค่าเท่ากับ 52.47 µg quercetin/mg essential oil

7.6 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในวิตามินอี

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 292.90 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 296.93 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 286.61 µg quercetin/mg essential oil
ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของวิตามินอีจึงมีค่าเท่ากับ 278.81 µg quercetin/mg essential oil

7.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน BHT

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 281.45 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 2 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 265.48 µg quercetin/mg essential oil
ในการทดสอบครั้งที่ 3 ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 278.38 µg quercetin/mg essential oil
ดังนั้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของ BHT จึงมีค่าเท่ากับ 275.10 µg quercetin/mg essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก16 ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, FRAP, β-carotene bleaching ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

Types of essential oils	DPPH IC_{50} (mg/ml)	FRAP Reducing capacity (mM/mg)	β-carotene bleaching (%Antioxidant activity)	Total Phenolic (µg GAE /mg essential oil)	Total Flavonoid (µg quercetin/mg essential oil)
Clove oil	0.06±0.006	2.78±0.022	67.80±4.23	1,107.01±48.15	264.03±15.80
Betle leaf oil	0.20±0.006	1.76±0.034	47.57±6.12	382.29±16.05	228.27±7.46
Tumeric oil	1.04±0.004	1.78±0.031	32.07±3.92	30.44±14.70	175.32±21.93
Lemon grass oil	1.42±0.054	0.34±0.018	21.01±0.59	24.88±6.66	151.98±13.05
Kaffir lime peel oil	1.51±0.236	0.11±0.020	15.16±1.88	19.701.23	52.47±5.88
BHT	0.14±0.006	2.91±0.253	86.63±0.84	1,153.40±3.95	275.10±6.42
Tocopherol	0.13±0.003	3.02±0.030	89.48±0.34	1,160.81±10.86	278.81±14.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันการพลูและน้ำมันใบพลูต่อการต้านออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันกานพลู น้ำมันใบพลู และน้ำมันกานพลูผสมน้ำมันใบพลูที่เติมลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแคปหมู

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมแคปหมู

เตรียมแคปหมูโดยต้มน้ำให้เดือดนำหนังหมู 2.5 กิโลกรัม มาทำการขูดให้ขนให้หลุดออกแล้วนำมาล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง เตรียมน้ำต้มจนเดือดแล้วใส่หนังหมูที่ได้นี้ลงไป ทำการต้มจนสุกหนังหมูจะมีลักษณะใสแล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นที่มีความยาว 1 นิ้ว กว้าง 1 เซนติเมตร แล้วนำมาคลุกเกลือให้ทั่ว จากนั้นนำหนังหมูที่ได้ไปมาทำการทอดในน้ำมันปาล์ม

2 การทดลองทอดแคปหมูในน้ำมันปาล์มที่มีการเติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรไทย

การทดลองทอดแคปหมูตามวิธีการของ Jaswir และคณะ (2000) นำน้ำมันปาล์มปริมาณ 300 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระทะวางลงบนเตาแก๊สแล้วให้ความร้อนจนน้ำมันมีอุณหภูมิ 120±5 องศาเซลเซียสทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที นำหนังหมูที่เตรียมไว้ปริมาณ 200 กรัม ทอดในน้ำมันจนกระทั่งสุกและมีสีเหลืองอ่อนซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นนำแคปหมูขึ้นจากน้ำมันมาวางพักในตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำมันทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของน้ำมันและแคปหมูเย็นลงเป็นเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นนำแคปหมูที่ได้ไปทดสอบชิมเพื่อวิเคราะห์รสชาติแคปหมู สำหรับน้ำมันปาล์มแต่ละทรีตเมนต์ที่เหลือจากการทอดจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ 1เก็บไว้ปริมาตร 10 มิลลิลิตรเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ สำหรับน้ำมันส่วนที่ 2 ประมาณ 250 มิลลิลิตรใช้สำหรับการทอดแคปหมูชุดใหม่สำหรับน้ำมันปาล์มที่เหลือจากการทอดจะนำไปทอดแคปหมูใหม่อีก 1 ครั้ง จากนั้นนำแคปหมูไปทดสอบชิมเพื่อวิเคราะห์รสชาติแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ได้แต่ละทรีตเมนต์จะนำไปวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมู

จากการศึกษาผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการต้านออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มใหม่ที่ผ่านการนำมาใช้ทอดแคปหมูและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำ (ทอดแคปหมู 2 ครั้ง) พบว่าในน้ำมันปาล์มใหม่ที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 8.98 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.3 และ 0.9 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 7.74 และ 10.56 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ และในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูซ้ำพบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.9 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 12.84 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 และ 0.3 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 13.22 และ 13.44 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ (รูปที่ ข1 a)

ในน้ำมันปาล์มใหม่ที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.3 มีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 9.59 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.1 และ 0.2 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 9.71 และ 10.15 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ และในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำพบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 13.73 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.3 และ 0.1 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 16.76 และ 21.58 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ (รูปที่ ข 1 b)

