สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ความสามารถในการกันหืนของสารสกัดจากพืชท้องถิ่นที่บริโภคได้ในน้ำมันพืช

ANTI-RANCIDITY CAPACITY OF LOCAL EDIBLE PLANT EXTRACTS IN VEGETABLE OILS

นางสาววริพัสย์ อารีกุล
นางสาวยุพา แก้วดานา

RCH
TP
180
ก329ค
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.131023
วัน,เดือน,ปี..21 พ.ค. 2557
b.12485111
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	ความสามารถในการกันหืนของสารสกัดจากพืชท้องถิ่นที่บริโภคได้ในน้ำมันพืช
แหล่งเงิน	
ประจำปีงบประมาณ 2553	จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 315,400 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1	ปี ตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ.2552 ถึง กันยายน พ.ศ.2553

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วริพัสย์ อารีกุล

สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ 10520

โทรศัพท์ 0-2329-8526-7 ต่อ 7271

อีเมล์ : kavaripa@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ผลของความสามารถในการต้านการหืนของสารสกัดหยาบจากพืชท้องถิ่นที่บริโภคได้ด้วยเอธานอลจำนวน 15 ชนิด ที่ความเข้มข้นของพืชแต่ละชนิดเท่ากับ 350 พีพีเอ็มในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม และเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน จากนั้นวิเคราะห์ค่าความหืนด้วยวิธี Conjugated diene hydroperoxides (CD), Peroxide value (PV) และ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ภายหลังจากการเติมสารสกัดจากพืชในวันที่ 0 พบว่า สารสกัดบางชนิดมีค่า CD, PV และ TBARS เริ่มต้น สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ ทุกตัวอย่างรวมทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติม BHT 200 พีพีเอ็ม ภายหลังบ่ม มีค่า CD, PV และ TBARS เพิ่มขึ้นอย่างมาก นอกจากนั้น สารสกัดจากพืชแต่ละชนิดมีผลต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แตกต่างกัน ทั้งการยับยั้ง หรือ เร่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน น้ำมันที่เติมสารสกัดพืช 2 ชนิด คือ สารสกัดเชียงดา (*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne) และ สมุย (*Micromelum minutum* Wight & Arn) มีค่า CD, PV และ TBARS ต่ำกว่าน้ำมันปาล์มที่เติม BHT ($p<0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากพืชทั้ง 2 ชนิดสามารถใช้ทดแทนสารกันหืนสังเคราะห์ในน้ำมันได้

คำสำคัญ: พืชท้องถิ่น สารกันหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Anti-rancidity Capacity of Local Edible Plant Extracts in vegetable oils
Researcher: Ms.Varipat Areekul and Ms.Yupa Kaewdana
Faculty: Agro-Industry
Department: -

ABSRACT

Effect of anti-rancidity of ethanolic crude extracts from fifteen local edible plants were evaluated in palm oil containing 5 ppm ferric ion. Each plant extract was added into oil sample to obtain the concentration of 350 ppm and stored at 40°C for 28 days. The anti-rancidity was evaluated using Conjugated diene hydroperoxides (CD), Peroxide value (PV) and Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). After adding the plant extracts (day 0), some samples had statistically higher in initial CD, PV or TBARS ($p>0.05$). After incubation, the increases in CD, PV and TBARS were significantly observed in all samples including control and oil sample with BHT 200 ppm. In addition, the oil samples with different plant extracts showed different results either inhibit or activate the lipid oxidation. Oil samples with 2 plant extracts, *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne and *Micromelum minutum* Wight & Arn showed lower values of CD, PV or TBARS compared to oil sample with BHT ($p<0.05$). These results suggest that both plants are a promising source for supplement synthetic antioxidant in oil.

Keywords: Local plant, Anti-rancidity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างพืชพื้นบ้านสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.สุธรรม อารีกุล และคณะ ที่กรุณาคัดเลือกและทำการตรวจสอบลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตัวอย่างพืชทั้งหมด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้านระหว่างการทำงานวิจัย

นางสาววริพัสย์ อารีกุล
นางสาวยุพา แก้วดานา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง V

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 น้ำมันพืช 3

2.2 การเสื่อมเสียของน้ำมัน 4

2.3 วัตถุกันหืน 5

2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันระหว่างการทอด 6

2.5 วิธีวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัน 7

2.6 การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันพืช 8

2.7 พืชท้องถิ่นและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน 9

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16

3.1 วัตถุดิบ 16

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 17

3.3 สถานที่ดำเนินงาน 17

3.4 วิธีการทดลอง 17

บทที่ 4 ผลการวิจัย 22

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากพืชในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช 22

4.2 ผลการศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช 28

4.3 ศึกษาความเสถียรของน้ำมันทอดซ้ำ 61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 69

5.1 สรุปผลการทดลอง 69

บรรณานุกรม 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง 16

4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า CD, PV และ TBARS (วันที่ 20 – วันที่ 0) ของน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเติมสารพืชระหว่างการเก็บรักษา 23

4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า CD, PV และ TBARS (วันที่ 28 – วันที่ 0) ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชระหว่างการเก็บรักษา 25

4.3 ค่า PV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 30

4.4 ค่า TBARS ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 34

4.5 ค่า FFA ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 35

4.6 ค่าความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 36

4.7 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 37

4.8 ค่า CD ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 38

4.9 ค่า FFA ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 41

4.10 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 43

4.11 ค่า CD ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 45

4.12 ค่า PV ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 46

4.13 ค่า *p*-AV ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 47

4.14 ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 49

4.15 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 50

4.16 ค่าความคงตัวของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 51

4.17 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) น้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็มเมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.18 ค่า CD ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 54

4.19 ค่า *p*-AV ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 57

4.20 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 58

4.21 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 60

4.22 ค่า CD ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 61

4.23 ค่า PV ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 62

4.24 ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 63

4.25 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 63

4.26 ค่าความคงตัวของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 64

4.27 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ 65

4.28 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่1) 66

4.29 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่3) 67

4.30 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่5) 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

4.1 ค่า CD ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 28

4.2 ค่า *p*-AV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน 31

4.3 ค่า PV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 39

4.4 ค่า *p*-AV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 40

4.5 ค่า TBARS ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 40

4.6 ค่าความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 42

4.7 ค่า PVของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1บทนำ

น้ำมันพืช เป็นไขมันชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ น้ำมันพืชอาจทำจาก ถั่วเหลือง ปาล์ม ข้าวโพด รำ งา และเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น น้ำมันพืชมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ร่างกายสามารถดูดซึมและย่อยได้ง่าย รวมทั้งมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าไขมันจากสัตว์ อีกทั้งยังไม่มีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบ (www.dit.go.th/contentdetail.asp?typeid=11&catid=102& ID=91, 2553)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว หรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในอาหารประเภทไขมันและน้ำมัน เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ มีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และอาจก่อให้เกิดอันตรายในการบริโภค (นิธิยา, 2549) น้ำมันพืชส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย การป้องกันไม่ให้เกิดการหืนของน้ำมันสามารถทำได้โดยการใช้วัตถุกันหืน ที่มีทั้งสารจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ ได้แก่ เลซิทิน วิตามินอี บิวทิเลเตดไฮดรอกซี- อะนิโซล (Butylated hydroxyl anisol, BHA) บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxyl- toluene, BHT) (นิธิยา, 2549) แต่การบริโภคสารสังเคราะห์เหล่านี้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ (Moure และคณะ, 2001)

แนวโน้มของผู้บริโภคในปัจจุบันต้องการลดปริมาณการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ การทดลองนี้จึงมุ่งให้ความสนใจในการศึกษาการใช้วัตถุกันหืนจากธรรมชาติที่สกัดจากพืชท้องถิ่น โดยทดสอบความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสารกันหืนตามธรรมชาติในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์ม อันเป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้สารกันหืนสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชให้คุ้มค่า และอาจทำให้เกิดพืชเศรษฐกิจใหม่ๆ ที่สามารถส่งเสริมการเพาะปลูก ทำให้เกิดรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากพืชท้องถิ่นชนิดต่างๆ ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์ม

1.2.2 ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชที่คัดเลือก

1.2.3 ศึกษาความเสถียรของน้ำมันปาล์มทอดซ้ำที่เติมสารสกัดจากพืชที่คัดเลือก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การทดลองนี้ มุ่งเน้นในการวิจัยสารสกัดจากพืชท้องถิ่นและพืชป่าที่เป็นพืชอาหาร ที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ ของพืชทั้งหมด 15 ชนิด เพื่อประเมินความสามารถของพืชในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์ม ด้วยวิธี Conjugated diene hydro-peroxides (CD) และ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) แล้วคัดเลือกสารสกัดพืชมา 4 ทรีทเมนต์ ที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันทั้ง 2 ชนิด มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่วนที่สอง เก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิห้อง ภายหลังการให้ความร้อน แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยวิธี CD, TBARS, Free fatty acid content (FFA), Peroxide value (PV) และ

p-Anisidine value (*p*-AV) รวมทั้งวิเคราะห์ค่าความคงตัวต่อการออกซิเดชัน (oil stability index: OSI) และการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยทดลองเปรียบเทียบกับน้ำมันควบคุมและที่เติม BHT

จากนั้นคัดเลือกสารสกัดจากพืช 2 ทรีตเมนต์ มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบโดยใช้ข้าวเกรียบกุ้ง และศึกษาความเสถียรของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชด้วยการทอดซ้ำ โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากน้ำมันควบคุมและที่เติม BHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมันพืช

น้ำมันพืช มีองค์ประกอบหลักเป็นไตรแอซิลกลีเซอรอล โดยโครงสร้างประกอบด้วยกลี-เซอรอลจับกับกรดไขมันด้วยพันธะเอสเทอร์ เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย ซึ่งความต้องการบริโภคน้ำมันและไขมันพืชนั้นสูงขึ้นมาก เนื่องจากประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณสูงรวมถึงการหลีกเลี่ยงการบริโภคไขมันและน้ำมันจากสัตว์ (ศิวาพร, 2546)

2.1.1 น้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตและบริโภคสูงสุดในโลก คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันพืชทั้งหมด (ธีระ และคณะ, 2546) ได้จากการสกัดเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* (L) Merr) น้ำมันชนิดนี้เป็นน้ำมันพืชที่นิยมใช้ปรุงอาหาร ทำน้ำมันสลัด และเนยเทียม (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) น้ำมันถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงถึง 86-88 เปอร์เซ็นต์ เช่น กรดโอเลอิค 30-35 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิค 45-55 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลนิค 5-10 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเป็นตัวทำละลายและช่วยในการดูดซึมวิตามินบางชนิด อีกทั้งยังช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล (ธารดาว, 2546) อย่างไรก็ตาม กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงนี้จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย และทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติของน้ำมัน ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงนิยมเติมสารกันหืน เช่น BHA, BHT และ propyl gallate
(ศิวาพร, 2546)

2.1.2 น้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ผลิตและบริโภคเป็นอันดับสองของโลก คิดเป็น 27 เปอร์เซ็นต์รองจากน้ำมันถั่วเหลือง (ธีระและคณะ, 2546) ได้จากการสกัดผลปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq) ในส่วนของชั้นเปลือก (mesocarp) และส่วนชั้นเนื้อในเมล็ด (kernel) (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) น้ำมันจากส่วนเปลือกจะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันจากเนื้อใน น้ำมันจากส่วนนี้มีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 48 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยกรดโอเลอิค 39 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิค 9 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลนิคเล็กน้อย จึงมักนำไปใช้ในการทำน้ำมันพืชและเนยเทียม ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดซึ่งมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูง ได้แก่ กรดลอลิค ซึ่งกรดลอลิคนี้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันจากเนื้อในไม่มีสี อาจมีสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน สามารถนำไปใช้ในการทำไอศกรีม รวมถึงสบู่และมายองเนส (ฉกรรจ์, 2551 และ พรชัย, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเสื่อมเสียของน้ำมัน

การเสื่อมเสียของน้ำมัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 การเสื่อมเสียจากเอนไซม์

การเสื่อมเสียจากเอนไซม์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

2.2.1.1 ลิโพไลซิส (lipolysis) หรือ lipolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้นจากการย่อยของเอนไซม์ไลเพส ที่ตำแหน่งพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเกิดเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล (นิธิยา, 2548) ปฏิกิริยานี้มักพบในน้ำมันมะพร้าว หรือ lauric fat รวมทั้งไขมันในผลิตภัณฑ์นม ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในปริมาณที่สูงกว่าปกติและส่งผลตอกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546)

2.2.1.2 Ketonic rancidity เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ด้วยเอนไซม์ (enzymatic oxidation) ได้เป็นสารประกอบประเภทคีโตน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2548)

2.2.2 การเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่พบบ่อยที่สุดในอาหารประเภทน้ำมันและไขมัน รวมถึงอาหารที่มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ (ศิวาพร, 2546) การออกซิเดชันของน้ำมันเป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระ หรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ไขมันหรืออาหารที่มีไขมัน ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) มีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และอาจก่อให้เกิดอันตรายในการบริโภค โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ กรดไขมันอิสระ ความเข้มข้นของออกซิเจน อุณหภูมิ พื้นที่ผิวสัมผัส ความชื้น วัตถุที่เป็นโปรออก-ซิแดนท์ (prooxidant) แสงและรังสีต่างๆ รวมถึงสารต้านออกซิเดชัน อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระอย่างต่อเนื่อง (ศศิเกษม และ พรรณี, 2530) ซึ่งกลไกที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (Shahidi และ Wanasundara, 2008) ดังนี้

1). ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น (Initiation)

ขั้นตอนนี้เป็นการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical, R°) โดยโมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่ allytic methylene group (RH) หรือ ลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (lipohydroperoxide, ROOH) เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมตรงตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เกิดเป็น อนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) และอนุมูลไฮโดรเจน (H°) (สมการ 1) โดยอาจมีความร้อน แสง และโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Larson, 1993)

$$RH \longrightarrow R^{\circ} + H^{\circ} \quad (1)$$

$$ROOH \longrightarrow RO^{\circ} + HO^{\circ} \quad (2)$$

$$2ROOH \longrightarrow RO^{\circ} + ROO^{\circ} + H_2O \quad (3)$$

นอกจากนี้ยังพบ ปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนซิงเลท หรือการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ในกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดสารประกอบลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) อย่างไรก็ตามพันธะ O-O ในโมเลกุลของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เป็นพันธะที่อ่อนและแตกตัวได้ง่าย เกิดเป็นอนุมูลอัลโคซี (alkoxy radicals, RO°) และอนุมูลไฮดรอกซิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(hydroxyl radical, OH°) (สมการ 2) หรืออาจแตกตัวออกเป็น การสลายตัวของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ 2 โมเลกุล เกิดเป็นอนุมูลอัลโคซี อนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical, ROO°) และน้ำ (สมการ 3)

$$RH \longrightarrow R^{\circ} + H^{\circ} \quad (1)$$

$$ROOH \longrightarrow RO^{\circ} + HO^{\circ} \quad (2)$$

$$2ROOH \longrightarrow RO^{\circ} + ROO^{\circ} + H_2O \quad (3)$$

2). ปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวน (propagation)

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ(R°) ที่ไม่เสถียรและไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยา กับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี (สมการ4) ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกซีจะมีความไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยาสูง และเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่น ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) (สมการ 5) ซึ่งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ สามารถแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระได้อีก หากมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง หรือความร้อน หรือโลหะ เป็นต้น โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดต่อเนื่องแบบเดิมไปเรื่อยๆแบบลูกโซ่

$$R^{\circ} + 3O_2 \longrightarrow ROO^{\circ} \quad (4)$$

$$ROO^{\circ} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\circ} \quad (5)$$

3). ขั้นยุติ (Termination) เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้เกิดสารที่ไม่เป็นอนุมูล

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้สารประกอบที่เกิดขึ้นมีความเสถียรและไม่มีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ (non-radical) โดยอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่ เกิดการรวมตัวกัน เกิดเป็นสารที่มีความคงตัว (สมการ 6-8) สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ รวมถึงสารประกอบพวกกรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ และคีโตน ที่เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่าย และทำให้อาหารมีกลิ่นเหม็นหืน (Hudson, 1990) สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไปและทำให้ ปฏิกิริยาสิ้นสุดลง

$$R^{\circ} + R^{\circ} \longrightarrow R\text{-}R \quad (6)$$

$$R^{\circ} + ROO^{\circ} \longrightarrow ROOR \quad (7)$$

$$ROO^{\circ} + ROO^{\circ} \longrightarrow ROOR + O_2 \quad (8)$$

2.3 วัตถุกันหืน

วัตถุกันหืน เป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของไขมันในอาหารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวัตถุกันหืนจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ส่งผลให้หยุดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่ (ศิวาพร, 2546) คุณสมบัติของวัตถุหันหืนที่ดีนั้น ควรใช้ในปริมาณต่ำ ไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภค ใช้สะดวก ละลายได้ดี คงทนต่อสภาวะการแปรรูป รวมถึงไม่ก่อให้เกิดลักษณะอันไม่ปรารถนาในผลิตภัณฑ์นั้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) วัตถุกันหืนสามารถแบ่งออกเป็น

2.3.1 วัตถุกันหืนสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุกันหืนสังเคราะห์ที่นิยม และอนุญาตให้เติมลงในอาหาร ได้แก่ propyl gallate, BHA และ BHT เป็นต้น

วัตถุกันหืนสังเคราะห์แต่ละชนิดมีความสามารถในการกันหืนในน้ำมันได้แตกต่างกัน Augustin และ Berry (1983) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ BHT, TBHQ, propyl gallate, dilaurylthiodipropionate (DLTDP) และ trihydroxybutyrophenone (THBP) โดยเติมลงในน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสีและขจัดกลิ่น (refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein) ที่ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม พบว่า TBHQ มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด ในขณะที่ BHA มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยที่สุด