ในน้ำมันปาล์มใหม่ที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันกานพลูพบว่าในน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.3 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.3 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 5.64 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.9 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.1 และน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.9 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 5.89 และ 6.70 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดซ้ำที่เติมน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันกานพลูพบว่าในน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.6 ผสมน้ำมันใบพลู ร้อยละ 0.1 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 7.59 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันรองลงมาคือการเติมน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.9 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.1 และน้ำมันกานพลูร้อยละ 0.9 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.3 ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 8.52 และ 10.46 มิลลิลิตรสมมูลต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ (รูปที่ ข1 c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคัดเลือกระดับความเข้มข้นต่างๆ ของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูเพื่อนำมาทำการทดลองในขั้นต่อไปนั้นจะต้องพิจารณาถึงรสสัมผัสของแคปหมูด้วยซึ่งต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้จึงได้ทำการคัดเลือกน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.6 เนื่องจากมีรสสัมผัสที่ปกติและไม่มีกลิ่นน้ำมันกานพลู (ตารางที่ ข1) คัดเลือกน้ำมันใบพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.2 เนื่องจากมีรสสัมผัสที่ปกติและไม่มีกลิ่นน้ำมันใบพลูที่แรงเกินไป (ตารางที่ ข1) สำหรับน้ำมันกานพลูผสมน้ำมันใบพลูคัดเลือกน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.1 น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.6 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.1 และน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.6 ผสมน้ำมันใบพลูร้อยละ 0.2 (ตารางที่ ข1) เนื่องจากว่ามีรสชาติที่ปกติและไม่มีกลิ่นน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูที่แรงเกินไป ถ้าใช้น้ำมันการพลูและน้ำมันใบพลูที่ระดับความเข้มข้นสูงจะทำให้ให้มีรสขมและมีกลิ่นของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูสงผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

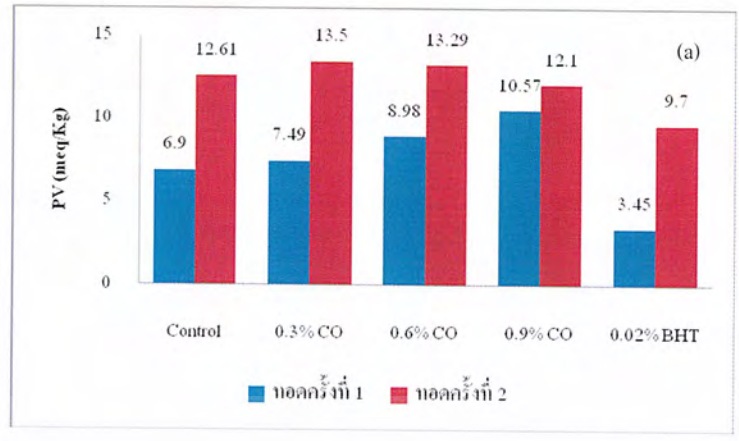
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

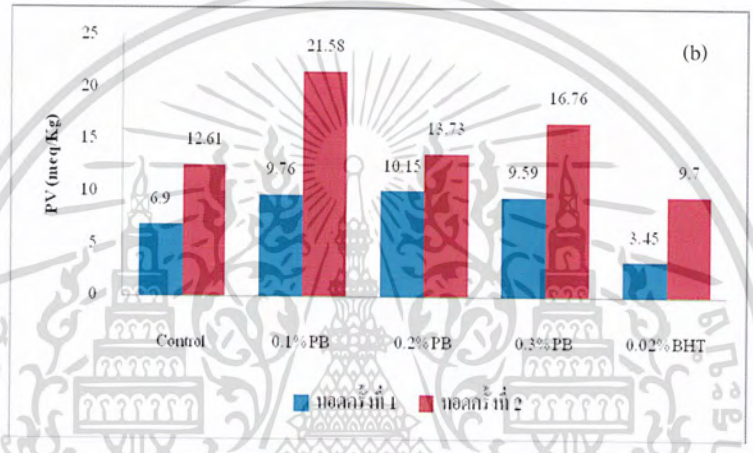
ตารางที่ ข1 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง

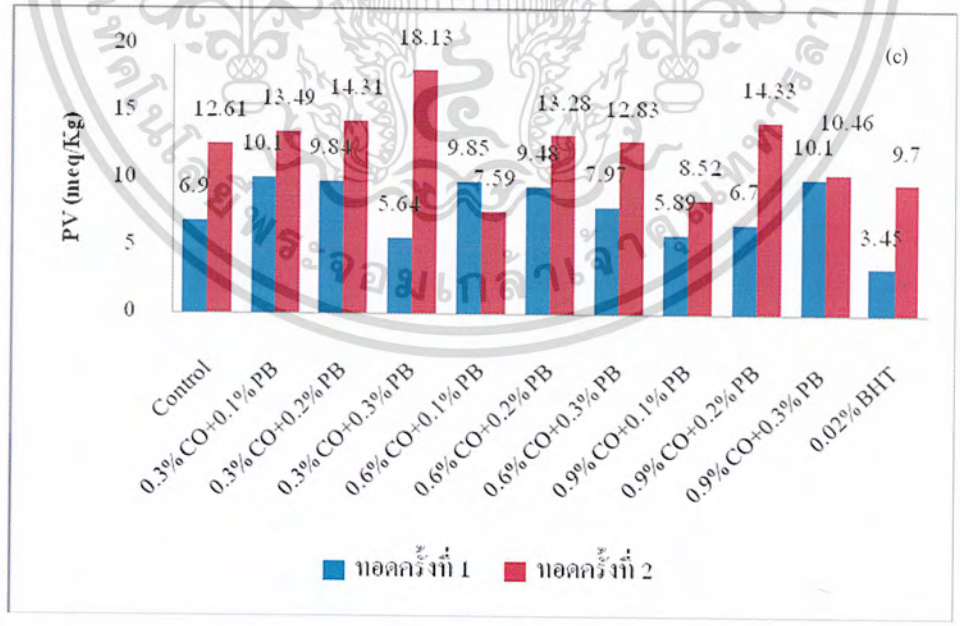
ทรีตเมนต์	PV1 (meq O_2/kg oil)	PV2 (meq O_2/kg oil)	ผลต่างของค่า PV1 และ PV2 (meq O_2/kg oil)	กลิ่นรส แคปหมูหลังทอด
Control	8.77	13.73	4.96	ปกติ
0.3% CO	7.74	13.44	5.70	ปกติ
0.6% CO	8.98	13.22	4.24	ปกติ
0.9% CO	10.56	12.84	2.28	มีกลิ่นเล็กน้อย
0.1% PB	9.71	22.55	12.84	ปกติ
0.2% PB	10.14	13.61	3.47	มีกลิ่นเล็กน้อย
0.3% PB	9.43	16.68	7.25	มีกลิ่นปานกลาง
0.3% CO + 0.1% PB	10.04	13.43	3.39	ปกติ
0.3% CO + 0.2% PB	9.81	14.27	4.46	ปกติ
0.3% CO + 0.3% PB	5.59	14.78	9.19	มีกลิ่นใบพลู
0.6% CO + 0.1% PB	9.83	7.57	-2.26	ปกติ
0.6% CO + 0.2% PB	9.45	13.28	3.93	มีกลิ่นใบพลูเล็กน้อย
0.6% CO + 0.3% PB	7.96	12.94	4.98	มีกลิ่นใบพลูปานกลาง
0.9% CO + 0.1% PB	5.74	8.69	2.95	ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย
0.9% CO + 0.2% PB	6.68	14.30	7.62	มีกลิ่นใบพลู มีรสขมเล็กน้อย
0.9% CO + 0.3% PB	10.04	10.12	0.08	มีกลิ่นใบพลูมาก มีรสขมปานกลาง
0.02% BHT	3.28	9.64	6.36	ปกติ