อย่างไรก็ตาม การใช้สารกันหืนในปริมาณที่มากเกินไป อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภคได้ โดยการศึกษาพิษวิทยาในหนู พบว่า การผสม BHA ในอาหารเข้มข้นร้อยละ 0.25 ทำให้เนื้อเยื่อของหนูทดลองเจริญผิดปกติ และเมื่อผสม BHA ในอาหารเข้มข้นร้อยละ 0.5 ส่งผลให้หนูเป็นเนื้องอกในช่องท้อง (Tomano และคณะ, 1998 และ Iverson, 1999 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2546) สอดคล้องกับ การทดสอบความเป็นพิษของ BHA และ BHT เปรียบเทียบกับวัตถุกันหืนธรรมชาติ วิตามินอี พบว่า การใช้ BHA, BHT และวิตามินอีในปริมาณสูงเป็นสาเหตุให้เกิดเนื้องอกในหนูทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบวัตถุกันหืนทั้งสามชนิด พบว่า การใช้วิตามินอีมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้ BHA และ BHT (Kahl และ Kappus, 1993 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2546)

2.3.2 วัตถุกันหืนจากธรรมชาติ

วัตถุกันหืนที่ได้จากธรรมชาติมักอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล เช่น โทโคเฟอรอล ฟลาโวนส์ คาเทชิน และเลซิทิน สารกลุ่มนี้มักพบอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เครื่องเทศต่างๆ ชา กาแฟ รวมถึงในเมล็ดพืชน้ำมัน โดยวัตถุกันหืนที่ได้จากธรรมชาติที่นิยมใช้ ได้แก่
Resin guaiac เป็นยางไม้ชนิดหนึ่งอาจเรียกว่า gum guaicol ซึ่งมีการนำมาใช้ในการกันหืนน้ำมันจากสัตว์ แต่ gum guaicol เป็นวัตถุที่ไม่ทนความร้อนและมีราคาแพง โทโคเฟอรอล ลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาล อาจทำให้ตกผลึกได้ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ เมื่ออยู่ในรูปบริสุทธิ์จะไม่มีสีและกลิ่น ละลายได้ในน้ำมันชนิดที่พบตามธรรมชาติซึ่งแบ่งตามลักษณะทางเคมีมี 4 ลักษณะ คือ α-โทโค-เฟอรอล β- โทโคเฟอรอล γ-โทโคเฟอรอล และ δ-โทโคเฟอรอล โดย α-โทโคเฟอรอล พบมากที่สุดในจมูกข้าวสาลี และยังพบว่า γ- โทโคเฟอรอล มีคุณสมบัติที่เรียกว่า carry through ในน้ำมันหมู เลซิทิน เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันหืนและอิมัลซิไฟเออร์ พบในไข่แดงและถั่วเหลือง สารจากธรรมชาติชนิดอื่นๆ ที่ศึกษาแล้วว่ามีสมบัติในการกันหืนได้แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ พวกฟลาวานอล เช่น querciti และ dehydroquercitin รวมถึงสารที่พบในพืชบางชนิด เช่น sesamol ในงา (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546)

2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันระหว่างการทอด (นิธิยา, 2548)

ในระหว่างที่น้ำมันได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับโมเลกุลของไตรเอซิล-กลีเซอรอล ทำให้เกิดการสลายตัวที่มีความซับซ้อน เนื่องจาก Thermolytic และ Oxidative reaction ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ เมื่อน้ำมันผ่านความร้อนสูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ และลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ น้ำมันมีสีคล้ำมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น จุดติดควัน (smoke point) ลดลง และเกิดฟองมากขึ้น

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำมันได้รับความร้อน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 น้ำมันถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระโมโน และไดเอซิลกลีเซอรอล

2.4.2 น้ำมันถูกออกซิไดส์ ได้เป็นสารประกอบชนิดใหม่

น้ำมันถูกออกซิไดส์ ได้เป็นสารประกอบชนิดใหม่ ได้แก่ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) อีพอกไซด์ (epoxide) ไฮดรอกไซด์ (hydroxide) คีโตนและ conjugated dienoic acid ซึ่งสารประกอบเหล่านี้อาจเกิด fission ได้เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง หรืออาจรวมตัวกัน (cross-link) ทำให้เกิดเป็นไดเมอร์ (dimeric) และพอลิเมอร์ (polimeric triacylglycerols)

2.4.3 น้ำมันสามารถเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอน

ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งถ้าเกิดขึ้นภายในโมเลกุลของกรดไขมันเดียวกันจะทำให้เกิดวงแหวน (cyclic fatty acid) แต่ถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนจากกรดไขมันต่างชนิดกันจะทำให้เกิดไดเมอร์ หรืออาจจะเกิดขึ้นได้ระหว่างกรดไขมันที่อยู่ในโมลกุลของไตรกลีเซอไรด์เดียวกันหรือต่างกัน ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

2.5 วิธีวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัน

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันสามารถทำได้ ดังนี้

2.5.1. การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA) หรือ Acid value (A.V.)

Acid value ของน้ำมันคือ ปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม มีค่าพีเอชเป็นกลาง ซึ่งค่าที่ได้บ่งชี้ว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในน้ำมันถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า Acid value สูงแสดงถึงโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก หรือเกิด hydrolytic rancidity เกิดขึ้นในน้ำมันนั้น (นิธิยา, 2548)

2.5.2 การวิเคราะห์สารที่เกิดขึ้นในขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน จะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ขึ้น ซึ่งการประเมินหาปริมาณเปอร์ออกไซด์อาจวิเคราะห์โดยวิธี CD และ PV (Pegg, 2002)

2.5.3 การวิเคราะห์สารที่เกิดขึ้นในขั้นที่สองของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เนื่องจากไฮโดรเพอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่คงตัวจึงเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง โดยการสลายตัวหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นทำให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ (นิธิยา, 2548) ที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และกรด ทำให้เกิดกลิ่นหืนที่ไม่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบหาปริมาณสารที่ได้ปฏิกิริยาต่อเนื่องจากเพอร์ออกไซด์ซึ่งส่วนใหญ่ คือ แอลดีไฮด์ ซึ่งการประเมินหาปริมาณแอลดีไฮด์อาจหาโดยวิธีหาค่า *p*-AV หรือหาค่า TBARS (Kiokias และคณะ, 2010)

2.5.4 การวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน

เป็นการทดสอบความไวของน้ำมันต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้เร่งให้เกิดเร็วขึ้นได้ เมื่อลิปิดได้รับความร้อน ออกซิเจน แสง และโลหะคะตะลิสต์บางชนิด นอกจากนี้ยังใช้ทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชัน การทดสอบนี้จะทำให้ทราบว่า น้ำมันสามารถเก็บไว้ได้นานเท่าไรจึงจะเริ่มเกิดออกซิเดชัน หรือ oxidative rancidity โดยในอดีตจะปั๊มอากาศผ่านเข้าไปในน้ำมันพร้อมทั้งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส แล้วตรวจสอบการหืนที่เกิดขึ้นโดยการดมกลิ่น หรือวัดค่าเพอร์ออกไซด์เป็นระยะๆ และบันทึกระยะเวลาที่ทำให้เกิดการหืน แต่ปัจจุบันมีเครื่อง Rancimat สำหรับวัดความคงตัวของน้ำมันต่อการเกิดออกซิเดชัน (นิธิยา,2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันพืช

2.6.1 การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันถั่วเหลือง

พิชญอร และสุพรรณ (2545) ได้ศึกษาความสามารถในการเป็นแอนติออกซิแดนท์ของสารสกัดจากติ้วขาวที่สกัดด้วยเอทธานอล ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ทำให้บริสุทธิ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการ strip เปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลและ BHT พบว่า ค่า PV, TBARS และ oxidative stability index (OSI) ของน้ำมันที่เติมสารสกัดจากติ้วขาว มีค่าต่ำกว่าน้ำมันชุดควบคุมและน้ำมันที่เติมแอลฟา-โทโคเฟอรอล แต่มีค่ามากกว่าน้ำมันที่เติม BHT ทั้งในน้ำมันที่ไม่ผ่านและผ่านการ strip นอกจากนี้ค่า PV, TBARS และ OSI ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการ strip มีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าในน้ำมันที่ผ่านการ strip ต่อมา ณัฏฐินี (2546) ได้ศึกษาผลของการเติมสารสกัดแห้งของเปลือกมันฝรั่ง ที่สกัดโดยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ลงในน้ำมันถั่วเหลืองและเก็บที่อุณหภูมิ 63 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดแห้งของเปลือกมันฝรั่งที่สกัดโดยเอธานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่เติม BHT และBHA แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าน้ำมันถั่งเหลืองที่เติม TBHQ และ propyl gallate ซึ่งก่อนหน้านี้ Zia-ur-Rehman และคณะ (2003) ได้ศึกษาผลของการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่ง โดยพบว่าเมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในน้ำมันถั่วเหลือง สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ใกล้เคียงกับน้ำมันถั่วเหลืองที่เติม BHT และ BHT

2.6.2 การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ นิอร (2553) ได้ทดสอบความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันทานตะวันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์และน้ำมันทานตะวันสกัดเย็น เมื่อเติมสารสกัดจากกากงาเปรียบเทียบกับการใช้สารออกซิเดชันสังเคราะห์โดยวิเคราะห์ค่าความคงตัวต่อการออกซิเดชัน (oil stability index: OSI) พบว่า การเติมสารสกัดจากกากงาขาวเข้มข้น 10 และ 50 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากกากงาดำเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีความคงตัวต่อออกซิเดชันเทียบเท่ากับน้ำมันถั่วเหลืองที่เติม BHT และ BHA ที่ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม สำหรับน้ำมันทานตะวันผ่านการทำให้บริสุทธิ์ที่เติมสารสกัดกากงาขาวและงาดำที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ให้ความคงตัวต่อออกซิเดชันเทียบเท่ากับ BHT และ BHA ที่ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม ส่วนในน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันสกัดเย็นจากกากงาทั้ง 2 ชนิดให้ความคงตัวน้อยกว่า BHT และ BHA

สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศ Suja และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากกากงาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันดอกคำฝอย ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่า สารสกัดจากงาสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าน้ำมันพืชที่เติม BHT ต่อมา Shyamala และคณะ (2005) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจาก กะหล่ำปลี ผักชี ผักเป็ด และป่วย-เล้ง ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วลิสง โดยการเติมใบพืชแห้ง 2 เปอร์เซ็นต์ในน้ำมันแล้วให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำให้เย็น เก็บไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าในสัปดาห์แรก น้ำมันที่เติมพืชแห้งมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติม BHA 0.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่เติมพืชแห้งทั้ง 4 ชนิด มีค่าลดลงและต่ำกว่าค่าเปอร์-ออกไซด์ของตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติม BHA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pan และคณะ (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจาก *Cortex fraxini* ในน้ำมันถั่วลิสง โดยพบว่าสารสกัดจาก *C. fraxini* 0.01, 0.02, 0.05 และ 0.08 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำมัน สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เทียบเท่ากับน้ำมันถั่วลิสงที่เติม BHT ที่ความเข้มข้นเดียวกัน จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี TBARS ในปีเดียวกัน Pan และคณะ (2007) ได้ทดลองเติมสารสกัดจาก *Polygonum cuspidatum* 0.01, 0.02, 0.05 และ 0.08 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรในน้ำมันถั่วลิสงเช่นกัน พบว่า พืชชนิดนี้สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเทียบเท่ากับน้ำมันถั่วลิสงที่เติม BHT ที่ความเข้มข้นเดียวกัน

Bensmira และคณะ (2007) ได้ศึกษาความคงตัวของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยการเติมลาเว็นเดอร์ (Lavender) แห้ง 3 เปอร์เซ็นต์ลงในน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และไทม์ (Thyme) แห้ง 3 เปอร์เซ็นต์ลงน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิ 150, 180 และ 200 องศาเซลเซียส สามารถลดค่าเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์-ออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.6.3 การประยุกต์ใช้วัตถุกันหืนที่เป็นสารจากธรรมชาติในน้ำมันทอดซ้ำ

การทอดอาหารประเภทที่ต้องใช้น้ำมันมากๆ เรียกว่า deep-fat frying มักใช้ความร้อนสูงหรือใช้น้ำมันในการทอดซ้ำหลายๆครั้ง มีผลให้วิตามินอีที่มีอยู่ในน้ำมันตามธรรมชาติถูกทำลาย รวมถึงกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดส์ และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ได้ง่าย (นิธิยา, 2548) ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายท่านศึกษาผลของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันทอดซ้ำ Jamilah และคณะ (1998) พบว่าการเติมสารสกัดจากเปลือกมะกรูดในน้ำมันปาล์ม 2,000 พีพีเอ็ม แสดงสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดข้าวเกรียบปลาที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาติดต่อกัน 4 วัน ต่อมา Jaswir (2000) ได้ศึกษาการเติมสารผสมที่ได้จากสารสกัดโรสแมรี่ (rosemary) 0.059 เปอร์เซ็นต์, เสจ (sage) 0.063 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซิ-ตริก 0.028 เปอร์เซ็นต์ ในการยืดอายุของน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทอดมันฝรั่งจำนวน 5 รอบ โดยการวิเคราะห์ค่า PV, *p*-AV, FFA, Iodine value และ Polymer content พบว่าค่าการวิเคราะห์ของตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสารผสมที่ได้จากสารสกัดโรสแมรี่ (rosemary), เสท (sage) และกรดซิตริก มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม และผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคดีกว่าตัวอย่างควบคุม

2.7 พืชท้องถิ่นและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

พืชท้องถิ่นหรือพรรณไม้พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวบ้านนำมาบริโภค เป็นพืชเกิดในแหล่งธรรมชาติตามป่าเขา ป่าละเมาะ ป่าแพะ หนองบึง ริมน้ำ หรือชาวบ้านนำมาปลูกไว้เพื่อสะดวก ในการเก็บบริโภค พืชพื้นบ้านมีชื่อเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น และนำไปประกอบเป็นอาหารพื้นเมืองตามกรรมวิธีเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น นอกจากนี้พืชพื้นบ้านเองยังถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นยารักษาโรค เครื่องใช้ไม้สอย เครื่องแต่งกาย และทางเศรษฐกิจอีกด้วย สำหรับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชื่อและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ รวมถึงสรรพคุณและการใช้ประโยชน์ของพืชพื้นบ้าน ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

2.7.1 ผักปลัง (*Basella alba* L. วงศ์ BASELLACEAE)

ชาวเขาและชาวบ้านพื้นล่างใช้ยอดและใบอ่อนกินเป็นผักสด หรือใช้ใบอ่อนและดอกใส่แกงต่างๆ รวมถึงใช้เป็นยากลางบ้านแก้ผื่นคัน กลากเกลื้อน ฝีอักเสบ โรคเรื้อน หรือใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ชาวเขาเผ่าม้งใช้ยอดต้มกินกับไก่เพื่อเป็นยาบำรุงกำลัง เผ่าอีก้อและไทยใหญ่ใช้ใบรักษาแผลสด หรือคั้นน้ำทาแก้ปวดเมื่อย (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ผักปลังยังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Yen และคณะ, 2001; Nakahara และคณะ, 2002) ต้านการอักเสบ และต้านโรคมะเร็งได้อีกด้วย (Siriwatanametanon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคณะ, 2010) สำหรับประเทศอื่นๆ ใช้ผักปลังกินเป็นผักสดและปรุงอาหารต่างๆ (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของใบผักปลัง ได้แก่ กรดอะมิโน กลูแคน (glucan) มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) เบต้าแคโรทีน และกรดอินทรีย์อื่นๆ อีกทั้งยังประกอบด้วยซาโปนิน (saponin) และมิวซิเลจ (mucilage) (เปล่งศักดิ์ , 2543) นอกจากนี้ Lakshminarayana และคณะ (2007) ยังพบลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) ในปริมาณ113.82 และ 1.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ สำหรับคุณค่าทางอาหาร พบว่าผักปลัง 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 21 กิโลแคลอรี่ ประกอบด้วยเส้นใย 0.8 กรัม แคลเซียม 4 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม เหล็ก 1.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 9316 IU วิตามินบีหนึ่ง 0.07 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.20 มิลลิกรัม ไนอะซิน 1.1 มิลลิกรัม วิตามินซี 26 มิลลิกรัม (เปล่งศักดิ์ , 2543)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของผักปลัง โดย Maisuthisakul และคณะ (2007) รายงานว่า ผักปลังมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH แสดงในรูปค่า EC_{50} เท่ากับ 1.48 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 15.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 6.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทินต่อกรัม (น้ำหนัก)

2.7.2 เมี่ยงป่า (*Camellia sinensis* (L.)Kuntze var. *assamica* (J.Masters) Kitam วงศ์ THEACAE)

โดยทั่วไป นิยมใช้ใบตากแห้งสำหรับชงดื่มเป็นชา หรือนึ่งใบเพื่อใช้เคี้ยวกินเล่นแทนหมากหรือแก้กระหายน้ำ แก้ง่วงนอน ทำให้ชุ่มคอ กระตุ้นหัวใจ ทำให้หัวใจชุ่มชื่น แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย และใช้เป็นยาแก้ท้องร่วงและขับปัสสาวะ นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาพื้นบ้าน โดยใช้ใบสดเป็นยาสมานแผล กากใบใช้พอกแผลจากน้ำร้อนลวก หรือไฟไหม้ ส่วนเมล็ดใช้เป็นยาสระผมเพื่อกำจัดเหา (สุธรรม และคณะ, 2552 ก)

ใบเมี่ยงป่าที่ใช้ทำชาเขียว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 163.33 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Aqil และคณะ, 2006) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญ คือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ ฟลาวานอล (คาทิชิน อิพิคาทิชิน (epicatechin) อิพิแกลเลท (epigallate) อิพิแกลโลคาทิชิน (epigallocatechin) และอิพิคาทิชินแกลเลท (epicatechin gallate)) ฟลาโวนอล (เคมเฟอรอล (kaempferol)) เควอซีทินไกลโคไซด์ (quercetin glycoside) และโปรแอนโธไซยานิน (Lin และคณะ, 2003; Cai และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของเมี่ยงป่านั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับชา

Katsube และคณะ (2004) รายงานว่า ชาเขียวจากเมี่ยงป่ามีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 194.6 ไมโครโมลาร์สมมูลย์ของอิพิแกลโลคาทิชินแกลเลท (epigallocatechin gallate, EGCG) ต่อกรัม นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการ ต้านออกซิเดชันของไขมันชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein, LDL) ได้ดีอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 191.4 ไมโครโมลาร์สมมูลย์ของ EGCG ต่อกรัม นอกจากนี้ยังนำการใช้ ชาเขียวจากใบเมี่ยงเป็นส่วนผสมในอาหารไก่ พบว่า เนื้อไก่ที่ประกอบด้วยคาทิชินช่วยทำให้ อัลฟา-โทโคฟีรอลมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาอกไก่แช่เยือกแข็ง (Tang และคณะ, 2002) หรือใช้ใบชาเขียวบดแห้งต้มกับน้ำร้อนในการล้างผักกาดหอม เพื่อป้องกันการสูญเสียวิตามินซีและแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาผักกาดหอมที่อุณหภูมิ 20 และ 50 องศาเซลเซียส (Martin-Diana และคณะ, 2008) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ก่อข้าว (*Castanopsis inermis* (Lind .ex Wall.) Benth. & Hook. f. วงศ์ FAGACEAE)

ชาวเขาทุกเผ่าใช้ยอดอ่อนกินเป็นผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ หรือนำยอดไปตากแห้งเพื่อใช้ชงดื่มแทนชา ส่วนผลสามารถกินดิบหรือคั่วกิน (สุธรรม และคณะ, 2552ก) กลุ่มสารสำคัญที่พบในก่อข้าว ได้แก่ สารในกลุ่มอัลคาลอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.7.4 ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum Cochinchinense* (Lour.) Blume วงศ์ CLUSIACEAE)

โดยทั่วไปยอดอ่อนและใบอ่อนใช้กินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ หรือใช้เป็น ยาแก้ไข้ แก้ไอ แก้ท้องร่วง แก้ผื่นคัน แผลพุพอง และปวดช่องท้อง (Vo, 1997; Mahabusarakum และคณะ, 2006) ชาวเขาเผ่ามูเซอใช้ต้มรากใช้ดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย แก้ภาวะ โลหิตจาง เลือดลมเดินไม่สะดวก หรือบดผสมน้ำมันมะพร้าว แก้โรคผิวหนัง ยางจากเปลือก ใช้บรรเทาโรคหิด ส่วนเปลือกใช้เป็นสีย้อมผ้า และลำต้นใช้ในการก่อสร้าง (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

สารสำคัญที่พบในเปลือกและลำต้นของติ้วเกลี้ยง ได้แก่ แซนโทน (xanthones) ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) (Nguyen และ Harrison, 1998) นอกจากนี้ยังพบไธโอแซนโทน (thioxanthones) และอะคริโดเนส (acridones) (Zhao และ Larock, 2006) ต่อมา Udomchotpruet และคณะ (2010) รายงานว่า แซนโทนพบในติ้วเกลี้ยงสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดย cudratricusxanthone E มีค่า IC_{50} สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 179.7 ไมโครโมลาร์ รองลงมาได้แก่ cochinchinone B (108.2 ไมโครโมลาร์), cratoxylumxanthone D (108.1ไมโครโมลาร์) และ cratoxylumxanthone C (30.0 ไมโครโมลาร์) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.7.5 ผักแปม (*Eleutherococcus trifoliatum* (L.) S.Y. Hu. วงศ์ ARALIACEAE)

ผักแปมเป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้บำรุงร่างกายเช่นเดียวกันกับโสม (ปองทิพย์ และศิริเพ็ญ, 2551) โดยทั่วไปใช้ยอดและใบอ่อนกินเป็นผักสด ผักจิ้ม หรือปรุงใส่แกง ใช้เป็นยากลางบ้านโดยใช้แก้ลมชัก ใบและยอดอ่อนใช้รักษาวัณโรค โรคเลือดออกง่ายในปอด และเป็นยาบำรุง ลำต้นและเปลือกใช้แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ รักษาอาการซีดผอมและโรคประสาท (Kiem และคณะ, 2004; Perry, 1981)

สารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในส่วนยอดและใบอ่อนแห้งของผักแปม 100 กรัม ได้แก่ เบต้าแคโรทีน 2.55 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 3.18 มิลลิกรัม วิตามินซี 5.33 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0055 มิลลิกรัม แทนนิน 57.25 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 274.83 มิลลิกรัม และมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ เท่ากับ 6.28 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ Sithisarn และคณะ (2008) รายงานว่า ยอดอ่อนของผักแปมที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 100.81 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในสมองหนูทดลอง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 23.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.7.6 มันปลา (*Glochidion sphaerogynum* (MÜll Arg.) Kurz. วงศ์ EUPHOBIACEAE)

ชาวบ้านพื้นล่างและชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ใบอ่อนและยอดอ่อนกินเป็นอาหารประเภทผักหรือใส่แกง เนื้อไม้ใช้ทำฟืน ส่วนจีนฮ่อและม้งใช้เปลือกลำต้นต้มน้ำอมแก้ปวดฟัน (สุธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคณะ, 2552ข) กลุ่มสารสำคัญที่พบในผักมันปลา ได้แก่ สารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) อย่างไร ก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.7.7 เชียงดา (*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne วงศ์ ASCLEPIADACEAE)

โดยทั่วไปใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนกินเป็นผักจิ้มหรือผสมกับผักอื่นใส่แกง มังใช้ใบคั้นน้ำทาหรือต้มอาบแก้อาการบวม หรือแผลพุพองตามร่างกาย (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ผักเชียงดายังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Nakahara และคณะ, 2002) อีกทั้งยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Tachakittirungrod และคณะ, 2007)

องค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชันในใบเชียงดาแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามินซี 19.3 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.03 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 1.31 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 1.07 มิลลิกรัม แทนนิน 11.1 มิลลิกรัม และสารประกอบฟีนอลิก 188 มิลลิกรัม โดยมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ เท่ากับ 14.8 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) สอดคล้องกับ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงานว่า สารสกัดเชียงดามีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β–carotene bleaching นอกจากนี้ Tangkanakul และคณะ (2005) พบว่า ผักเชียงดาที่สกัดด้วยเอทานอลหรือน้ำสามารถเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดีในแบบจำลองอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำอีกด้วย

ส่วนฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่า สารสกัดจากใบเชียงดามีฤทธิ์ในการกดระบบการ หดตัวและลดปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งนำโดยสารละลาย K+ ที่เข้มข้นสูงในกล้ามเนื้อของ ลำไส้เล็กส่วนปลาย รวมทั้งลดระดับของกลูโคสในเลือด ซึ่งสารกลุ่มซาโปนินที่สกัดได้จาก พืชชนิดนี้สามารถยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในลำไส้ และต้านการเพิ่มของกลูโคสในเลือดของหนูทดลองได้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.7.8 ผักไผ่ (*Persicaria odorata* (Lour.) Sojak. วงศ์ POLYGONACEAE)

ผักไผ่ใช้ยอดอ่อน กิ่งหรือลำต้นและใบกินเป็นอาหารประเภทผักสด ผักจิ้ม กินกับน้ำพริกชนิดต่างๆ หรือเป็นผักข้างเคียงกินกับยำ ลาบ ตลอดจนปรุงใส่แกงเป็นเครื่องเทศ ในด้านการใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้แก้กลากเกลื้อน แผลเปื่อย แก้ผื่นคัน หรือใช้เป็นยาขับลมในกระเพาะอาหาร บรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับปัสสาวะ และช่วยให้เจริญอาหาร(สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ผักไผ่ยังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Nakahara และคณะ, 2002)

ผักไผ่มีกลิ่นและรสเฉพาะ เมื่อต้มให้สุกหรือถูกความร้อนนานๆ จะทำให้กลิ่นรสนั้นหายไป ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบ มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มอัลเคน (alkane) อัลดีไฮด์ โดยองค์ประกอบทางเคมีในผักไผ่แห้ง 100 กรัม ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน 2.55 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 2.12 มิลลิกรัม วิตามินซี 15.85 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0085 มิลลิกรัม แทนนิน 17.68 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 329.0 มิลลิกรัม มีค่าดัชนี แอนติออกซิแดนท์ เท่ากับ 3.68 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ Nanasombat และ Teckchuen (2009) รายงานว่า ฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในผักไผ่ ประกอบด้วย รูทิน (rutin) คาทิชิน เควอซีทิน แคมเฟอรอล และไอโซแรมเนทิน (isorhamnetin) ส่วน Zheng และWang (2001) พบว่า ผักไผ่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) ได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทาง เภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ มีเพียงแต่ว่าพืชชนิดนี้ไม่มีสารในกลุ่ม drimane sesquiterpenoids ซึ่งพบในพืชสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Persicaria และ *Polygonum* หลายชนิด อันเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อราและต้านเนื้องอกบางชนิด (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.7.9 ทะโล้ (*Schima Wallichii* (DC.) *Korth* วงศ์ THEACEAE)

ส่วนใหญ่ใช้เป็นยากลางบ้าน โดยจีนฮ่อใช้ใบอ่อนตากแห้งชงแทนชา ทำให้ชุ่มคอและ แก้กระหายน้ำ กะเหรี่ยงใช้ยอดอ่อนแช่น้ำดื่มแก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกายเนื่องจากพิษไข้ และเปลือกลำต้นใช้เป็นยาแก้ไอ แก้ไข้ ส่วนปะหล่องใช้ยอดอ่อนคลุกเกลือกินแก้ปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย อีก้อ ม้งและเย้าใช้ลำต้นและใบบดอมหรือเคี้ยวกินแก้ปวดฟัน แก้แผลในปาก เหงือกเป็นหนอง ต้มน้ำดื่มแก้อาการปวดภายในร่างกาย แก้ท้องร่วง ท้องเดิน และม้ามโต ในหลายประเทศใช้ดอกเป็นยากลางบ้าน แก้ปัสสาวะผิดปกติ และมดลูกอักเสบ (สุธรรม และคณะ, 2552ค)

ทะโล้ประกอบด้วย ซาโปนิน และไตรเทอร์พีน-สเตียรอยด์ (Rahmani และคณะ, 1985) นอกจากนี้ นราพร (2552) รายงานการตรวจพบสารในกลุ่ม อัลคาลอยด์ประเภทที่มีขั้วสูง และกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในสารสกัดทะโล้ ซึ่งสารที่ตรวจพบเหล่านี้ทำให้ทะโล้มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ดังรายงานของ Kshirsagar และ Upadhyay (2009) ที่กล่าวไว้ว่า สารสกัดจากใบทะโล้และลำต้นมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 96.72 และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบการรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้

2.7.10 ราชาวดีป่า (*Buddieia asiatica* Lour วงศ์ BUDDLEJACEAE)

ราชาวดีป่า ใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้ทั้งต้นแก้โรคผิวหนัง ขับระดู และทำให้แท้ง ส่วนชาวเขาเผ่าต่างๆ เช่น ปะหล่อง กะเหรี่ยง ม้ง อีก้อ และมูเซอ ใช้ส่วนต่างๆของแก้โรคผิวหนัง ผดผื่นคัน แก้เชื้อราตามตัว นอกจากนี้ ในประเทศฟิลิปปินส์ และเวียดนาม ก็ใช้ราชาวดีป่าในการแก้โรคผิวหนังเช่นเดียวกัน ส่วนจีนใช้รากแห้งแก้โรคมาเลเรีย พม่าใช้ต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง (สุธรรม อารีกุล และคณะ, 2551ก)

Lemmens และ Bunyapraphatsara (2003) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบ มีฤทธิ์ ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคหลอดลมและปอด โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ β-caryophyllene eposide, citaonellol และ β-caryophyllene เป็นต้น

2.7.11 ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Pers. วงศ์ LAURACEAE)

ตะไคร้ต้นใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากแก้ขัดเบา แก้ปัสสาวะพิการ ขับลมในลำไส้ ส่วนชาวเขาทุกเผ่า ใช้ผลดิบเป็นเครื่องเทศ ดองน้ำปลา หรือ น้ำเกลือกินเป็นกับแกล้ม หรือ ใส่ในแกง จีนฮ่อใช้กิ่งต้มอาบและดื่มแก้โรคเกี่ยวกับมดลูก ในอินโดนีเซียใช้ผลดิบกินเป็นเครื่องเคียงและใช้แทนพริกหาง (*Piper cubeba*) เวียดนามใช้ดอกผสมในชาเพื่อให้มีกลิ่นหอม จีน ญี่ปุ่นและไต้หวันสกัดน้ำมันหอมระเหยมาใช้ทำน้ำหอมและเครื่องหอม (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

น้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ต้นมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นคล้ายส้มสด หรือมะนาวสด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิตรัล (citral) และพบลิโมนีน อัลฟา-ไพนีน (α-pinene) เบตา-ไพนีน (β -pinene) methyl-heptenone, linalool เป็นต้น (Oyen และ Dung, 1999)

Hwang และ คณะ (2005) รายงานว่า สารสกัดเมทานอลจากเปลือกของตะไคร้ต้น มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้สูงกว่ากรดแอสคอร์บิค และα-tocopherol อีกทั้งยังสามารถทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดี นอกจากนี้ สารสกัดจากเปลือกตะไคร้ต้นยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบอีกด้วย (Choi และ Hwang, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.12 ผักสมุย (*Micromelum minutum* Wight & Arn วงศ์ RUTACEAE)

โดยทั่วไป จะใช้ยอดอ่อน กินเป็นผักสดหรือเครื่องเคียง และสามารถใช้เป็นยากลางบ้านในการขับเลือดลม บำรุงธาตุ แก้หนองใน ส่วนชาวเขาโดยทั่วไปใช้ยอดอ่อนและใบอ่อน กินเป็นผักสดหรือผักจิ้ม กระเหรี่ยง·ไทยใหญ่ และพม่าใช้รากต้มน้ำดื่มแก้ท้องเสีย ท้องเดิน และใช้รากผสมใบต้มน้ำดื่มเป็นยาแก้ไข้ ปะหล่องใช้ทุกส่วนของต้นต้มน้ำอาบสำหรับผู้ที่อ่อนแรง ในมาเลเซียใช้ใบตำพอกแก้ผื่นคันและโรคผิวหนัง ในฟิลิปปินส์ใช้ใบและรากเป็นยาแก้ไข้ ส่วนฟิจิใช้ใบและเปลือกในการแก้ไอ ลิ้นแตก เจ็บลิ้น ปากอักเสบด้วยเชื้อรา ปวดหัว ปวดท้อง ใช้ใบต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงเสริมสุขภาพ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

ในผักสมุย มีสาร micromilin และ microminutin ที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด P-388 lymphocytic lenkaemia (van Valkenburg และ Bunyaprapatsara, 2001) นอกจากนี้ผักสมุยยังมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ คูมารินอย่างน้อย 12 ชนิด เช่น micromarin A, B, C, F, G และ H, murrangatin, osthol, murralongin เป็นต้น รวมทั้งสารอื่นๆ เช่น เบตา-ซิโตสเตอรอล hentriacontane, imperatorin, limettin, melin A เป็นต้น (นันทวัน บุณยะประภัศร และ คณะ, 2543 ข) ส่วน Sohrab และ คณะ (2004) รายงานว่า สามารถแยก 5,7-dihydroxy-3,4',6,8'-tetramethoxyflavone และ อนุพันธ์ของกรดไดไฮโดรซินนามิก (dihydrocinnamic acid) จากผักสมุยในประเทศบังกลาเทศ รวมถึง ยังพบรายงานการแยกแอลคาลอยด์จากใบ คือ 2',2'-dimethyl-pyrano-(5',6',-3,4)-2-quinolone ในใบผักสมุยด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (วริศรา วัยศิริโรจน์, 2523) และคาร์บาโซล แอลคาลอยด์ (carbazole alkaloid) ในกิ่งผักสมุยด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี (Nakahara และ คณะ, 2002) ตลอดจน การแยกสเตอรอล (sterol) จากเปลือกต้นของผักสมุยอีกด้วย (วิมล ตันตีไชยากุล, 2528)

2.7.13 ผักฮ้านน้ำ (*Mosia dianthera* (Buch-Ham. ex Roxb.) Maxim. วงศ์ LABIATAE)

โดยทั่วไป ใช้ยอดอ่อนเป็นเครื่องเทศใส่ในแกงต่างๆ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าจะใช้ยอดอ่อนเป็นเครื่องเทศเช่นเดียวกัน ปะหล่องใช้ทั้งต้นต้มอาบให้เด็กที่หายไข้ใหม่ๆ เพื่อช่วยฟื้นไข้ ส่วนกะเหรี่ยงจะใช้ใบตากแห้งใส่ลงในข้าวเปลือก เพื่อป้องกันเชื้อรา ในประเทศจีนใช้น้ำต้มจากทั้งต้นเป็นยาทาแก้โรคผิวหนังบางชนิด หรือ ดื่มเป็นยาแก้ลมและแก้ปวดศีรษะ แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

2.7.14 ผักเหี่ย (*Artemisia vulgaris* L. วงศ์ ASTERACEAE)

ผักเหี่ย ใช้เป็นยากลางบ้านในการรักษาโรคลม ขับเสมหะ แก้ไอ หืด และไข้ต่างๆ ส่วนชาวเขาเผ่ามูเซอและอีก้อ ใช้ทั้งต้นตำพอกแก้ผื่นคันตามผิวหนัง หรือนำมาอังด้วยไอน้ำเพื่อ สูดกลิ่นรักษาอาการปวดท้อง ปวดหัว เป็นหวัด คัดจมูก ชาวเขาเผ่าม้งใช้ต้มกับไก่หรือผสมพืชอื่นกินเป็นยาบำรุงกำลัง ในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้ใบและดอกเป็นยาเจริญอาหาร ระงับประสาทและขับพยาธิ ในอินเดียรักษาโรครูมาติก ส่วนจีนใช้เป็นยาแก้อาการตกเลือดและท้องร่วง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