PV1	คือ ค่าเปอร์ออกไซด์น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง
PV2	คือ ค่าเปอร์ออกไซด์น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง
Control	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
CO	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
CO +PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







รูปที่ ข1 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (a) น้ำมันกานพลู (b) น้ำมันใบพลู (c) น้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันน้ำมันใบพลู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ ค1 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ค่า PV ($meqO_2$/Kg oil)
น้ำมันปาล์ม	1	4.5576
	2	4.9075
	3	4.8196
		เฉลี่ย 4.7681±0.127

1. การเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว

ตารางที่ ค2 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
		PV ($meqO_2$/ Kg oil)	PV ($meqO_2$/ Kg oil)	PV ($meqO_2$/ Kg oil)	PV ($meqO_2$/ Kg oil)	PV ($meqO_2$/ Kg oil)
Control	1	8.83	9.55	10.74	12.61	20.86
	2	8.73	9.96	10.23	12.54	20.94
	3	8.64	9.12	10.30	12.66	21.22
	เฉลี่ย	8.73	9.54	10.42	12.60	21.00
0.6% CO	1	7.74	7.82	8.47	9.67	10.78
	2	7.41	7.38	8.25	9.40	10.46
	3	7.60	7.73	8.31	9.50	10.52
	เฉลี่ย	7.58	7.64	8.34	9.52	10.58
0.2% PB	1	5.35	5.80	6.34	8.87	13.09
	2	5.60	6.03	6.79	8.98	12.71
	3	5.00	5.54	6.64	8.08	12.56
	เฉลี่ย	5.31	5.76	6.59	8.97	12.78
0.6%CO	1	6.94	7.54	8.68	9.87	16.91
+0.2%PB	2	6.44	7.91	8.35	10.42	17.04
	3	5.88	7.37	8.88	10.52	17.01
	เฉลี่ย	6.42	7.60	8.63	10.27	16.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค2 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
		PV ($meqO_2$/Kg oil)	PV ($meqO_2$/Kg oil)	PV ($meqO_2$/Kg oil)	PV ($meqO_2$/Kg oil)	PV ($meqO_2$/Kg oil)
0.02% BHT	1	6.25	7.56	8.39	10.71	17.33
	2	6.94	8.05	8.53	10.72	17.23
	3	6.37	7.66	8.98	10.56	17.08
	เฉลี่ย	6.52	7.75	8.63	10.66	17.21
Control	1	12.89	14.53	15.06	17.00	28.84
	2	13.38	14.38	15.07	17.02	29.33
	3	12.80	14.35	14.99	17.01	29.04
	เฉลี่ย	13.02	14.42	15.70	17.01	29.07
0.6% CO	1	9.30	10.12	11.47	13.05	16.20
	2	9.66	10.26	11.35	13.03	16.10
	3	9.36	10.21	11.48	13.16	15.67
	เฉลี่ย	9.44	10.19	11.43	13.08	15.98
0.2% PB	1	9.10	10.14	10.21	13.69	21.60
	2	9.42	10.12	10.33	13.07	20.65
	3	9.15	10.41	10.43	13.00	21.12
	เฉลี่ย	9.22	10.22	10.29	13.25	21.12
0.6%CO	1	10.72	11.68	12.49	14.60	25.23
+0.2%PB	2	11.34	11.54	12.61	15.61	25.06
	3	10.66	11.67	12.56	14.63	24.74
	เฉลี่ย	10.90	11.63	12.61	14.94	25.00
0.02% BHT	1	11.09	12.01	13.18	15.15	28.21
	2	11.17	12.25	13.49	15.16	26.91
	3	11.60	11.97	13.38	15.58	28.21
	เฉลี่ย	11.28	12.07	13.35	15.29	27.77