ผักเหี่ยมีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรีย *Plasmodium falciparum* (Hernandes และ คณะ, 1990) ไวรัส เชื้อรา แบคทีเรียและอะมีบา มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง ยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อลายคลายกล้ามเนื้อเรียบ ลดการอักเสบ และยับยั้งการกลายพันธุ์ แต่ก่อให้เกิดการแพ้และเป็นสารก่อมะเร็ง องค์ประกอบทางเคมีที่พบ ได้แก่ aesculetin, aesculin, borneol, umbellulone คูมาริน เคอร์คูมิน อัลฟา-อะไมริน (α-amyrin) เบตา-อะไมริน (β-amyrin) ไซมีน (cymene) เจอรานิออล (geraniol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดกลูตามิก (glutamic acid) เบตา-ซิโตสเตอรอล (β-sitosterol) และสติกมาสเตอรอล(stigmasterol) เป็นต้น (นันทวัน บุณยะประภัศร และ คณะ, 2539)

2.7.15 ผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum* L. APIACEAE)

ผักชีฝรั่ง โดยทั่วไปใช้ใบอ่อนและใบแก่กินเป็นผักสดกับลาบและน้ำจิ้มอื่นๆ และใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารประเภทต้มจืด ต้มยำ เพื่อดับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เช่น เครื่องในสัตว์ เป็นต้น ม้ง มูเซอ และพม่าใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้ใบหรือทั้งต้นตำเป็นยาพอก แก้พิษสัตว์กัดต่อย และต้มน้ำดื่มและกินเป็นยาถ่ายหรือยาระบายอ่อนๆ รวมทั้งเป็นยาแก้ไข้มาลาเรีย ในประเทศแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ใช้รากต้มน้ำดื่มเป็นยาขับเหงื่อ ขับปัสสาวะแก้ไข้และเป็นยากระตุ้นให้เกิดความสดชื่น ใบใช้คั้นน้ำ หรือต้มน้ำดื่มเป็นยากระตุ้นร่างกาย เป็นยาระบายอ่อนๆ และแก้หวัด แก้ไข้ ใช้ทั้งต้นต้มน้ำดื่ม เพื่อลดความดันโลหิต ขับระดู

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ตัวอย่างพืช

ตัวอย่างพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้จำนวนทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ได้รับจากแหล่งที่มา 2 แหล่งที่มา คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 14 ตัวอย่าง และจากและจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 1 ตัวอย่าง รายชื่อพืชทั้งหมดเรียงตามลำดับชื่อวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
ผักเหี่ย	*Artemisia vulgaris* L.	ลำต้นและใบ	เชียงใหม่
ผักปลัง	*Basella alba* L.	ลำต้นและใบ	เชียงใหม่
ราชาวดีป่า	*Buddieia asiatica* Lour.	ใบ	เชียงใหม่
เมี่ยงป่า	*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.Masters) Kitam.	ใบ	เชียงใหม่
ก่อข้าว	*Casternopsis inermid* (Lind. Ex Wall) Benth. & Hookf.	ใบ	เชียงใหม่
ติ้วเกลี้ยง	*Casternopsis inermid* (Lind. Ex Wall) Benth. & Hookf	ใบ	เชียงใหม่
ผักแปม	*Eleutherococus trifoliatum* (L.) S.Y.Hu.	ใบ	เชียงใหม่
ผักชีฝรั่ง	*Eryngium foetidum* L.	ใบ	เชียงใหม่
มันปลา	*Glochidion sphaerogynum* (MÜll Arg.) Kurz.	ใบ	เชียงใหม่
เชียงดา	*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne.	ใบ	เชียงใหม่
ตะไคร้ต้น	*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.	ใบ	เชียงใหม่
สมุย	*Micromelum minutum* Wight&Arn	ลำต้นและใบ	สุราษฎร์ธานี
ผักไผ่	*Persicaria odorata* (Lour.) Sojak	ลำต้นและใบ	เชียงใหม่
ฮ้านน้ำ	*Mosia dianthera* (Buch-Ham.ex Roxb.) *Maxim.*	ใบ	เชียงใหม่
ทะโล้	*Schima wallichii* (D.C.) Korth.	ใบ	เชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 เอธานอล (C_2H_5OH 95%) (องค์การสุรากรมสรรพสามิต, ประเทศไทย)

3.1.2.2 กรดแกลลิก (Gallic acid) (Fluka, ประเทศสเปน)

3.1.2.3 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (Carlo Erba, ประเทศอิตาลี)

3.1.2.4 ไอโซออกเทน (2,2,4-trimethylpentane) (Lab scan,ประเทศไทย)

3.1.2.5 กรดไตรคลอโรอะซิติก(Trichloroacetic acid, TCA) (Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.1.2.6 กรดไทโอบาร์บิวทูริก (Thiobarbituric acid,TBA) (Fluka, ประเทศสเปน)

3.1.2.7 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) (Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.1.2.8 กรดอะซิติก (CH_3COOH) (Carlo Erba, ประเทศอิตาลี)

3.1.2.9 คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) (Carlo Erba, ประเทศอิตาลี)

3.1.2.10 โพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว (KI) (Fluka, ประเทศสเปน)

3.1.2.11 โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) (Fluka, ประเทศสเปน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.2.12 บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) (BHD, ประเทศมาเลเซีย)
3.1.2.13 พารา-อนิซิดีน(*p*-Anisidine) (Merck, เยอรมัน)
3.1.2.14 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Merck, เยอรมัน)
3.1.2.15 โซเดียมไทรโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) (Merck, เยอรมัน)
3.1.2.16 ฟีนอล์ฟทาลีน (Carlo Erba, ประเทศอิตาลี)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.2.1 ตู้อบแห้งระบบลมร้อน (Hot air oven) (Patch รุ่น OV 663, ประเทศไทย)
3.2.2 เครื่องบด (Blender) (Moulinex, ประเทศฝรั่งเศส)
3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Sartorious รุ่น TE214S, ประเทศเยอรมัน)
3.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo รุ่น PL 1502-S, ประเทศเยอรมัน)
3.2.5 เครื่องเขย่า (Vortex mixer) (Scientific Inductries, รุ่น G 560E, ประเทศไทย)
3.2.6 เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Evaporator) (Rotavapor BUCHI R-114, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
3.2.7 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu)(รุ่น UV-1601, ประเทศญี่ปุ่น)
3.2.8 เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge) (Hettich zentrifugen รุ่น EBA 20, ประเทศเยอรมัน)
3.2.9 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, ประเทศเยอรมัน)
3.2.10 เครื่องเขย่า (Shaker) (รุ่น GFL-3015, ประเทศเยอรมัน)
3.2.11 เครื่องวัดสี Hunterlab รุ่น ColorQuest XE ประเทศอเมริกา
3.2.12 เครื่องวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน (743 Rancimat, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์)

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างพืชล้างด้วยน้ำสะอาดจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ บรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน (PE) ปิดผนึกปากถุง และเก็บในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

3.4.1.2 การเตรียมสารสกัดพืช

การสกัดตัวอย่างพืชดัดแปลงจาก Shyamala และคณะ (2005) โดยบดตัวอย่างพืชแล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นสกัดตัวอย่างพืชด้วยเอธานอล (ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 6 ทำการเขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 จากนั้นสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง โดยใช้อัตราส่วนของพืชต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 ต่อ 4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำสารสกัดจากพืชผสมรวมกัน จากนั้นระเหยเอธานอลโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสภายใต้สุญญากาศ นำสารสกัดจากพืชเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
131023

3.4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากพืชในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

3.4.2.1 การคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

นำสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ เติมลงในน้ำมันถั่วเหลือง บรรจุตัวอย่างน้ำมันในขวดสีชาและเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 20 วัน

นำสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับเติมลงในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็มบรรจุตัวอย่างน้ำมันในขวดสีชาและเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 28 วัน

จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมันมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

ก. ปริมาณ Conjugated diene hydroperoxides (CD) ดัดแปลงจาก Pegg (2002)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.01-0.03 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยไอโซออกเทน เขย่าผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 233 นาโนเมตร โดยใช้ไอโซออกเทนเป็นแบลงค์

$$\text{CD value} = [C_{CD} \times (1.0 \times 10^4)] / W$$

$$\text{โดย } C_{CD} = A_{233} / (\varepsilon \times l)$$

A_{233} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 233 นาโนเมตร

ε = molar absorptivity of linoleic acid hydroperoxide (2.525×10^4 $M^{-1}.cm^{-1}$)

l = path length of the cuvette (cm)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ข. ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Mcdonald และ Hultin (1987)

ปิเปตตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดจากพืช 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 1.8 มิลลิลิตร แล้วเติมรีเอเจนต์ Thiobarbituric acid (TBA) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร จากนั้น นำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน ที่ความเร็ว 5,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที และนำส่วนใสของสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร โดยใช้รีเอเจนต์ TBA เป็นแบลงค์ คำนวณหาค่า TBARS โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลาย 1,1,3,3-tetraethoxypropane

ค.ปริมาณ Peroxide value (PV) โดยวิธีของ AOAC 965.33 (2000)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5±0.05 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารผสมของกรดอะซิติกกับคลอโรฟอร์ม 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายโพแทสเซียม-ไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที เมื่อเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร แล้วจึงไทเทรตด้วยโซเดียม-ไธโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลเฟต 0.1 โมลลาร์ จนกระทั่งสีเหลืองเกือบจางหายไป จึงเติมน้ำแป้งความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 0.5 มิลลิลิตร (เขย่า) แล้วไทเทรตต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสารละลายใสไม่มีสี

$$PV = [S \times M \times 1000] / g$$

S = ปริมาณของสารละลายโซเดียมไทรโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

M = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทรโอซัลเฟต (โมลลาร์)

g = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากพืช รวมถึงน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มที่เติม BHT ความเข้มข้น 75 และ 200 พีพีเอ็มที่เติมเฟอร์ริกไอออน 5 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากพืชจำนวน 4 ทรีทเมนต์ ที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ในการทดลองในข้อ 3.4.2.2

3.4.2.2 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

3.4.2.2.1 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลือง

นำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 3.4.2.1 เติมลงในน้ำมันถั่วเหลือง จากนั้นแบ่งตัวอย่างน้ำมันแต่ละชนิดเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ส่วนที่ 2 ให้ความร้อนแก่น้ำมันจนถึงอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ลดอุณหภูมิลง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 2 วันเป็นเวลา 8 วัน

นำตัวอย่างน้ำมันมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ปริมาณ Conjugated diene hydroperoxides (CD) ตามข้อ 3.4.2.1 (ก)

ข. ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ตามข้อ 3.4.2.1 (ข)

ค.ปริมาณ Peroxide value (PV) ตามข้อ 3.4.2.1 (ค)

ง. ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid content, FFA) โดยวิธีของ AOAC (Bensmira และคณะ, 2007)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 7 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่นาด 250 มิลลิลิตร เติมเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นกลาง 50 มิลลิลิตร และหยดฟีนอล์ฟทาลีน1 เปอร์เซ็นต์ นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูที่คงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% FFA (as Oleic) = [VxNx28.2] / m

V = ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารสารละลายโซเดียมไฮครอกไซด์ (นอร์มอล)

m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

จ. ปริมาณ p-Anisidine value (*p*-AV)โดยวิธีของ AOCS (1997)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.5 -4.0 ±0.001 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรโดยไอโซออกเทน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร โดยใช้ไอโซออกเทนเป็นแบลงค์ จากนั้นปิเปตสารละลายข้างต้น 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1 และปิเปตไอโซออกเทน 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 2 เติมสารละลาย *p*-Anisidine ลงในแต่ละหลอดทดลอง เขย่า และเก็บในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายจากหลอดทดลองที่ 2 เป็นแบลงค์

p-AV = [25× (1.2As- Ab)] / m

As = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันที่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย *p*-Anisidine

Ab = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมัน

m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ช. การเปลี่ยนแปลงสี

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างน้ำมันด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab รุ่น ColorQuest XE มีแหล่งกำเนิดแสง D_{65} และมุมสังเกต 10 องศา พารามิเตอร์สีแสดงค่าในระบบ CIE L* a* b*ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

L*= ค่าความสว่าง (Lightness)มีค่าอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* = ความเป็นสีแดง ถ้าค่าเป็นบวก (+) / ความเป็นสีเขียว ถ้าค่าเป็น (-)

b* = ความเป็นสีเหลือง ถ้าค่าเป็นบวก (+) / ความเป็นน้ำเงิน ถ้าค่าเป็น (-)

Δ L* = L*(ตัวอย่างน้ำมัน) - L*(ตัวอย่างน้ำมันวันที่ 0)

Δ a* = a*(ตัวอย่างน้ำมัน) - a*(ตัวอย่างน้ำมันวันที่ 0)

Δ b* = b*(ตัวอย่างน้ำมัน) - b*(ตัวอย่างน้ำมันวันที่ 0)

ฉ. ความคงตัวของตัวอย่างน้ำมัน โดยวิธีของ AOCS (1997)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 3 กรัม นำไปทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหลของอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง คำนวณค่าความคงตัวต่อการออกซิเดชัน (oil stability index: OSI) เป็นค่า Induction time (IT) มีหน่วยเป็นชั่วโมง

เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับน้ำมันถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากพืช รวมถึงน้ำมันถั่วเหลืองที่เติม BHT ความเข้มข้น 75 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2.2 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปาล์ม

ส่วนที่ 1 นำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 3.4.2.1 เติมลงในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกไอออน 5 พีพีเอ็ม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ส่วนที่ 2 นำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 3.4.2.1 เติมลงในน้ำมันปาล์ม จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันจนถึงอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ลดอุณหภูมิลง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 2 วันเป็นเวลา 8 วัน

นำตัวอย่างน้ำมันปาล์มมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆด้วยวิธี CD, TBARS, FFA, PV ,*p*-AV,การเปลี่ยนแปลงสี และความคงตัวของตัวอย่างน้ำมัน ดังข้อ 3.4.2.2.1 โดยนำผลการทดลองส่วนที่1 มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ได้แก่ น้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม และน้ำมันปาล์มที่เติม BHT 200 พีพีเอ็ม ที่เติมเฟอร์ริกไอออน 5 พีพีเอ็ม

นำผลการทดลองส่วนที่2 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากพืช และน้ำมันปาล์มที่เติม BHT 200 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อคัดเลือกสารสกัดของพืชจำนวน 2 ทรีทเมนต์ ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองในข้อ3.4.2.3

3.4.2.3 ศึกษาความเสถียรของน้ำมันทอดซ้ำ

นำตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชจำนวน 2 ทรีทเมนต์ ที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 9.2.2 ไปทดสอบความเสถียรของน้ำมัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันจนถึง 180 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการทอดข้าวเกรียบธัญพืชจำนวน 1 ครั้ง

เก็บตัวอย่างน้ำมันไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีวิธี CD, TBARS, FFA, PV และ *p*-AV น้ำมันที่เหลือทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุลงภาชนะ และทำการทดลองความเสถียรของน้ำมันด้วยวิธีเดียวกันนี้เป็นเวลาติดต่อกัน 5 วัน สำหรับตัวอย่างข้าวเกรียบธัญพืชที่ได้จากการทอดในวันที่ 1, 3และ 5 นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-points Hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ในด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม เป็นต้น

เปรียบเทียบผลการทดลองกับน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากพืช และตัวอย่างที่เติม BHT 200 พีพีเอ็ม

3.4.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองทุกการทดลองจะทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของความสามารถของพืชแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ด้วยวิธี one-way ANOVA procedure ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ของวิธีวิเคราะห์แต่ละวิธี นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากพืชในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

4.1.1 ผลการคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

ความแตกต่างของค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธีต่างๆ ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน พบว่า ค่า CD, PV และ TBARS ของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้น (จากวันที่ 0) 13.34 ไมโครโมลต่อกรัม 23.45 มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม และ 10.45 มิลลิกรัม MDA ต่อกิโลกรัม (ตารางที่1) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่าการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้น สำหรับตัวอย่างที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม พบว่า บีเอชที สามารถลดการเกิดคอนจูเกตไดอีน,เปอร์ออกไซด์ และค่า TBARSได้ โดยการเพิ่มขึ้นของ CD, PV และ TBARS นั้นมีค่าต่ำกว่าตัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่า CD, PV และ TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกๆ ตัวอย่างที่เติมสารสกัดพืช (ตารางที่1) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพืชแต่ละชนิดมีศักยภาพในการยับยั้งการหืนได้แตกต่างกัน และยังพบว่า สารสกัดจากพืชบางชนิด เช่นผักเหี่ยและผักไผ่ ที่ความเข้มข้น 75 พีพีเอ็ม มีผลในการเร่งการเกิดออกซิเดชัน หรือการเหม็นหืนในน้ำมันได้ โดยมีค่าความแตกต่างสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ในทุกๆ วิธีทดสอบ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดพืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อาจแสดงสมบัติเป็นสารโปรออกซิแดนซ์หรือมีองค์ประกอบของอิออนที่มีประจุบวก เช่น สังกะสี แมงกานีสและโซเดียมที่สามารถเร่งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ (Gupta *et al.*, 2002)

จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากก่อข้าวความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีการเพิ่มขึ้นของค่า CD, PV และ TBARS ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่สามารถชะลอการหืนของน้ำมัน รองจากก่อข้าวความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ได้แก่ มันปลาความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ฮ้านน้ำความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มและผักสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า CD, PV และ TBARS (วันที่ 20 – วันที่ 0) ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชระหว่างการเก็บรักษา

ตัวอย่าง	CD (μmol/g)	PV (Meq. peroxide/Kg)	TBARS (mg MDA/Kg)
ควบคุม	13.34 ± 0.38 ^{qr}	23.45 ± 0.32 ^{no}	10.91 ± 0.65 $^{g-j}$
บีเอชที75ppm	5.85 ± 0.18 ^{bc}	11.34 ± 0.23 ^{b}	6.73 ± 0.43 ^{b}
ก่อข้าว75ppm	8.61 ± 0.95 $^{i-l}$	17.31 ± 0.40 ^{i}	11.42 ± 0.79 $^{h-l}$
ก่อข้าว200ppm	5.11 ± 0.29 ^{b}	11.60 ± 0.42 ^{b}	9.41 ± 0.70 $^{d-f}$
ก่อข้าว500ppm	2.55 ± 0.64 ^{a}	6.63 ± 0.57 ^{a}	4.59 ± 0.31 ^{a}
ทะโล้75ppm	5.48 ± 0.81 ^{b}	15.32 ± 0.36 ^{fg}	9.23 ± 0.74 ^{de}
ทะโล้200ppm	9.32 ± 0.72 $^{i-m}$	19.83 ± 0.42 ^{j}	13.57 ± 0.60 $^{o-q}$
ทะโล้500ppm	6.70 ± 0.28 ^{cd}	15.78 ± 0.69 ^{g}	13.00 ± 0.88 $^{m-p}$
ผักแปม75ppm	5.17 ± 0.65 ^{b}	14.34 ± 0.66 ^{de}	10.15 ± 0.75 $^{e-h}$
ผักแปม200ppm	7.25 ± 0.41 $^{d-f}$	15.68 ± 0.50 ^{g}	14.79 ± 0.75 $^{q-s}$
ผักแปม500ppm	9.51 ± 0.46 $^{k-m}$	21.07 ± 0.35 ^{k}	16.38 ± 1.33 ^{tu}
ติ้วเกลี้ยง75ppm	12.70 ± 1.76 ^{pq}	25.64 ± 0.52 ^{qr}	12.16 ± 0.91 $^{j-n}$
ติ้วเกลี้ยง200ppm	10.91 ± 0.68 ^{n}	19.21 ± 0.33 ^{j}	9.78 ± 0.62 $^{e-g}$
ติ้วเกลี้ยง500ppm	8.51 ± 0.44 $^{h-k}$	13.36 ± 0.19 ^{c}	8.27 ± 0.67 ^{cd}
เมี่ยงป่า75ppm	11.87 ± 0.69 $^{n-p}$	20.61 ± 0.73 ^{k}	14.72 ± 1.64 $^{q-s}$
เมี่ยงป่า200ppm	9.86 ± 0.45 ^{m}	17.54 ± 0.44 ^{i}	10.10 ± 0.96 $^{e-h}$
เมี่ยงป่า500ppm	6.89 ± 0.52 ^{de}	14.08 ± 0.59 ^{d}	9.46 ± 0.48 $^{d-f}$
มันปลา75ppm	9.56 ± 1.28 ^{lm}	15.81 ± 0.69 ^{g}	10.34 ± 0.57 $^{e-h}$
มันปลา200ppm	7.45 ± 0.42 $^{d-g}$	12.97 ± 1.00 ^{c}	10.11 ± 0.61 $^{e-h}$
มันปลา500ppm	5.70 ± 0.40 ^{b}	6.89 ± 0.55 ^{a}	4.49 ± 0.63 ^{a}
เหี่ย75ppm	13.85 ± 0.66 ^{rs}	28.22 ± 0.50 ^{u}	15.98 ± 0.81 $^{s-u}$
เหี่ย200ppm	12.31 ± 0.68 ^{op}	26.39 ± 0.64 ^{s}	14.31 ± 0.66 $^{p-r}$
เหี่ย500ppm	7.54 ± 0.56 $^{d-h}$	14.77 ± 0.62 ^{ef}	12.80 ± 0.53 $^{m-o}$
ฮ้านน้ำ75ppm	12.35 ± 1.22 ^{op}	22.12 ± 0.34 ^{l}	10.76 ± 2.66 $^{f-i}$
ฮ้านน้ำ200ppm	9.26 ± 0.51 $^{j-m}$	19.70 ± 1.03 ^{j}	9.85 ± 2.84 $^{e-g}$
ฮ้านน้ำ500ppm	5.58 ± 0.42 ^{b}	11.37 ± 0.21 ^{b}	7.71 ± 0.60 ^{bc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	CD (μmol/g)	PV (Meq. peroxide/Kg)	TBARS (mg MDA/Kg)
เชียงดา75ppm	11.43 ± 1.17 ^{no}	23.91 ± 0.69 ^{op}	11.26 ± 0.72 $^{h-k}$
เชียงดา200ppm	9.29 ± 1.90 $^{j-m}$	14.83 ± 0.39 ^{ef}	10.69 ± 0.34 $^{f-i}$
เชียงดา500ppm	6.71 ± 1.04 ^{cd}	11.79 ± 0.38 ^{b}	9.64 ± 0.82 $^{e-g}$
ผักไผ่75ppm	17.62 ± 0.73 ^{t}	37.83 ± 1.01 ^{w}	21.77 ± 1.31 ^{x}
ผักไผ่200ppm	12.29 ± 1.05 ^{op}	36.29 ± 0.94 ^{v}	13.43 ± 0.47 $^{n-p}$
ผักไผ่500ppm	11.82 ± 0.66 $^{n-p}$	22.51 ± 0.60 ^{lm}	12.67 ± 0.75 $^{l-o}$
ผักปลัง75ppm	11.11 ± 0.83 ^{n}	24.17 ± 0.62 ^{p}	16.90 ± 1.89 ^{u}
ผักปลัง200ppm	7.24 ± 0.63 $^{d-f}$	20.61 ± 0.44 ^{k}	13.10 ± 1.00 $^{m-p}$
ผักปลัง500ppm	6.65 ± 0.30 ^{cd}	11.96 ± 0.45 ^{b}	13.73 ± 0.64 $^{o-q}$
ผักชีฝรั่ง75ppm	7.77 ± 0.85 $^{e-i}$	17.71 ± 0.20 ^{i}	12.43 ± 0.23 $^{k-o}$
ผักชีฝรั่ง200ppm	14.14 ± 0.96 ^{rs}	27.41 ± 0.59 ^{t}	18.75 ± 0.41 ^{vw}
ผักชีฝรั่ง500ppm	11.11 ± 0.53 ^{n}	24.53 ± 0.29 ^{p}	13.32 ± 0.83 $^{m-p}$
ราชาวดีป่า75ppm	9.40 ± 0.62 $^{j-m}$	16.50 ± 0.52 ^{h}	19.76 ± 0.59 ^{w}
ราชาวดีป่า200ppm	8.01 ± 0.76 $^{f-i}$	15.35 ± 0.47 ^{fg}	9.72 ± 0.37 $^{e-g}$
ราชาวดีป่า500ppm	14.42 ± 0.56 ^{s}	25.22 ± 0.51 ^{q}	18.06 ± 1.54 ^{v}
ตะไคร้ต้น75ppm	12.80 ± 0.60 ^{pq}	26.17 ± 0.30 ^{rs}	18.45 ± 1.41 ^{v}
ตะไคร้ต้น200ppm	11.25 ± 0.49 ^{n}	22.90 ± 0.80 ^{mn}	14.77 ± 0.92 $^{q-s}$
ตะไคร้ต้น500ppm	7.66 ± 1.13 $^{d-i}$	19.50 ± 0.42 ^{j}	11.98 ± 0.72 $^{i-m}$
สมุย75ppm	11.23 ± 0.58 ^{n}	22.25 ± 0.60 ^{lm}	15.21 ± 0.60 $^{r-t}$
สมุย200ppm	8.39 ± 0.33 $^{g-j}$	17.71 ± 0.74 ^{i}	13.08 ± 0.75 $^{m-p}$
สมุย500ppm	5.25 ± 0.72 ^{b}	11.69 ± 0.66 ^{b}	9.51 ± 1.13 $^{d-f}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษรภาษาอังกฤษ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า CD, PV และ TBARS (วันที่ 28 – วันที่ 0) ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชระหว่างการเก็บรักษา

ตัวอย่าง	CD (μmol/g)	PV (Meq. peroxide/Kg)	TBARS (mg MDA/Kg)
control	6.83 ± 0.16 ^{f}	17.25 ± 0.33 ^{i}	4.50 ± 0.38 $^{h-j}$
BHT200ppm	6.06 ± 0.25 ^{de}	14.13 ± 0.29 ^{f}	4.53 ± 0.25 $^{h-j}$
ก่อข้าว200ppm	8.28 ± 0.17 $^{j-l}$	15.40 ± 0.26 ^{g}	6.65 ± 0.43 ^{r}
ก่อข้าว350ppm	9.42 ± 0.14 ^{op}	21.28 ± 0.31 ^{q}	5.83 ± 0.22 $^{o-q}$
ก่อข้าว500ppm	9.92 ± 0.10 $^{q-t}$	21.78 ± 0.52 ^{r}	5.73 ± 0.50 $^{n-q}$
ทะโล้200ppm	8.49 ± 0.25 $^{j-l}$	18.40 ± 0.56 ^{k}	4.30 ± 0.33 $^{g-i}$
ทะโล้350ppm	8.31 ± 0.29 $^{j-l}$	17.77 ± 0.65 ^{j}	4.36 ± 0.09 $^{g-i}$
ทะโล้500ppm	9.87 ± 0.22 $^{q-s}$	21.46 ± 0.49 ^{qr}	4.22 ± 0.19 $^{f-i}$
ผักแปม200ppm	10.09 ± 0.50 $^{r-u}$	20.34 ± 0.56 ^{no}	6.96 ± 0.37 ^{r}
ผักแปม350ppm	10.39 ± 0.31 ^{uv}	21.80 ± 0.38 ^{r}	5.71 ± 0.66 $^{n-q}$
ผักแปม500ppm	9.35 ± 0.24 $^{n-p}$	21.67 ± 0.59 ^{qr}	4.66 ± 0.52 $^{i-k}$
ติ้วเกลี้ยง200ppm	9.12 ± 0.18 ^{no}	20.60 ± 0.25 ^{op}	4.30 ± 0.24 $^{g-i}$
ติ้วเกลี้ยง350ppm	7.55 ± 0.28 ^{gh}	17.53 ± 0.29 ^{ij}	3.78 ± 0.35 $^{d-f}$
ติ้วเกลี้ยง500ppm	6.65 ± 0.51 ^{f}	16.23 ± 0.16 ^{h}	3.70 ± 0.13 $^{c-e}$
เมี่ยงป่า200ppm	6.26 ± 0.50 ^{e}	17.89 ± 0.23 ^{j}	5.54 ± 0.48 $^{m-q}$
เมี่ยงป่า350ppm	8.12 ± 0.14 ^{ij}	18.44 ± 0.14 ^{k}	5.58 ± 0.37 $^{m-q}$
เมี่ยงป่า500ppm	9.07 ± 0.19 $^{m-o}$	18.80 ± 0.33 ^{k}	4.53 ± 0.26 $^{h-j}$
มันปลา200ppm	8.56 ± 0.33 ^{kl}	17.50 ± 0.24 ^{ij}	5.91 ± 0.46 ^{pq}
มันปลา350ppm	11.27 ± 0.26 ^{x}	22.96 ± 0.30 ^{t}	5.50 ± 0.43 $^{m-p}$
มันปลา500ppm	11.87 ± 0.16 ^{y}	25.85 ± 0.32 ^{w}	5.79 ± 0.35 $^{o-q}$
เหี่ยว200ppm	10.07 ± 0.13 $^{r-u}$	21.71 ± 0.32 ^{r}	4.30 ± 0.32 $^{g-i}$
เหี่ยว350ppm	9.71 ± 0.38 $^{p-r}$	22.28 ± 0.20 ^{s}	4.22 ± 0.20 $^{f-i}$
เหี่ยว500ppm	8.97 ± 0.55 ^{mn}	22.37 ± 0.19 ^{s}	4.03 ± 0.36 $^{e-h}$
ฮ้านน้ำ200ppm	8.33 ± 0.47 $^{j-l}$	20.41 ± 0.27 ^{no}	5.40 ± 0.48 $^{l-p}$
ฮ้านน้ำ350ppm	10.54 ± 0.25 ^{vw}	24.09 ± 0.52 ^{u}	5.80 ± 0.71 $^{o-q}$
ฮ้านน้ำ500ppm	10.32 ± 0.28 $^{t-v}$	24.58 ± 0.30 ^{v}	6.04 ± 0.34 ^{q}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	CD (μmol/g)	PV (Meq. peroxide/Kg)	TBARS (mg MDA/Kg)
เชียงดา200ppm	7.84 ± 0.42 ^{hi}	19.33 ± 0.42 ^{l}	3.71 ± 0.33 $^{c-e}$
เชียงดา350ppm	4.26 ± 0.38 ^{b}	11.49 ± 0.29 ^{c}	2.28 ± 0.30 ^{b}
เชียงดา500ppm	2.19 ± 0.53 ^{a}	7.88 ± 0.16 ^{a}	1.76 ± 0.30 ^{a}
ผักไผ่200ppm	8.26 ± 0.27 ^{jk}	16.56 ± 0.22 ^{h}	5.22 ± 0.42 $^{l-n}$
ผักไผ่350ppm	8.17 ± 0.10 $^{i-k}$	16.13 ± 0.24 ^{h}	4.99 ± 0.45 $^{j-l}$
ผักไผ่500ppm	7.54 ± 0.23 ^{gh}	15.69 ± 0.38 ^{g}	4.64 ± 0.22 $^{i-k}$
ผักปลัง200ppm	9.72 ± 0.42 $^{p-r}$	19.92 ± 0.57 ^{m}	4.34 ± 0.25 $^{g-i}$
ผักปลัง350ppm	5.88 ± 0.12 ^{cd}	13.50 ± 0.43 ^{e}	3.25 ± 0.35 ^{c}
ผักปลัง500ppm	4.08 ± 0.32 ^{b}	9.58 ± 0.17 ^{b}	2.54 ± 0.28 ^{b}
ผักชีฝรั่ง200ppm	9.89 ± 0.31 $^{q-s}$	20.83 ± 0.32 ^{p}	5.79 ± 0.59 $^{o-q}$
ผักชีฝรั่ง350ppm	10.18 ± 0.33 $^{s-v}$	21.27 ± 0.20 ^{q}	5.12 ± 0.48 $^{k-m}$
ผักชีฝรั่ง500ppm	9.96 ± 0.30 $^{q-t}$	21.25 ± 0.30 ^{q}	4.71 ± 0.31 $^{i-k}$
ราชาวดีป่า200ppm	8.69 ± 0.47 ^{lm}	16.20 ± 0.23 ^{h}	5.45 ± 0.36 $^{l-p}$
ราชาวดีป่า350ppm	9.69 ± 0.49 $^{p-r}$	17.19 ± 0.41 ^{i}	5.38 ± 0.47 $^{l-o}$
ราชาวดีป่า500ppm	9.63 ± 0.33 ^{pq}	18.70 ± 0.32 ^{k}	3.58 ± 0.68 $^{c-d}$
ตะไคร้ต้น200ppm	10.80 ± 0.32 ^{w}	22.35 ± 0.17 ^{s}	4.72 ± 0.38 $^{i-k}$
ตะไคร้ต้น350ppm	9.62 ± 0.41 ^{pq}	20.06 ± 0.34 ^{mn}	3.87 ± 0.30 $^{d-g}$
ตะไคร้ต้น500ppm	7.38 ± 0.15 ^{g}	15.45 ± 0.30 ^{g}	3.37 ± 0.27 ^{cd}
สมุย200ppm	7.70 ± 0.33 ^{gh}	16.21 ± 0.23 ^{h}	3.54 ± 0.30 $^{c-e}$
สมุย350ppm	5.61 ± 0.11 ^{c}	12.20 ± 0.04 ^{d}	2.71 ± 0.32 ^{b}
สมุย500ppm	4.13 ± 0.31 ^{b}	8.24 ± 0.33 ^{a}	2.27 ± 0.24 ^{b}

หมายเหตุ: พิจารณาอักษรภาษาอังกฤษ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธีต่างๆ ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 28 วัน พบว่า ค่า CD, PV และ TBARS ของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้น (จากวันที่ 0) 6.83 ไมโครโมลต่อกรัม 17.25 มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม และ 4.50 มิลลิกรัม MDA ต่อกิโลกรัม (ตารางที่2) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม ในน้ำมันปาล์มสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฟอร์ริกอิออนจะเร่งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนที่ 2 ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ด้วยปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว (Gutteridge, 1984) สำหรับตัวอย่างที่เติม BHT 200 พีพีเอ็ม พบว่า BHT สามารถลดการเกิดคอนจูเกตไดอีน และเปอร์ออกไซด์ โดยการเพิ่มขึ้นของ CD และ PV นั้นมีค่าต่ำกว่าตัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่มีปริมาณสารที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ และคีโตน เป็นต้น จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี TBARS นั้นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$)

ค่า CD, PV และ TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกๆ ตัวอย่างที่เติมสารสกัด แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพืชแต่ละชนิดมีศักยภาพในการยับยั้งการหืนได้แตกต่างกัน และยังพบว่า สารสกัดจากพืช บางชนิด เช่น สารสกัดผักชีฝรั่ง ก่อข้าว ฮ้านน้ำและมันปลา ในทุกความเข้มข้นมีผลในการเร่งการเกิดออกซิเดชันหรือการเหม็นหืนในน้ำมันได้ โดยมีค่าความแตกต่างสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ในทุกๆ วิธีทดสอบ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดพืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อาจแสดงสมบัติเป็นสารโปรออกซิแดนซ์หรือมีองค์ประกอบของอิออนที่มีประจุบวก เช่น สังกะสี แมงกานีสและโซเดียมที่สามารถเร่งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ (Gupta *et al.*, 2002)