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	Peroxide value ± SD				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	7	12
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง					
Control	8.73±0.36AD	9.54±0.12AC	10.42±0.12AB	12.60±0.11AB	21.00±0.14A
0.6% CO	7.58±0.27CD	7.64±0.12C	8.34±0.06BC	9.52±0.02BC	10.58±0.12AC
0.2% PB	5.31±0.23CD	5.76±0.29C	6.59±0.05BC	8.97±0.04BC	12.78±0.03AC
0.6% CO +0.2% PB	6.42±0.32BD	7.60±0.55BC	8.63±0.04B	10.27±0.05B	16.98±0.06AB
0.02% BHT	6.52±0.23CD	7.75±0.10C	8.63±0.14BC	10.66±0.09BC	17.21±0.07AC
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง					
Control	13.02±0.31AE	14.42±0.09AD	15.70±0.05AC	17.01±0.01AB	29.07±0.24A
0.6% CO	9.44±0.19E	10.19±0.07DE	11.43±0.07CE	13.08±0.07ABE	15.98±0.29AE
0.2% PB	9.22±0.17DE	10.22±0.16D	10.29±0.16CD	13.25±0.38ABD	21.12±0.47AD
0.6% CO +0.2% PB	10.90±0.37CE	11.63±0.08CD	12.61±0.13C	14.94±0.57BC	25.00±0.25AC
0.02% BHT	11.28±0.27BE	12.07±0.15BD	13.35±0.16BC	15.29±0.24AB	27.77±0.75AB

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

2. การเปลี่ยนแปลงของค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว

ตารางที่ ค4 ค่าของกรดของน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ค่า AV (ml/g oil)
น้ำมันปาล์ม	1	0.2557
	2	0.2540
	3	0.2547
		เฉลี่ย 0.2548±0.0006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค5 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
		AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)
Control	1	0.2500	0.3820	0.2432	0.5109	0.5030
	2	0.3751	0.3819	0.2517	0.4971	0.5107
	3	0.2557	0.2556	0.2555	0.5094	0.5065
	เฉลี่ย	0.2936	0.3398	0.2501	0.5058	0.5067
0.6% CO	1	0.2546	0.2527	0.4494	0.3858	0.2527
	2	0.2544	0.2547	0.3761	0.3734	0.2541
	3	0.2521	0.2538	0.5013	0.3797	0.2556
	เฉลี่ย	0.2537	0.2537	0.4423	0.3796	0.2541
0.2% PB	1	0.2486	0.3713	0.2374	0.2572	0.2557
	2	0.2565	0.2525	0.2533	0.2551	0.2569
	3	0.2557	0.2844	0.2516	0.2548	0.2532
	เฉลี่ย	0.2536	0.3361	0.2474	0.2557	0.2553
0.6%CO	1	0.5054	0.2560	0.2437	0.2489	0.2546
+0.2%PB	2	0.5093	0.2516	0.2556	0.2547	0.2554
	3	0.5014	0.2548	0.2517	0.2514	0.2546
	เฉลี่ย	0.5054	0.2541	0.2501	0.2517	0.2549
0.02% BHT	1	0.4811	0.3779	0.4431	0.5078	0.5056
	2	0.5080	0.3815	0.4997	0.5645	0.5019
	3	0.5041	0.3795	0.5025	0.5089	0.5089
	เฉลี่ย	0.4968	0.3796	0.4818	0.5271	0.5055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค5 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
		AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)	AV (ml/g oil)
Control	1	0.3791	0.3672	0.5801	0.5116	0.5056
	2	0.3815	0.3829	0.3801	0.5063	0.5085
	3	0.2555	0.3672	0.5046	0.5042	0.5012
	เฉลี่ย	0.3387	0.3724	0.4643	0.5074	0.5051
0.6% CO	1	0.2552	0.3460	0.2545	0.2527	0.2541
	2	0.2536	0.3824	0.2549	0.2514	0.2539
	3	0.2531	0.3802	0.2556	0.2544	0.2566
	เฉลี่ย	0.2540	0.3695	0.2550	0.2528	0.2549
0.2% PB	1	0.2554	0.2415	0.2519	0.2537	0.2566
	2	0.2523	0.2542	0.2536	0.2552	0.2542
	3	0.2532	0.2522	0.2517	0.2531	0.2552
	เฉลี่ย	0.2536	0.2493	0.2524	0.2540	0.2553
0.6%CO	1	0.2546	0.2528	0.2563	0.2551	0.2556
+0.2%PB	2	0.3735	0.2527	0.2550	0.2556	0.2542
	3	0.2508	0.2527	0.2551	0.2557	0.2513
	เฉลี่ย	0.2930	0.2527	0.2555	0.2553	0.2537
0.02% BHT	1	0.3765	0.4748	0.5054	0.4831	0.5058
	2	0.3825	0.4994	0.4980	0.5038	0.5068
	3	0.3797	0.5087	0.5102	0.5071	0.5046
	เฉลี่ย	0.3796	0.4943	0.5045	0.4982	0.5057