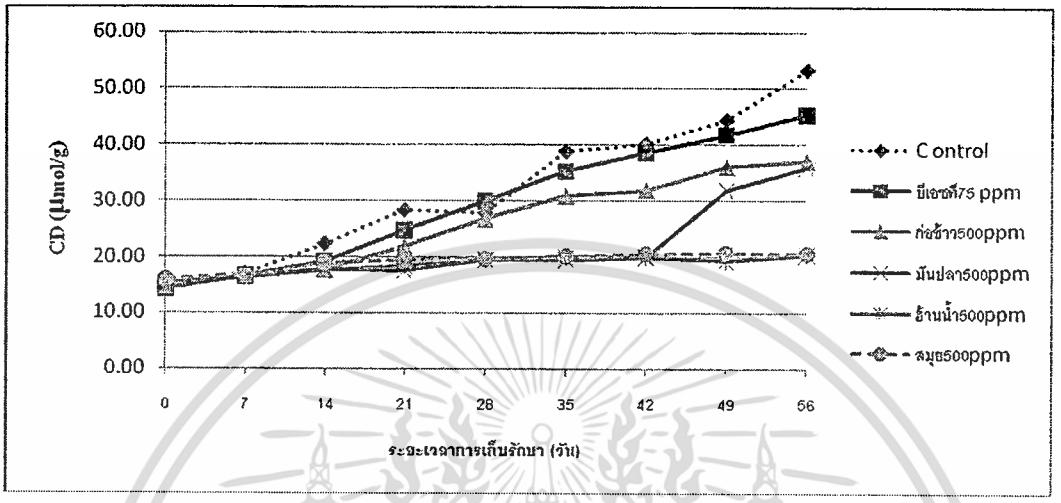
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันด้วยวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 พบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน โดยวิธี PV มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าวิธีการทดสอบอื่น รองลงมาได้แก่ CD และ TBARS ทั้งนี้ เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันประกอบด้วยหลายขั้นตอน และ วิธีการทดสอบมีความแตกต่างกัน โดย วิธี CD และ PV เป็นการวิเคราะห์ผลผลิตขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนวิธี TBARS เป็นการวิเคราะห์ผลผลิตขั้นที่สองของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Kiokias *et al.*, 2010)

จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันที่เติมสารสกัดผักเชียงดาความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีการเพิ่มขึ้นของค่า CD, PV และ TBARS ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ Ramkumar *et al.* (2009) รายงานว่า สารประกอบ โพลีฟีนอลที่สำคัญซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้แก่ carvacrol erythritol กรดแกลลิก และเควอซีทิน นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่สามารถชะลอการหืนของน้ำมัน รองจากผักเชียงดา500 พีพีเอ็ม ได้แก่ สารสกัดผักเชียงดา350 พีพีเอ็ม และสารสกัดผักสมุยความเข้มข้น 500 และ350 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดทั้ง 2 ชนิดนี้ มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ดีกว่าน้ำมันที่เติม BHT ในทุกๆ วิธีการทดสอบ ทั้งนี้สารสกัดจากเชียงดาและสมุยอาจจะมีคุณสมบัติเป็นตัวจับอนุมูลเฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

4.2.1 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลือง



ภาพที่ 4.1 ค่า CD ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

4.2.1.1 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษา

- ค่า CD

การวิเคราะห์ค่า CD เป็นการวิเคราะห์สารที่เกิดขึ้นในขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน จะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ขึ้น ในการทดสอบศักยภาพของสารสกัดจากพืชในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 56 วัน ค่า CD ในตัวอย่างควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้ สามารถใช้ในการตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยตัวอย่างควบคุมมีค่า CD เพิ่มขึ้นจาก 14.99±0.34 เป็น 53.31±0.94 ไมโครโมลต่อกรัม อีกทั้งยังพบว่า การเติมบีเอชทีความเข้มข้น 75 พีพีเอ็ม และก่อข้าว 500 ppm มีการเพิ่มขึ้นของค่า CD เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 32 วัน (ภาพที่ 4.1)

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดผักสมุยและฮ้านน้ำ ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลืองได้ โดยภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน พบว่า ค่า CD น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุย และฮ้านน้ำความเข้มขึ้น 500 พีพีเอ็มเพิ่มขึ้น (จากวันที่ 0) เพียง 4.58 และ 5.01 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า PV

การวิเคราะห์ค่า PV เป็นการวิเคราะห์สารที่เกิดขึ้นในขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน จะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) จากตารางที่4.3 พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 56 วันค่า PV ของตัวอย่างควบคุม บีเอชที และสารสกัดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่า PV ของการเก็บรักษาวันที่ 56 พบว่า สารสกัดจากสมุยและฮ้านน้ำ 500 พีพีเอ็มมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้

- ค่า p-AV

การวิเคราะห์ออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av เป็นการวัดสารกลุ่มอัลดีไฮด์ จำพวก 2-อัลคีนาล และ 2,4-ไดอีนาล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Aruoma และ Cuppet, 2001) เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี ซึ่งมีความไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยาสูง และเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดการแตกตัวเป็นคาร์บอร์นิล และในขณะที่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ออกซิเจนสามารถสร้างกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยตัวเอง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แสดงว่า ผลิตภัณฑ์เกิดการออกซิเดชันของไขมันแล้ว (Gokoglu และคณะ, 2009) ไฮโดรเปอร์-ออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปให้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์ คีโตน แอลดีไฮด์ ไฮโดรคาร์บอน โดย *p*-Anisidine เป็นสารรีเอเจนต์ ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอัลดีไฮด์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ซึ่งความเข้มของสีที่วัดได้ในปฏิกิริยา ขึ้นกับปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ ที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้น เมื่อปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลอย่างยิ่งต่อความไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งค่า *p*-Av เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย เนื่องจากวัดเป็นค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

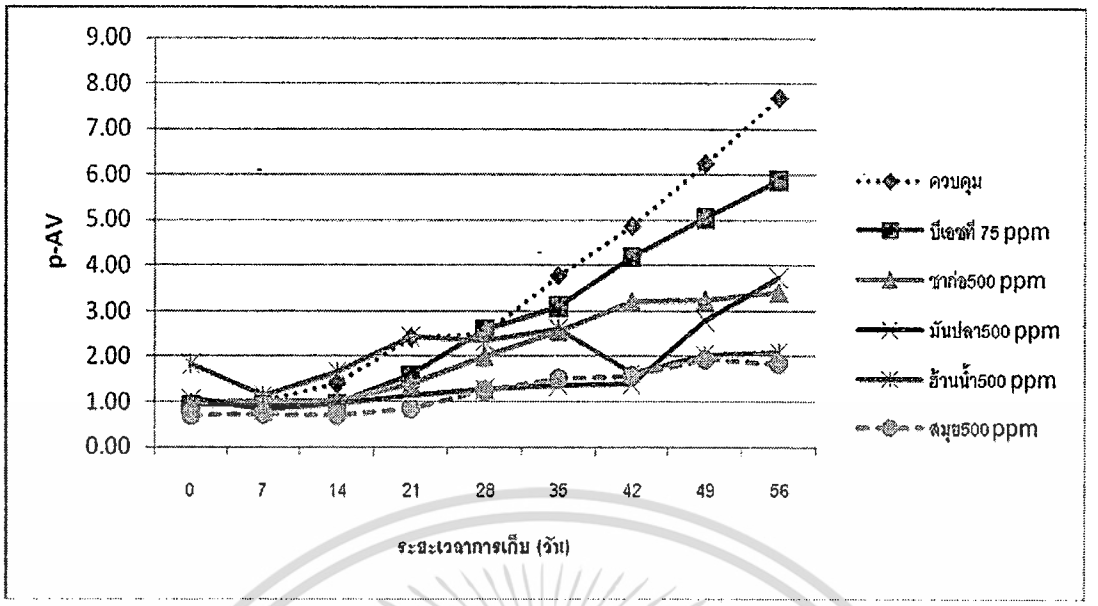
ตารางที่ 4.3 ค่า PV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	3.47±0.27 ^{Aa}	5.89±0.32 ^{Bab}	68±0.27 ^{eC}	30.04±2.64 ^{dD}	10.10±0.64 ^{aB}	47.16±0.09 $^{e E}$	53.51±3.29 ^{cF}	52.84±2.35 ^{dF}	86.41±2.82 ^{dG}
บีเอชที 75 ppm	3.18±0.41 ^{abA}	5.44±0.05 ^{bA}	12.61±0.18 ^{dB}	21.42±0.09 ^{cC}	32.68±0.91 ^{cD}	40.53±0.91 ^{dE}	51.18±0.94 ^{cF}	61.48±0.47 ^{eG}	65.80±4.70 ^{cH}
ก่อข้าว 500 ppm	3.44±0.05 ^{abA}	4.86±0.14 ^{aA}	8.88±0.18 ^{bcB}	17.37±0.36 ^{bC}	26.06±1.91 ^{bD}	36.16±0.00 ^{cE}	37.89±0.94 ^{bE}	45.20±0.94 ^{cF}	60.82±0.47 ^{cG}
มันปลา500 ppm	3.28±0.64 ^{abA}	4.86±0.14 ^{aB}	7.6±60.09 ^{aC}	8.56±0.09 ^{aCD}	12.22±0.73 ^{aF}	9.65±0.18 ^{aDE}	10.30±0.47 ^{aE}	39.22±0.94 ^{bF}	49.19±0.94 ^{bG}
ฮ้านน้ำ500ppm	3.92±0.09 ^{abA}	4.50±0.36 ^{aA}	7.85±0.91 ^{abB}	9.78±0.18 ^{aC}	10.04±1.46 ^{aC}	12.42±0.64 ^{bD}	12.30±0.47 ^{aD}	10.63±0.00 ^{aC}	13.29±0.00 ^{aD}
สมุย500ppm	4.25±0.55 ^{bA}	4.66±0.14 ^{aA}	9.14±0.55 ^{cB}	9.20±0.64 ^{aB}	10.10±0.09 ^{aBC}	10.16±0.18 ^{aBC}	11.30±0.00 ^{aCD}	10.97±1.41 ^{aCD}	12.30±0.47 ^{aD}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าจะเป็นการค้าหรือไม่ก็ตาม เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าจะเป็นการค้าหรือไม่ก็ตาม เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.2 ค่า *p*-AV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

จากภาพที่4.2 เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า *p*-Av เพิ่มสูงขึ้นและสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้สามารถใช้ตรวจสอบการหืนในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองได้ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ต่ำกว่าน้ำมันที่เติมสารสกัดพืช แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพืชทุกชนิดมีศักยภาพในการกันหืนในน้ำมันได้ และค่า *p*-Av ของการเก็บรักษาวันที่ 56 น้ำมันที่เติมสารสกัดจากสมุยและฮ้านน้ำ ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้

- ค่า TBARS

การวิเคราะห์ค่า TBARS เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการวัดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไทโอบาร์บิทูริคกับไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ ซึ่งความเข้มของสีชมพูแดงแปรผันโดยตรงกับสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และรายงานค่าเป็นมิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ต่อกิโลกรัม .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.4 พบว่า ตัวอย่างควบคุม บีเอชที และสารสกัดพืชทุกชนิด มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดพืชทุกตัวอย่างมีค่า TBARS ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทุกชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยพบว่า การเก็บรักษาวันที่ 21 ถึงวันที่ 56 น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากสมุย 500 พีพีอ็ม มีค่า TBARS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

- ค่า FFA

การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA) หรือ Acid value (A.V.) Acid value ของน้ำมันคือ ปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม มีค่าพีเอชเป็นกลาง ซึ่งค่าที่ได้บ่งชี้ว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในน้ำมันถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า Acid value สูง แสดงถึงโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก หรือเกิด hydrolytic rancidity เกิดขึ้นในน้ำมันนั้น (นิธิยา, 2548)

จากตารางที่4.5 พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นตัวอย่างควบคุม น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที รวมทั้งน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากก่อข้าว มันปลา และฮ้านน้ำมีค่า FFA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในน้ำมันถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำ 500 พีพีเอ็ม มีค่า FFA สูงกว่าตัวอย่างชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ จะเห็นว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุยมีค่า FFA เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 35 และหลังจากนั้น ค่า FFA จะลดลงอย่างต่อเนื่อง

- ความคงตัวของตัวอย่างน้ำมัน

เป็นการทดสอบความไวของน้ำมันต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้เร่งให้เกิดเร็วขึ้นได้ เมื่อลิปิดได้รับความร้อน ออกซิเจน แสง และโลหะคะตะลิสต์บางชนิด นอกจากนี้ยังใช้ทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชัน การทดสอบนี้จะทำให้ทราบว่า น้ำมันสามารถเก็บไว้ได้นานเท่าไรจึงจะเริ่มเกิดออกซิเดชัน หรือ oxidative rancidity (นิธิยา,2548)

จากตารางที่4.6 แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาค่า Inductiont time มีแนวโน้มลดลงในทุกตัวอย่างการทดลอง และค่า Inductiont time ของการเก็บรักษาวันที่ 56 พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า Inductiont time ต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำและสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีค่า Induction time 2.84 และ 2.72 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำมันในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 56 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.7 โดยค่า ΔE เป็นค่าที่คำนวณได้จากความแตกต่างของค่าสี L^*, a^* และ b^* ซึ่งหากค่า ΔE มีค่าสูง แสดงว่า ตัวอย่างน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างเก็บรักษามาก จากการทดลองพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างควบคุม น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที และน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชมีค่า ΔE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี จากตารางที่4.7 จะเห็นได้ว่า การเก็บรักษาเป็นเวลา 56 วัน น้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างควบคุมมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที และมันปลา มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีใกล้เคียงกัน คือ 3.66 และ 3.45 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุยและฮ้านน้ำ มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีสูงที่สุดคือ 13.19 และ 9.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่า TBARS ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
ตัวอย่าง	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	3.24±0.09 ^{aA}	5.31±0.26 ^{bA}	15.82±0.70 ^{cB}	23.87±1.70 ^{cD}	19.35±0.16 ^{cdC}	26.74±2.01 ^{dDE}	27.42±0.05 ^{bcEF}	28.88±0.80 ^{bcEF}	30.08±2.82 ^{bF}
บีอชที75ppm	3.83±0.22 ^{abA}	5.29±0.56 ^{bA}	6.60±0.31 ^{abA}	16.38±2.03 ^{bB}	19.91±1.21 ^{dBC}	23.91±0.05 ^{cC}	28.89±2.97 ^{cD}	31.34±3.90 ^{cD}	30.22±1.86 ^{bD}
ชาก่อ500ppm	3.72±0.08 ^{abA}	4.37±0.05 ^{aA}	7.49±0.69 ^{abA}	13.78±1.53 ^{bB}	17.65±0.21 ^{cdBC}	20.77±0.56 ^{bC}	25.71±0.68 ^{bcD}	26.60±0.28 ^{abD}	25.82±0.22 ^{abD}
มันปลา500ppm	3.25±0.49 ^{aA}	4.17±0.16 ^{aA}	5.89±0.68 ^{abB}	6.74±0.24 ^{aBC}	7.78±0.46 ^{aC}	6.70±0.55 ^{aBC}	5.66±0.25 ^{aB}	23.06±0.08 ^{abD}	27.10±1.23 ^{abE}
ฮ้านน้ำ500ppm	4.21±0.54 ^{abA}	3.90±0.25 ^{aA}	6.67±0.92 ^{abB}	6.82±0.00 ^{aB}	15.74±1.35 ^{bC}	18.93±0.20 ^{bD}	25.51±0.78 ^{bcE}	26.39±0.36 ^{abE}	25.81±0.30 ^{abE}
สมุย500ppm	4.64±0.58 ^{bAB}	3.90±0.08 ^{aA}	8.05±0.04 ^{bD}	7.22±0.00 ^{aCD}	7.04±0.03 ^{aCD}	6.18±0.03 ^{aBC}	5.91±0.16 ^{aBC}	23.90±0.54 ^{abE}	24.41±1.93 ^{aE}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่า FFA ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	0.0608±0.0065 ^{aA}	0.0660±0.0046 ^{aA}	0.0790±0.0046 ^{aB}	0.0843±0.0083 ^{aBC}	0.0888±0.0018 ^{abBC}	0.1071±0.0074 ^{abE}	0.0934±0.0009 ^{aCD}	0.1039±0.0028 ^{aDE}	0.0960±0.0009 $^{aC-E}$
บีเอชที75ppm	0.0653±0.0037 ^{abA}	0.0614±0.0000 ^{aA}	0.0797±0.0037 ^{aB}	0.0895±0.0046 ^{abBC}	0.0843±0.0009 ^{abBC}	0.0954±0.0055 ^{abCD}	0.0954±0.0055 ^{aCD}	0.1045±0.0092 ^{aD}	0.1019±0.0037 ^{aD}
ชาก่อ500ppm	0.0797±0.0092 ^{cdAB}	0.0732±0.0111 ^{abA}	0.0915±0.0000 ^{bBC}	0.0941±0.0018 $^{a-cC}$	0.0960±0.0046 ^{bcC}	0.1104±0.0065 ^{abD}	0.1137±0.0055 ^{bDE}	0.1248±0.0009 ^{bE}	0.1405±0.0046 ^{cF}
มันปลา 500ppm	0.0764±0.0009 ^{bcA}	0.0869±0.0028 ^{bcAB}	0.1006±0.0055 ^{bBC}	0.0986±0.0046 ^{bcBC}	0.1196±0.0065 ^{dD}	0.1235±0.0102 ^{bD}	0.1124±0.0074 ^{bCD}	0.1065±0.0102 ^{abCD}	0.1196±0.0083 ^{bD}
ฮ้านน้ำ500ppm	0.0928±0.0000 ^{dA}	0.1098±0.0055 ^{dB}	0.1137±0.0037 ^{cBC}	0.1235±0.0028 ^{dC}	0.1405±0.0009 ^{eD}	0.1476±0.0018 ^{cDE}	0.1392±0.0083 ^{cD}	0.1437±0.0055 ^{cDE}	0.1548±0.0102 ^{cE}
สมุย500ppm	0.0745±0.0055 ^{bcA}	0.0921±0.0065 ^{cB}	0.0915±0.0018 ^{bB}	0.1058±0.0055 ^{cBC}	0.1058±0.0055 ^{cBC}	0.1261±0.0120 ^{bD}	0.1241±0.0000 ^{bDE}	0.1111±0.0111 ^{abCD}	0.0986±0.0009 ^{aBC}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่าความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	3.14±0.07 ^{aG}	2.80±0.17 ^{aF}	2.34±0.01 ^{aDE}	2.03±0.03 ^{aCD}	2.61±0.04 ^{bcEF}	1.76±0.02 ^{aBC}	1.59±0.11 ^{aAB}	1.71±0.01 $^{abA-C}$	1.40±0.35 ^{aA}
บีเอชที 75 ppm	3.14±0.15 ^{aD}	2.98±0.01 ^{abCD}	2.72±0.06 $^{aB-D}$	2.55±0.35 ^{bBC}	2.50±0.37 ^{abB}	1.85±0.04 ^{aA}	1.72±0.11 ^{aA}	1.66±0.13 ^{abA}	1.66±0.06 ^{aA}
ชาก่อ500ppm	3.08±0.13 ^{aD}	2.87±0.15 ^{aCD}	2.76±0.15 ^{aCD}	2.58±0.27 ^{abC}	2.15±0.15 ^{abB}	2.62±0.04 ^{bC}	1.78±0.07 ^{aA}	1.71±0.05 ^{abA}	1.67±0.09 ^{aA}
มันปลา500ppm	3.38±0.03 ^{bE}	3.24±0.12 ^{bDE}	3.08±0.14 ^{bCD}	3.04±0.00 ^{bC}	2.96±0.01 ^{cC}	2.92±0.04 ^{bB}	2.95±0.04 ^{bA}	1.90±0.07 ^{bA}	1.53±0.16 ^{aA}
ฮ้านน้ำ500ppm	3.05±0.00 ^{aB}	3.00±0.00 ^{abB}	2.89±0.00 ^{abB}	2.80±0.04 ^{abAB}	2.93±0.04 ^{bcB}	2.44±0.47 ^{bA}	2.79±0.12 ^{bAB}	2.83±0.04 ^{dAB}	2.84±0.09 ^{bAB}
สมุย500ppm	3.06±0.10 ^{aD}	2.88±0.06 ^{aCD}	2.81±0.03 ^{aBC}	2.79±0.00 $^{abA-C}$	2.88±0.09 ^{bcBC}	2.82±0.01 $^{bA-C}$	2.75±0.11 ^{bAB}	2.59±0.11 ^{cA}	2.72±0.07 ^{bAB}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตังอย่าง	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
ID	L*	a*	b*	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	98.07±0.04	-5.40±0.04	27.72±0.25	0.60±0.21 ^{A}	1.07±0.23 ^{AB}	0.53±0.03 ^{A}	0.66±0.37 ^{A}	0.68±0.21 ^{A}	1.46±0.35 ^{BC}	1.79±0.13 ^{C}	1.85±0.25 ^{C}
บีเอชที 75 ppm	98.17±0.16	-5.41±0.02	27.92±0.03	0.49±0.01 ^{A}	0.99±0.16 ^{AB}	0.58±0.39 ^{AB}	1.29±0.63 ^{BC}	1.96±0.43 ^{C}	3.83±0.05 ^{E}	3:17±0.04 ^{DE}	2.86±0.10 ^{D}
ก่อข้าว 500 ppm	89.15±0.07	-6.93±0.02	65.08±0.10	1.66±0.29 ^{A}	2.09±0.11 $^{A-C}$	1.73±0.85 ^{AB}	3.22±0.08 $^{A-D}$	3.36±1.26 $^{A-D}$	4.09±1.21 ^{D}	3.46±0.15 $^{B-D}$	3.66±0.18 ^{CD}
มันปลา 500 ppm	94.44±0.18	-6.28±0.49	40.67±0.21	1.71±1.27 ^{AB}	1.04±0.30 ^{A}	2.06±1.26 ^{AB}	1.36±0.40 ^{A}	2.43±1.72 ^{AB}	4.00±0.44 ^{B}	3.19±0.78 ^{AB}	3.45±0.64 ^{AB}
ฮ้านน้ำ 500 ppm	64.45±0.16	-11.28±0.07	92.46±0.03	4.85±0.36 ^{B}	6.67±0.72 ^{B}	2.37±0.26 ^{A}	8.72±1.35 ^{C}	9.99±1.74 ^{C}	8.97±0.00 ^{C}	9.59±0.14 ^{C}	9.61±0.08 ^{C}
สมุย 500 ppm	77.29±0.34	-6.30±0.07	97.76±0.21	2.69±0.76 ^{A}	5.59±0.82 ^{B}	3.68±0.04 ^{A}	7.10±0.71 ^{BC}	7.35±0.96 ^{C}	8.07±0.54 ^{C}	13.48±1.00 ^{D}	13.19±0.14 ^{D}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

4.2.1.2 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อให้ความร้อน

- ค่า CD

น้ำมันถั่วเหลืองควบคุม น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที และน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดพืชทุกชนิด เมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8วัน พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุยมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.8) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดสมุยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพในการทนความร้อนมากที่สุด จากตารางที่ 8 พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำมันเป็นเวลาแปดวันน้ำมันถั่วเหลืองควบคุม น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที และน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดก่อข้าว มีค่า CD เท่ากับ 18.61, 18.66 และ 18.66 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำมันปาล์มมีค่า CD สูงที่สุด (20.14 ไมโครโมลต่อกรัม)

ตารางที่ 4.8 ค่า CD ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

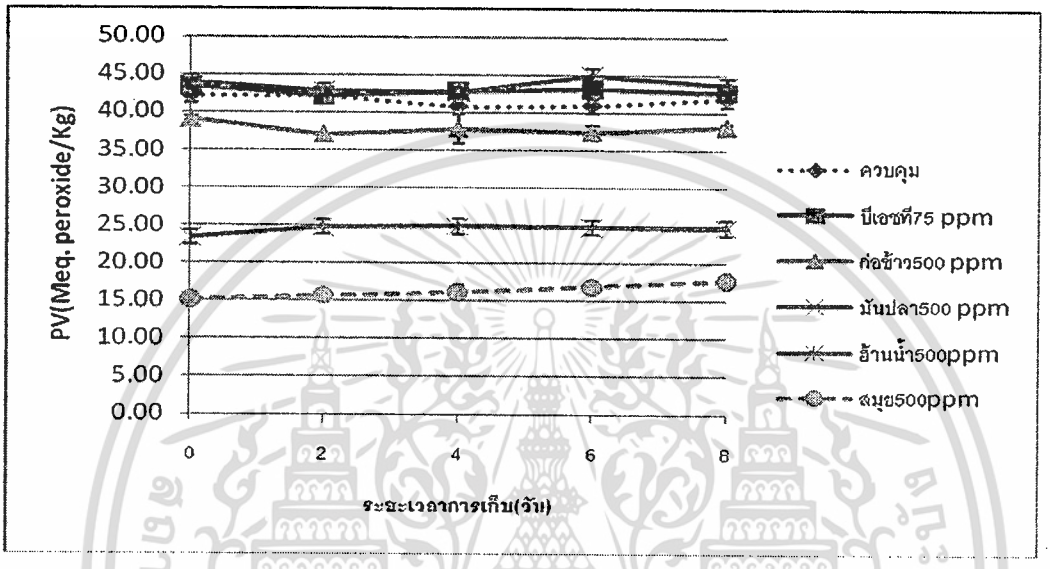
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
ตัวอย่าง	0	2	4	6	8
ควบคุม	18.22±0.74 ^{ab}	18.43±1.57 ^{a}	18.25±0.50 ^{ab}	17.69±1.04 ^{ab}	18.61±0.72 ^{ab}
บีเอชที 75ppm	18.61±0.33 ^{ab}	18.51±0.94 ^{a}	18.82±18.82 ^{b}	18.68±0.66 ^{bc}	18.66±1.80 ^{ab}
ก่อข้าว500ppm	19.27±0.34 ^{b}	18.94±1.24 ^{a}	18.23±0.16 ^{ab}	19.47±0.32 ^{c}	18.66±0.27 ^{ab}
มันปลา500ppm	18.40±0.24 ^{ab}	19.02±0.91 ^{a}	19.01±0.70 ^{b}	18.68±0.97 ^{bc}	20.14±0.71 ^{b}
ฮ้านน้ำ500ppm	18.37±1.64 ^{ab}	17.66±0.33 ^{a}	17.90±0.32 ^{ab}	16.71±0.18 ^{a}	17.80±0.17 ^{a}
สมุย500ppm	16.88±0.75 ^{a}	17.26±0.06 ^{a}	17.58±0.17 ^{a}	16.26±0.33 ^{a}	17.41±0.49 ^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า PV

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าหลังจากให้ความร้อน 180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8วัน น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุย 500 พีพีเอ็มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่า PV ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันที่เติมสารรสกัดฮ้านน้ำและก่อข้าวความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีค่า PV ต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองควบคุมและน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม แสดงว่าสารสกัดจากสมุยฮ้านนน้ำและก่อข้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนได้

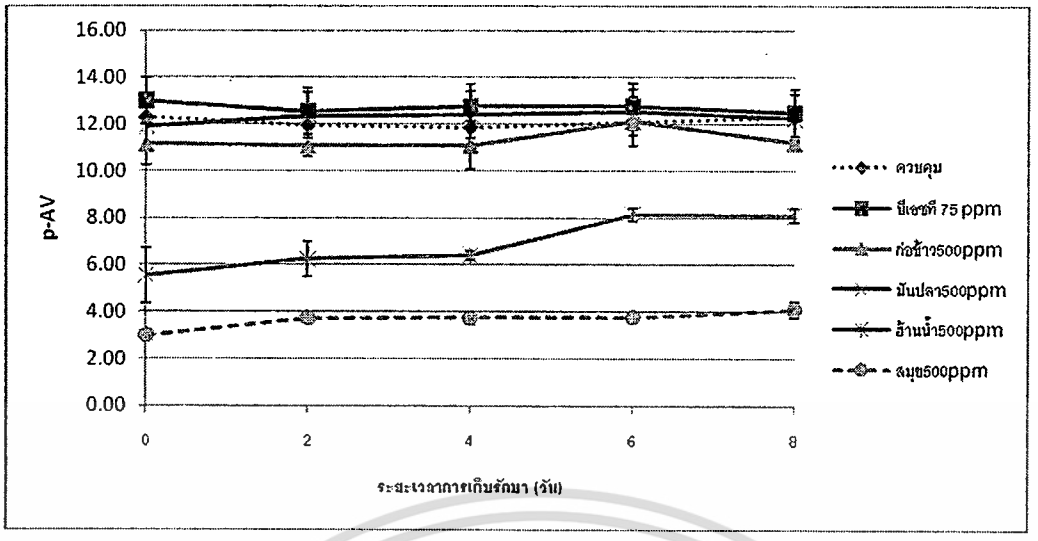


ภาพที่ 4.3 ค่า PV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

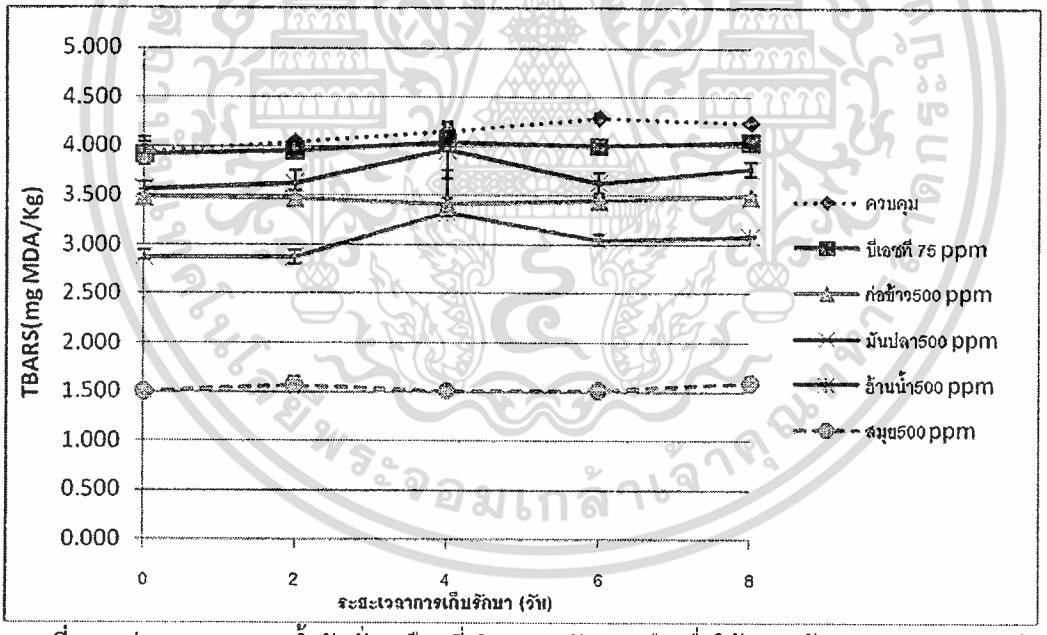
- ค่า *p*-AV

หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลือง และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วันพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุยมีค่า *p*-AV ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่4.4) นอกจากนี้น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำและก่อข้าว ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-AV ต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันถัวเหลืองควบคุมและน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากพืชสามชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน จากภาพที่ 4.4 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทุกตัวอย่างในการทดสอบมีค่า *p*-AVตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ค่า *p*-AV ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.5 ค่า TBARS ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า TBARS

จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่า TBARS มีผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่า PV และ *p*-AV คือ น้ำมันที่เติมสารสกัดสมุยมีค่า TBARS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำและก่อข้าว ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีค่า TBARS ต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองควบคุมและน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากพืชสามชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากการให้ความร้อน ตัวอย่างน้ำมันทุกตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ค่า FFA

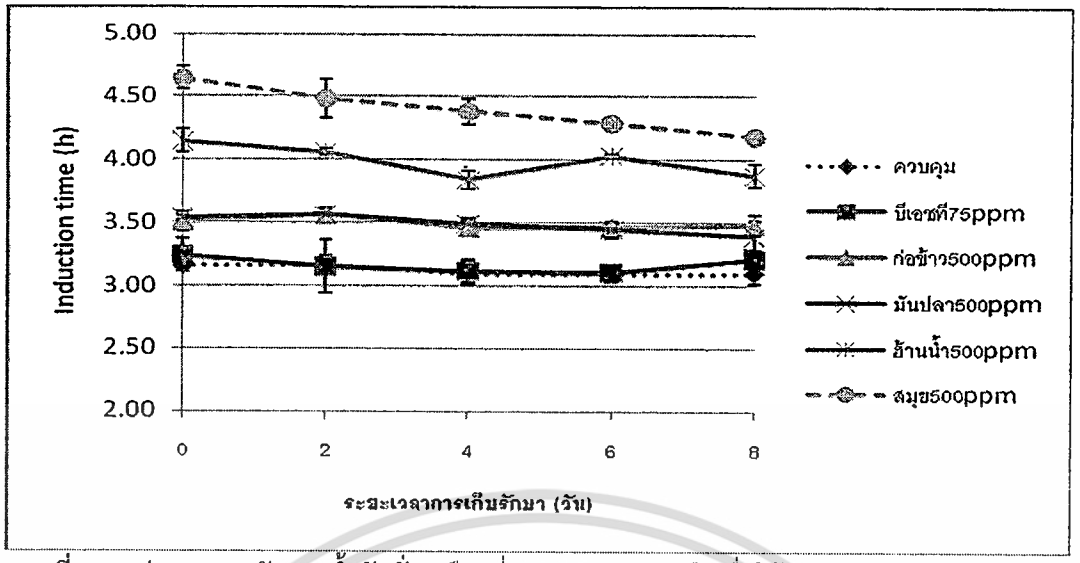
น้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นตัวอย่างควบคุม น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที รวมทั้งน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดนพืชทุกชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากให้ความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงของค่า FFA เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่4.9) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างควบคุม และน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม มีค่า FFA ต่ำกว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชทุกชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากให้ความร้อน

ตารางที่ 4.9 ค่า FFA ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	4	6	8
ควบคุม	0.0825±0.0055 ^{a}	0.0703±0.0064 ^{ab}	0.0722±0.0091 ^{a}	0.0599±0.0009 ^{a}	0.0606±0.0036 ^{a}
บีเอชที75ppm	0.0709±0.0036 ^{a}	0.0625±0.0027 ^{ab}	0.0638±0.0009 ^{a}	0.0587±0.0009 ^{a}	0.0683±0.0073 ^{ab}
ก่อข้าว500ppm	0.0954±0.0036 ^{c}	0.0999±0.0009 ^{d}	0.0877±0.0018 ^{b}	0.0831±0.0064 ^{c}	0.0838±0.0018 ^{cd}
มันปลา500ppm	0.0819±0.0009 ^{a}	0.0761±0.0036 ^{bc}	0.0696±0.0000 ^{a}	0.0690±0.0027 ^{b}	0.0683±0.0018 ^{ab}
ฮ้านน้ำ500ppm	0.1076±0.0009 ^{d}	0.1051±0.0082 ^{d}	0.0999±0.0009 ^{c}	0.1089±0.0046 ^{d}	0.0948±0.0009 ^{d}
สมุย500ppm	0.0909±0.0009 ^{c}	0.0870±0.0046 ^{c}	0.0838±0.0000 ^{b}	0.0819±0.0009 ^{c}	0.0806±0.0082 ^{bc}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ค่าความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

- ค่าความคงตัวของตัวอย่างน้ำมัน

น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุย 500 พีพีเอ็ม มีค่าความคงตัวของน้ำมันสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.6) นอกจากนี้ ยังพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำ มันปลา และก่อข้าว ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีความคงตัวมากกว่าน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างควบคุมและน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากพืชทั้งสี่ชนิดมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนได้ จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดสมุยหลังจากให้ความร้อน ค่าความคงตัวมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยวันที่ 0 และ 7 มีค่า Induction tiom 4.6 และ 4.18 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำมันชนิดอื่นมีค่า Induction time ใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