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของกรดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	Acid value ± SD				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	7	12
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้ง					
Control	0.29±0.071B	0.34±0.072BD	0.25±0.006BCD	0.51±0.008AB	0.50±0.004BC
0.6% CO	0.25±0.001BC	0.25±0.001CD	0.44±0.063CD	0.38±0.006AC	0.25±0.001BC
0.2% PB	0.25±0.004BD	0.34±0.073CD	0.25±0.009CD	0.26±0.001AD	0.25±0.002BC
0.6% CO +0.2% PB	0.51±0.004BC	0.28±0.002CD	0.28±0.006CD	0.25±0.003AC	0.25±0.0005BC
0.02% BHT	0.50±0.014AB	0.38±0.002AD	0.48±0.033ACD	0.38±0.032A	0.50±0.004ABC
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง					
Control	0.34±0.072B	0.37±0.009AB	0.50±0.073AB	0.51±0.004AB	0.51±0.004AB
0.6% CO	0.25±0.001BC	0.37±0.020AC	0.26±0.001AC	0.25±0.002AC	0.25±0.002AC
0.2% PB	0.25±0.002BD	0.25±0.007AD	0.25±0.001AD	0.25±0.001AD	0.26±0.001AD
0.6% CO +0.2% PB	0.29±0.069BCD	0.25±0.000ACD	0.26±0.001ACD	0.26±0.0003ACD	0.25±0.002ACD
0.02% BHT	0.40±0.003AB	0.50±0.018A	0.50±0.006A	0.50±0.013A	0.51±0.001A

Control	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปลี่ยนแปลงของค่าสีในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว

ตารางที่ ค7 ค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ผ่านการให้ความร้อน

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ค่า L (ค่าความสว่าง)	ค่า a (ค่าสีแดง)	ค่า b (ค่าสีเหลือง)
น้ำมันปาล์ม	1	36.72	2.34	3.05
	2	36.51	2.56	2.98
	3	36.63	2.43	3.07
	เฉลี่ย	36.62	2.44	3.03

ตารางที่ ค8 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (ค่า L) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	34.23	32.66	30.54	30.80	31.43
	2	35.02	32.88	30.32	29.15	31.89
	3	34.89	33.72	31.81	30.41	30.74
	เฉลี่ย	34.71	33.08	30.89	30.12	31.35
0.6% CO	1	30.16	32.90	30.83	29.70	28.89
	2	31.92	31.19	31.01	30.90	29.26
	3	31.08	32.38	30.73	28.64	29.68
	เฉลี่ย	31.05	32.16	30.86	29.75	29.28
0.2% PB	1	30.46	30.73	28.94	28.22	27.71
	2	28.86	30.54	29.18	27.76	28.09
	3	28.49	30.25	29.51	28.59	27.61
	เฉลี่ย	29.27	30.51	29.21	28.19	27.80
0.6%CO	1	29.02	30.86	28.60	27.89	28.25
+0.2%PB	2	29.71	30.32	29.14	28.74	28.62
	3	29.26	31.45	28.92	27.68	27.84
	เฉลี่ย	29.33	30.88	28.89	28.10	28.23
0.02% BHT	1	33.70	34.94	32.75	31.22	30.06
	2	33.84	33.54	33.38	30.42	29.94
	3	32.69	35.07	33.56	30.23	29.47
	เฉลี่ย	33.41	34.52	33.23	29.36	29.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค8 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (ค่า L) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	30.19	28.76	27.55	27.03	27.22
	2	31.54	29.38	28.77	26.79	26.46
	3	30.12	27.53	27.49	27.56	27.01
	เฉลี่ย	33.62	28.56	27.94	27.13	26.90
0.6% CO	1	27.83	28.68	27.42	26.10	25.61
	2	27.67	27.72	26.23	26.09	26.28
	3	28.15	28.46	26.49	26.34	26.20
	เฉลี่ย	27.88	28.29	26.71	26.18	26.03
0.2% PB	1	26.74	27.64	25.35	25.29	24.91
	2	25.85	20.37	25.47	25.48	24.40
	3	26.32	26.53	25.14	25.64	25.18
	เฉลี่ย	26.30	24.85	25.32	25.47	24.83
0.6%CO	1	26.38	26.71	25.64	24.89	24.27
+0.2%PB	2	25.81	27.54	26.43	24.61	25.21
	3	26.22	27.32	25.76	24.66	24.82
	เฉลี่ย	26.14	27.19	25.94	24.72	24.77
0.02% BHT	1	29.48	30.11	28.38	27.73	27.39
	2	28.89	29.78	28.90	27.48	27.47
	3	29.63	30.41	28.52	27.06	28.99
	เฉลี่ย	29.33	30.10	28.60	27.42	27.95

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค9 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (ค่า a) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	3.17	3.02	2.85	2.01	3.42
	2	3.24	2.94	2.73	2.30	3.39
	3	3.18	2.98	2.81	1.91	3.45
	เฉลี่ย	3.20	2.98	2.80	2.07	3.42
0.6% CO	1	2.67	2.73	3.11	3.10	3.61
	2	2.89	2.93	2.86	2.87	3.28
	3	2.68	2.44	2.90	2.96	3.44
	เฉลี่ย	2.75	2.70	2.96	2.98	3.44
0.2% PB	1	3.67	3.36	3.12	3.39	3.74
	2	3.45	3.27	3.08	3.65	3.20
	3	3.91	3.54	3.22	3.54	3.36
	เฉลี่ย	3.68	3.39	3.14	3.53	3.43
0.6%CO	1	3.10	3.01	2.77	3.40	3.53
+0.2%PB	2	3.27	2.84	2.65	3.38	3.49
	3	2.97	2.70	2.59	3.58	3.06
	เฉลี่ย	3.11	2.85	2.67	3.45	3.36
0.02% BHT	1	3.95	3.36	3.00	3.56	4.51
	2	3.64	3.27	3.04	3.98	4.90
	3	3.23	3.18	2.88	3.74	4.11
	เฉลี่ย	3.61	3.27	2.97	3.76	4.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค9 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (ค่า a) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	2.79	3.35	3.65	2.44	3.86
	2	2.63	3.31	3.37	2.75	3.93
	3	2.81	3.09	3.52	2.33	3.60
	เฉลี่ย	2.74	3.25	3.51	2.51	3.80
0.6% CO	1	3.16	3.72	4.05	3.32	4.03
	2	3.23	3.68	4.20	3.55	2.88
	3	3.44	3.42	3.78	3.74	2.67
	เฉลี่ย	3.28	3.61	4.01	3.54	3.19
0.2% PB	1	4.12	3.67	4.00	4.28	2.80
	2	3.72	3.31	3.64	4.34	2.89
	3	4.00	3.39	3.74	4.66	2.93
	เฉลี่ย	3.95	3.46	3.79	4.43	2.87
0.6%CO	1	3.60	3.80	3.78	3.64	4.01
+0.2%PB	2	3.77	4.01	3.54	3.77	3.78
	3	3.48	3.65	3.94	3.95	3.88
	เฉลี่ย	3.62	3.82	3.75	3.79	3.89
0.02% BHT	1	5.62	5.73	5.09	4.49	4.67
	2	4.67	4.87	4.52	4.32	4.80
	3	4.88	4.95	4.89	4.12	4.65
	เฉลี่ย	5.06	5.18	4.83	4.31	4.71

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค10 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (ค่า b) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	4.05	4.12	3.35	2.06	3.00
	2	4.13	3.86	3.29	2.13	2.80
	3	4.29	4.38	3.65	2.39	3.26
	เฉลี่ย	4.16	4.12	3.43	2.19	3.02
0.6% CO	1	6.90	3.52	2.83	2.77	4.08
	2	6.66	3.44	2.21	2.60	3.91
	3	6.74	3.09	2.75	2.99	4.33
	เฉลี่ย	6.77	3.35	2.60	2.79	4.11
0.2% PB	1	4.43	1.69	1.17	2.15	2.69
	2	4.50	2.10	1.64	1.84	2.88
	3	4.32	1.86	1.38	1.90	2.74
	เฉลี่ย	4.42	1.88	1.40	1.96	2.77
0.6%CO	1	6.04	2.58	2.05	1.53	3.38
+0.2%PB	2	6.12	2.61	2.27	1.48	3.94
	3	5.59	2.93	2.64	1.78	3.67
	เฉลี่ย	5.92	2.71	2.32	1.60	3.66
0.02% BHT	1	2.56	1.86	1.73	3.53	3.21
	2	2.98	2.11	1.85	3.06	3.47
	3	2.36	1.70	1.82	3.37	3.56
	เฉลี่ย	2.63	1.89	1.80	3.32	3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค10 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (ค่า b) ในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 1 ครั้งและน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้ทอดแคปหมูแล้ว 2 ครั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	1	3	7	12
Control	1	3.10	3.88	2.56	1.24	2.51
	2	3.28	3.75	2.66	1.33	2.63
	3	3.32	3.62	2.78	1.18	2.44
	เฉลี่ย	3.23	3.75	2.67	1.25	2.53
0.6% CO	1	2.57	3.62	2.55	2.25	3.34
	2	2.65	3.68	2.54	2.50	3.28
	3	2.36	3.21	2.43	2.32	3.25
	เฉลี่ย	2.53	3.50	2.51	2.36	3.29
0.2% PB	1	4.84	2.68	1.92	1.42	2.35
	2	4.63	2.98	1.87	1.56	2.41
	3	4.47	2.73	1.74	1.37	2.19
	เฉลี่ย	4.65	2.80	1.84	1.45	2.32
0.6%CO	1	4.28	2.69	2.32	1.14	2.98
+0.2%PB	2	4.13	2.78	2.08	1.28	3.04
	3	4.39	2.55	2.25	1.37	3.32
	เฉลี่ย	4.27	2.67	2.22	1.26	3.11
0.02% BHT	1	2.73	1.93	1.25	2.75	2.76
	2	2.81	1.67	1.34	2.98	2.61
	3	2.65	1.39	1.44	2.66	2.44
	เฉลี่ย	2.73	1.66	1.34	2.80	2.60

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยต่อการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแคปหมูระหว่างการเก็บรักษา

1. การเปลี่ยนแปลงค่า TBA (Thiobarbituric acid number) ในแคปหมู

ตารางที่ ง1 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)									
		0		1		3		7		12	
		OD_{538}	TBARS[a] (mgMDA/kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA/kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA/kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA/kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA/kg)
Control	1	0.209	1.6341	0.218	1.7043	0.271	2.1177	0.288	2.2464	0.322	2.4843
	2	0.148	1.1583	0.202	1.5795	0.238	1.8603	0.259	2.0241	0.282	2.2035
	3	0.117	0.9165	0.187	1.4625	0.255	1.9890	0.276	2.1567	0.282	2.2698
	เฉลี่ย	0.158	1.2363	0.200	1.5821	0.254	1.9890	0.274	2.1424	0.302	2.3192
0.6% CO	1	0.172	1.3416	0.186	1.4547	0.187	1.4625	0.190	1.4781	0.190	1.4859
	2	0.133	1.0413	0.162	1.2675	0.184	1.4352	0.186	1.4547	0.194	1.5171
	3	0.103	0.8034	0.157	1.2246	0.172	1.3455	0.178	1.3923	0.194	1.4820
	เฉลี่ย	0.136	1.0626	0.168	1.3156	0.181	1.4144	0.184	1.4417	0.192	1.4950
0.2% PB	1	0.165	1.2909	0.185	1.4469	0.148	1.5249	0.200	1.5639	0.206	1.6068
	2	0.139	1.0881	0.186	1.4547	0.190	1.4820	0.195	1.5210	0.206	1.6107
	3	0.105	0.8229	0.179	1.4001	0.185	1.4430	0.191	1.4898	0.206	1.5600
	เฉลี่ย	0.136	1.0673	0.183	1.4339	0.174	1.4833	0.195	1.5249	0.206	1.5925
0.6%CO	1	0.195	1.5249	0.202	1.5756	0.202	1.5795	0.206	1.6707	0.210	1.6419
+0.2%	2	0.162	1.2675	0.190	1.4820	0.199	1.5561	0.205	1.5990	0.218	1.7043
PB	3	0.112	0.8775	0.189	1.4781	0.209	1.6302	0.216	1.6848	0.218	1.7628
	เฉลี่ย	0.156	1.2233	0.193	1.5119	0.203	1.5886	0.227	1.6515	0.214	1.7030
0.02%	1	0.162	1.2636	0.176	1.3767	0.195	1.5249	0.200	1.5639	0.313	1.8525
BHT	2	0.122	0.9516	0.158	1.2324	0.160	1.2558	0.197	1.5405	0.219	1.7082
	3	0.105	0.8229	0.151	1.1817	0.171	1.3338	0.179	1.4001	0.219	1.7394
	เฉลี่ย	0.129	1.0127	0.161	1.2636	0.175	1.3715	0.192	1.1681	0.266	1.7667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 ผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส `(ต่อ)

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)									
		0		1		3		7		12	
		OD_{538}	TBARS[a] (mgMDA /kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA /kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA /kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA /kg)	OD_{358}	TBARS[a] (mgMDA /kg)
Control	1	0.233	1.8174	0.269	2.1021	0.296	2.3127	0.298	2.3283	0.340	2.6459
	2	0.194	1.5132	0.218	1.7043	0.248	1.9344	0.254	1.9812	0.280	2.1879
	3	0.178	0.9282	0.225	1.3533	0.267	0.1860	0.298	2.3244	0.280	2.3283
	เฉลี่ย	0.201	1.4196	0.237	1.7199	0.270	1.4777	0.283	2.1549	0.310	2.3837
0.6% CO	1	0.200	1.5639	0.207	1.6185	0.211	1.6458	0.219	1.7082	0.223	1.7004
	2	0.166	1.2987	0.179	1.4001	0.191	1.4937	0.198	1.5444	0.201	1.5678
	3	0.146	0.8463	0.172	0.9009	0.185	0.1165	0.189	1.4781	0.201	1.6302
	เฉลี่ย	0.170	1.2363	0.186	0.9731	0.195	1.0853	0.202	1.5769	0.212	1.6328
0.2% PB	1	0.208	1.6263	0.216	1.6887	0.220	1.7199	0.226	1.7628	0.231	1.7940
	2	0.155	1.2129	0.189	1.4781	0.200	1.5600	0.204	1.5912	0.208	1.6263
	3	0.150	0.8385	0.197	1.3221	0.206	0.1215	0.211	1.6458	0.208	1.6929
	เฉลี่ย	0.171	1.2259	0.200	1.5972	0.208	1.1338	0.213	1.6666	0.219	1.7044
0.6%CO +0.2% PB	1	0.219	1.7121	0.222	1.7355	0.231	1.8057	0.240	1.8759	0.245	1.9149
	2	0.178	1.3923	0.214	1.6692	0.220	1.7199	0.224	1.8642	0.229	1.7901
	3	0.198	0.9321	0.209	1.1622	0.229	0.1890	0.239	1.8681	0.229	1.8291
	เฉลี่ย	0.231	1.3455	0.215	1.5223	0.226	1.2382	0.234	1.8694	0.237	1.8447
0.02% BHT	1	0.172	1.3416	0.190	1.4859	0.197	1.5366	0.201	1.5717	0.244	1.9032
	2	0.138	1.0803	0.170	1.3299	0.204	1.5951	0.218	1.7042	0.228	1.7783
	3	0.157	0.8685	0.181	0.9126	0.195	0.9126	0.205	1.6029	0.228	1.7901
	เฉลี่ย	0.155	1.0968	0.180	1.2428	0.198	1.0832	0.208	1.6262	0.236	1.8238

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 ซ้ำ

Control คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย

0.6% CO คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6

0.2% PB คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2

0.6% CO +0.2% PB คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2

0.02% BHT คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 การวิเคราะห์ทางสถิติผลของน้ำมันกานพลูและน้ำมันใบพลูต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่และแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ค่า TBARS (mg MDA/kg)[a]±SD				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	7	12
แคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่					
Control	1.24±0.37AD	1.58±0.12AC	1.99±0.13AB	2.14±0.11AB	2.32±0.15A
0.6% CO	1.06±0.27CD	1.32±0.12C	1.41±0.06BC	1.47±0.02BC	1.49±0.02AC
0.2% PB	1.07±0.23CD	1.43±0.03C	1.48±0.05BC	1.52±0.04BC	1.59±0.03AC
0.6% CO +0.2% PB	1.22±0.33BD	1.51±0.06BC	1.59±0.04B	1.65±0.05B	1.70±0.06AB
0.02% BHT	1.01±0.23CD	1.26±0.10C	1.37±0.14BC	1.50±0.09BC	1.77±0.30AC
แคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแล้ว 1 ครั้ง					
Control	1.57±0.22AD	1.86±0.22AC	2.11±0.19AB	2.21±0.20AB	2.38±0.23A
0.6% CO	1.33±0.21CD	1.45±0.14C	1.53±0.10BC	1.58±0.12ABC	1.63±0.07AC
0.2% PB	1.34±0.25CD	1.57±0.10C	1.63±0.08BC	1.67±0.09ABC	1.70±0.08AC
0.6% CO +0.2% PB	1.55±0.16BD	1.68±0.05BC	1.78±0.04B	1.87±0.01AB	1.84±0.06AB
0.02% BHT	1.22±0.13CD	1.40±0.08C	1.55±0.04BC	1.63±0.07ABC	1.82±0.07AC

[a]ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 ซ้ำ

Control คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย

0.6% CO คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6

0.2% PB คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2

0.6% CO +0.2% PB คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2

0.02% BHT คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมู

ตารางที่ ง3 การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ในระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด		ยีสต์รา	
		จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)	จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)
Control	0	0,1	<250	0,0	<10
	1	0,SPR	<10	0,1	<250
	3	2,2	<250	0,0	<10
	7	1,0	<250	1,0	<250
	12	0,7	<250	0,1	<250
0.6% CO	0	0,0	<10	0,0	<10
	1	1,1	<250	0,1	<250
	3	0,0	<10	0,0	<10
	7	5,7	<250	1,1	<250
	12	4,1	<250	1,0	<250
0.2% PB	0	1.0	<250	0,0	<10
	1	0,18	<250	1,1	<250
	3	10,18	<250	0,0	<10
	7	25,26	3.41	0,0	<10
	12	0,1	<250	0,0	<10
0.6% CO	0	1,0	<250	0,0	<10
+	1	49,28	3,58	0,0	<10
0.2% PB	3	0,1	<250	0,0	<10
	7	2,1	<250	4,3	<250
	12	0,0	<10	2,1	<250
	0	0,1	<250	0,1	<250
0.02% BHT	1	4,7	<250	1,0	<250
	3	0, SPR	<250	0,0	<10
	7	1,1	<250	0,0	<10
	12	9,4	<250	0,1	<250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง3 การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ในระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด		ยีสต์รา	
		จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)	จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)
Control	0	1,1	<250	0,0	<10
	1	0,0	<10	0,1	<250
	3	0.1	<250	0,0	<10
	7	0,SPR	<250	0,2	<250
	12	0,0	<250	1,0	<250
0.6% CO	0	1,1	<250	1,0	<250
	1	SPR,2	<250	0,1	<250
	3	0,0	<10	0,1	<250
	7	8,7	<250	0,0	<10
	12	0,0	<10	0,0	<10
0.2% PB	0	2,SPR	<250	1,0	<250
	1	0,0	<250	0,0	<10
	3	0,0	<10	0,0	<10
	7	4,3	<250	0,1	<250
	12	0,0	<10	1,0	<250
0.6% CO	0	0,0	<10	0,0	<10
+	1	1,0	<250	1,0	<250
0.2% PB	3	1,0	<250	1,0	<250
	7	5,7	<250	0,0	<10
	12	0,0	<10	1,1	<250
	0	0,0	<10	0,0	<10
0.02% BHT	1	SPR,9	<250	1,0	<250
	3	1,1	<250	0,0	<10
	7	4,8	<250	4,0	<250
	12	0,0	<10	2,1	<250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง3 การตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในแคปหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มใหม่ในระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (ต่อ)

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด		ยีสต์รา	
		จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)	จำนวนโคโลนีระดับความเจือจาง 10^{-1}	log CFU/มิลลิลิตร (ESPC/ml)
Control	0	0,0	<10	0,0	<10
	1	25,7	<250	0,0	<10
	3	1,0	<250	0,1	<250
	7	1,0	<250	5,2	<250
	12	0,0	<10	2,1	<250
0.6% CO	0	0,0	<10	0,0	<10
	1	2,0	<250	0,0	<10
	3	5,2	<250	0,0	<10
	7	1,0	<250	0,0	<10
	12	0,0	<10	0,0	<10
0.2% PB	0	0,0	<10	0,0	<10
	1	5,2	<250	0,0	<10
	3	0,1	<250	2,0	<250
	7	0,0	<10	0,0	<10
	12	0,0	<10	0,0	<10
0.6% CO	0	0,0	<10	0,0	<10
+	1	0,0	<10	0,0	<10
0.2% PB	3	1,0	<250	1,0	<250
	7	0,0	<10	0,1	<250
	12	1,1	<250	0,0	<10
	0	1,0	<250	0,0	<10
0.02% BHT	1	12,3	<250	14,2	<250
	3	0,1	<250	0,0	<10
	7	0,0	<10	0,1	<250
	12	0,0	<10	0,0	<10

Control	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย
0.6% CO	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6
0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.6% CO +0.2% PB	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมน้ำมันกานพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.6 น้ำมันใบพลูความเข้มข้นร้อยละ 0.2
0.02% BHT	คือ ตัวอย่างแคปหมูที่เติมสารสังเคราะห์ Butylated hydroxytoluene ร้อยละ0.0
SPR (Spreader)	คือ มีเชื้อขึ้นแต่มีลักษณะแผ่ไปทั่วผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อ ไม่แยกเป็นโคโลนีเดี่ยว
ESPC	ที่ระดับความเจือจางนั้นมีโคโลนีขึ้นน้อยกว่า 25 โคโลนี ให้บันทึกผลตามความเป็นจริง แต่ให้รายงานว่า
(Estimate Standard Plate Count)	น้อยกว่า 25×1/d เมื่อ d คือ dilution factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้