- การเปลี่ยนแปลงค่าสี

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดสมุย ฮ้านน้ำ ก่อข้าว และมันปลา 500 พีพีเอ็มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากให้ความร้อน ค่า ΔE ของตัวอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่า ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองควบคุมและน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที 75 พีพีเอ็ม หลังจากให้ความร้อนและเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 ค่า ΔE ของตัวอย่างทั้งสองนี้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากพืชเมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
ตังอย่าง	L*	a*	b*	2	4	6	8
ควบคุม	98.53±0.36	-4.96±0.17	21.61±1.48	0.21±0.05 ^{A}	0.59±0.23 ^{AB}	0.94±0.44 ^{AB}	1.23±0.49 ^{B}
บีเอชที 75 ppm	98.42±0.47	-4.98±0.16	21.84±1.31	0.34±0.02 ^{A}	0.70±0.08 ^{AB}	0.98±0.21 ^{B}	1.13±0.35 ^{B}
ก่อข้าว 500 ppm	88.82±0.13	-7.70±0.12	53.15±0.16	0.57±0.31 ^{A}	0.55±0.50 ^{A}	1.03±0.09 ^{A}	0.88±0.05 ^{A}
มันปลา500 ppm	92.38±0.94	-5.87±0.60	32.89±0.19	1.96±0.70 ^{A}	2.43±0.32 ^{A}	2.71±0.03 ^{A}	3.11±0.81 ^{A}
ฮ้านน้ำ 500 ppm	64.09±0.23	-4.23±0.32	83.83±0.66	0.82±0.39 ^{A}	1.32±0.01 ^{A}	1.29±0.12 ^{A}	1.41±0.05 ^{A}
สมุย 500 ppm	76.00±0.37	-2.20±0.25	75.73±0.50	1.02±0.43 ^{A}	1.84±0.57 ^{A}	1.97±0.42 ^{A}	1.88±0.12 ^{A}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

4.2.2 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปาล์ม

4.2.2.1 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มระหว่างการเก็บรักษา

- ค่า CD

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 56 วัน ค่า CD ของน้ำมันปาล์มตัวอย่างควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชทีและน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จะเห็นได้เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำมันเป็เวลา 56 วันค่า CD ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีค่าต่ำที่สุด (15.91±0.12 ไมโครโมลต่อกรัม) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่สามารถชะลอการหืนของน้ำมันปาล์ม รองจากสมุย 500 พีพีเอ็ม ได้แก่ สารสกัดผักสมุย 350 พีพีเอ็ม และสารสกัดจากเชียงดา 500 พีพีเอ็ม (17.60 และ 18.29 ไมโครโมล) ซึ่งสารสกัดทั้ง 3 ชนิดนี้ มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ดีกว่าน้ำมันที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม ทั้งนี้สารสกัดจากเชียงดาและสมุยอาจจะมีคุณสมบัติเป็นตัวจับอนุมูลเฟอร์ริก

- ค่า PV

จากตารางที่4.12 พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 56 วัน ค่า PV ของตัวอย่างน้ำมันควบคุม น้ำมันที่เติมบีเอชที และน้ำมันที่เติมสารสกัดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่า PV ของการเก็บรักษาวันที่ 56 พบว่า ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดจากสมุยความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม รวามทั้งน้ำมันที่เติมสารสกัดจากเชียงดาความเข้มข้น 350 และ500 พีพีเอ็ม มีค่า PV ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้ ทั้งนี้สารสกัดจากเชียงดาและสมุยอาจจะมีคุณสมบัติเป็นตัวจับอนุมูลเฟอร์ริก

- ค่า *p*-AV

จากตารางที่4.13 เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่า ตัวอย่างน้ำมันปาล์มควบคุมมีค่า *p*-Av เพิ่มสูงขึ้นและสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่างอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้สามารถใช้ตรวจสอบการหืนในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองได้ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมบีเอชที มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ต่ำกว่าน้ำมันที่เติมสารสกัดพืช แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพืชทุกชนิดมีศักยภาพในการกันหืนในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็มได้ และค่า *p*-Av ของการเก็บรักษาวันที่ 56 น้ำมันที่เติมสารสกัดจากสมุยความเข้มข้น 350 และ500 พีพีเอ็ม รวามทั้งน้ำมันที่เติมสารสกัดจากเชียงดาความเข้มข้น 350 และ500 พีพีเอ็ม มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษาได้ ทั้งนี้สารสกัดจากเชียงดาและ สมุยอาจจะมีคุณสมบัติเป็นตัวจับอนุมูลเฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่า CD ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิอออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลากเรเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	7.79±0.14 ^{aA}	11.37±0.08 ^{bB}	13.03±0.06 ^{bC}	15.27±0.07 ^{cD}	15.52±0.22 ^{dD}	16.60±0.54 ^{cE}	18.32±0.03 ^{cF}	18.50±0.51 ^{dF}	21.80±0.19 ^{dG}
บีเอชที 200 ppm	7.80±0.14 ^{aA}	10.59±0.34 ^{abB}	11.36±0.56 ^{aB}	13.08±0.13 ^{bC}	13.69±0.02 ^{bC}	17.65±0.17 ^{cD}	20.25±0.41 ^{dE}	22.51±0.62 ^{eG}	21.51±0.12 ^{dF}
เชียงดา 350 ppm	8.24±0.29 ^{bA}	10.44±0.03 ^{abB}	14.10±0.03 ^{bC}	17.66±0.08 ^{dE}	15.34±0.19 ^{dD}	17.84±0.83 ^{cE}	17.52±0.34 ^{cE}	17.51±0.25 ^{cE}	23.41±0.29 ^{eF}
เชียงดา 500 ppm	8.34±0.11 ^{bA}	10.30±0.26 ^{abB}	10.88±1.18 ^{aB}	13.29±0.32 ^{bD}	11.46±0.13 ^{aBC}	12.57±0.80 ^{aCD}	13.49±0.62 ^{bD}	17.16±0.05 ^{bcE}	18.29±0.03 ^{cE}
สมุย350 ppm	8.45±0.11 ^{bA}	10.79±0.69 ^{abB}	11.04±0.47 ^{aB}	11.72±0.01 ^{aBC}	11.60±0.33 ^{aBC}	12.23±0.47 ^{aCD}	13.14±0.66 ^{abD}	16.19±0.04 ^{aE}	17.06±0.11 ^{bE}
สมุย500 ppm	8.23±0.08 ^{bA}	10.75±0.48 ^{abB}	11.08±0.29 ^{aBC}	11.74±0.75 ^{aCD}	11.29±0.24 ^{aBC}	14.12±0.27 ^{bE}	12.27±0.31 ^{aD}	16.61±0.08 ^{abF}	15.91±0.12 ^{aF}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่า PV ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	0.52±0.00 ^{abA}	2.81±0.13 ^{abA}	10.07±1.32 ^{bC}	2.38±0.27 ^{aB}	17.37±0.18 ^{cD}	19.36±0.45 ^{dE}	25.67±0.09 ^{eF}	25.60±0.18 ^{eF}	30.94±0.64 ^{eG}
บีเอชที200ppm	0.22±0.00 ^{aA}	3.36±0.06 ^{abB}	6.88±0.09 ^{aC}	11.39±0.27 ^{dD}	12.55±0.27 ^{bE}	14.54±0.36 ^{cF}	16.28±0.09 ^{dG}	28.11±0.64 ^{fI}	27.34±0.27 ^{dH}
เชียงดา 350ppm	1.93±0.38 ^{dA}	6.72±0.03 ^{dB}	6.95±0.82 ^{aBC}	7.40±0.09 ^{bBC}	7.98±0.73 ^{aC}	14.80±0.73 ^{cD}	14.73±0.27 ^{cD}	20.84±0.18 ^{dE}	24.58±0.36 ^{cF}
เชียงดา 500 ppm	0.99±0.16 ^{cA}	4.22±0.89 ^{bcB}	8.01±2.50 ^{bcC}	8.69±0.27 ^{cC}	8.94±0.09 ^{aC}	11.77±1.36 ^{bD}	13.83±0.27 ^{cD}	16.47±0.73 ^{cE}	16.47±0.55 ^{bE}
สมุย350 ppm	0.66±0.03 ^{bcA}	4.39±0.10 ^{cB}	6.11±0.18 ^{aC}	7.78±0.27 ^{bD}	8.88±0.73 ^{aD}	8.49±0.36 ^{aD}	11.32±1.27 ^{bE}	12.48±0.91 ^{bE}	15.76±0.09 ^{bF}
สมุย500 ppm	0.86±0.06 ^{bcA}	4.08±0.08 ^{bcB}	5.73±0.18 ^{aC}	7.46±0.55 ^{bD}	8.36±0.18 ^{aDE}	10.04±1.09 ^{abF}	8.23±0.00 ^{aDE}	9.14±0.73 ^{aEF}	9.39±1.09 ^{aEF}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.13 ค่า *p*-AV ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	1.63±0.10 ^{eA}	2.80±0.14 ^{cBC}	2.40±0.04 ^{dB}	3.17±0.09 ^{dCD}	±0.01 ^{cD}	4.45±0.33 ^{aE}	4.11±0.32 ^{dE}	4.11±0.27 ^{dE}	4.26±0.08 ^{eE}
บีเอชที200ppm	1.26±0.03 ^{dA}	2.61±0.05 ^{cB}	2.96±0.18 ^{cAB}	3.05±0.00 $^{dB-D}$	3.45±0.32 $^{cC-E}$	3.93±0.43 ^{aE}	3.41±0.24 ^{cCD}	3.51±0.16 ^{cDE}	3.53±0.01 ^{dDE}
เชียงดา 350 ppm	1.09±0.02 ^{cA}	1.57±0.04 ^{bBC}	1.70±0.12 ^{bC}	1.43±0.07 ^{cB}	2.31±0.24 ^{bDE}	2.36±0.04 ^{bE}	2.10±0.08 ^{bD}	2.14±0.07 ^{bDE}	2.15±0.05 ^{cDE}
เชียงดา 500 ppm	0.83±0.04 ^{bA}	1.07±0.02 ^{aB}	1.18±0.03 ^{aB}	1.17±0.09 ^{bB}	1.10±0.07 ^{aB}	1.70±0.04 ^{aC}	1.71±0.01 ^{abC}	1.74±0.06 ^{aC}	1.73±0.02 ^{bC}
สมุย350ppm	0.52±0.07 ^{aA}	1.13±0.12 ^{aBC}	1.28±0.08 ^{aC}	1.04±0.03 ^{abB}	1.05±0.04 ^{aB}	1.68±0.04 ^{aD}	1.62±0.06 ^{aD}	1.67±0.00 ^{aD}	1.70±0.10 ^{abD}
สมุย500 ppm	0.46±0.03 ^{aA}	1.14±0.07 ^{aC}	1.15±0.02 ^{aC}	1.00±0.04 ^{aB}	1.05±0.05 ^{aCD}	1.57±0.01 ^{aD}	1.51±0.07 ^{aD}	1.55±0.05 ^{aD}	1.57±0.01 ^{abD}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

- ค่า TBARS

ตัวอย่างน้ำมันปาล์มควบคุม บีเอชที และสารสกัดพืชทุกชนิด มีค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่4.14) โดยค่า TBARS ของตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดเชียงดา 500 พีพีเอ็ม มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชทั้งสามตัวอย่างนี้สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็มระหว่างการเก็บรักษาได้ ทั้งนี้สารสกัดจากเชียงดาและ สมุยอาจจะมีคุณสมบัติเป็นตัวจับอนุมูลเฟอร์ริก

- ค่า FFA

จากตารางที่4.15 พบว่าน้ำมันปาล์มที่เป็นตัวอย่างควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม และมันปาล์มที่เติมสารสกัดเชียงดาความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม ค่า FFA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในน้ำมันถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มควบคุม ค่า FFA มีแนวโน้มต่ำกว่าตัวอย่างชนิดอื่น

- ค่าความคงตัวของน้ำมัน

เมื่อเติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 350และ500พีพีเอ็ม รวมทั้งสารสกัดเชียงดา 350 และ 500 พีพีเอ็ม ลงในน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 56 วัน ค่าความคงตัวของน้ำมันมีค่าสูงกว่าน้ำมันตัวอย่างควบคุม และน้ำมันที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม โดยมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่4.16) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากพืชมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็มในระหว่างการเก็บรักษา

- การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำมันในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 56 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.17 โดยค่า ΔE เป็นค่าที่คำนวณได้จากความแตกต่างของค่าสี L^*, a^* และ b^* ซึ่งหากค่า ΔE มีค่าสูง แสดงว่า ตัวอย่างน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างเก็บรักษามาก จากการทดลองพบว่า น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชมีค่า ΔE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี แต่ในทางตรงข้ามตัวอย่างน้ำมันปาล์มควบคุมมีค่า ΔE แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
ตัวอย่าง	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	0.48±0.05 ^{bA}	3.34±0.00 ^{dB}	4.99±0.41 ^{dC}	3.35±0.38 ^{aB}	6.90±0.49 ^{cD}	6.82±0.27 ^{dD}	9.92±0.91 ^{dE}	10.51±0.24 ^{dE}	10.13±0.96 ^{cE}
บีเอชที200 ppm	0.12±0.01 ^{aA}	3.15±0.18 ^{cdB}	4.47±0.63 ^{cdC}	5.01±0.70 ^{bC}	5.04±0.67 ^{bC}	5.26±0.01 ^{cC}	6.78±0.07 ^{cD}	6.83±0.00 ^{cD}	6.84±0.55 ^{bD}
เชียงดา 350 ppm	1.28±0.11 ^{cA}	3.56±0.18 ^{dB}	4.80±0.63 ^{cdC}	5.18±0.50 ^{bCD}	5.72±0.28 ^{bD}	5.28±0.29 ^{cCD}	5.72±0.33 ^{bD}	5.36±0.27 ^{bCD}	7.18±0.08 ^{bE}
เชียงดา 500 ppm	1.10±0.18 ^{cA}	2.60±0.25 ^{abB}	3.79±0.57 ^{bcC}	3.90±0.17 ^{aC}	4.04±0.26 ^{aCD}	4.45±0.08 $^{bC-E}$	4.38±0.17 $^{aC-E}$	4.71±0.49 ^{bDE}	4.93±0.04 ^{aE}
สมุย350 ppm	0.50±0.03 ^{bA}	2.72±0.29 ^{bcB}	2.79±0.08 ^{abB}	3.22±0.20 ^{aBC}	3.47±0.20 ^{aC}	3.49±0.07 ^{aC}	4.08±0.08 ^{aD}	2.68±0.50 ^{aB}	4.94±0.22 ^{aE}
สมุย500 ppm	0.33±0.02 ^{abA}	2.22±0.01 ^{aB}	2.57±0.01 ^{aC}	3.22±0.04 ^{aDE}	3.19±0.17 ^{aD}	3.23±0.20 ^{aDE}	3.53±0.08 ^{aE}	2.70±0.23 ^{aC}	4.21±0.21 ^{aF}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
ตัวอย่าง	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	0.0783±0.0017 ^{bA}	0.0830±0.0034 ^{abAB}	0.0777±0.0008 ^{aA}	0.0848±0.0008 $^{aA-C}$	0.0925±0.0050 ^{abC}	0.0896±0.0008 $_{aBC}$	0.1073±0.0075 ^{aD}	0.0919±0.0042 ^{aBC}	0.0789±0.0025 ^{aA}
บีเอชที200ppm	0.0712±0.0000 ^{aA}	0.0729±0.0042 ^{aAB}	0.0842±0.0034 $^{aA-C}$	0.0765±0.0126 ^{aAB}	0.0907±0.0126 $^{aB-D}$	0.0990±0.0109 ^{abCD}	0.1423±0.0034 ^{bcE}	0.1441±0.0042 ^{bcE}	0.1044±0.0034 ^{b}
เขียงดา 350 ppm	0.0949±0.0017 ^{cBC}	0.0860±0.0008 ^{bA}	0.0913±0.0000 ^{bAB}	0.0919±0.0059 ^{abAB}	0.0996±0.0017 ^{abCD}	0.1204±0.0008 ^{dE}	0.1352±0.0017 ^{bcF}	0.1305±0.0034 ^{bcF}	0.1044±0.0050 ^{bD}
เขียงดา 500 ppm	0.0901±0.0034 ^{cA}	0.1151±0.0067 ^{dB}	0.1168±0.0059 ^{dB}	0.1056±0.0050 ^{bB}	0.1073±0.0075 ^{abB}	0.1151±0.0017 ^{cdB}	0.1548±0.0059 ^{cdC}	0.1477±0.0109 ^{cC}	0.1097±0.0008 ^{bB}
สมุย350 ppm	0.0783±0.0034 ^{bA}	0.1002±0.0075 ^{cB}	0.1044±0.0017 ^{cB}	0.1044±0.0050 ^{bB}	0.1062±0.0109 ^{abB}	0.1056±0.0017 ^{bcB}	0.1613±0.0084 ^{dC}	0.1483±0.0000 ^{cC}	0.1589±0.0017 ^{cC}
สมุย500 ppm	0.0795±0.0034 ^{bA}	0.1008±0.0034 ^{cBC}	0.0943±0.0008 ^{bB}	0.1068±0.0034 $^{bB-D}$	0.1133±0.0075 ^{bCB}	0.1168±0.0008 ^{cdD}	0.1168±0.0025 ^{aD}	0.1441±0.0042 ^{bcE}	0.1524±0.0126 ^{cE}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.16 ค่าความคงตัวของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
ตัวอย่าง	0	7	14	21	28	35	42	49	56
ควบคุม	0.75±0.00 ^{aA}	1.50±0.15 ^{aAB}	1.63±0.05 ^{aAB}	1.85±0.08 ^{aB}	1.31±0.07 ^{aAB}	1.70±0.38 ^{aAB}	1.71±0.79 ^{aAB}	2.23±0.22 ^{aB}	1.65±0.86 ^{aAB}
บีเอชที 200ppm	1.25±0.10 ^{aA}	1.95±0.01 ^{aAB}	2.08±0.13 ^{aAB}	2.31±0.13 ^{aAB}	2.23±0.34 ^{bAB}	2.69±0.11 ^{bB}	2.42±0.94 ^{aAB}	2.07±0.76 ^{aAB}	2.27±0.57 ^{aAB}
เชียงดา 350ppm	5.77±0.42 $^{bB-D}$	5.44±0.31 $^{bA-C}$	5.97±0.96 $^{bB-D}$	6.23±1.03 $^{bB-D}$	6.13±0.33 $^{cB-D}$	4.89±0.41 ^{cAB}	6.58±0.32 ^{bCD}	7.10±0.29 ^{bD}	4.34±0.08 ^{bA}
เชียงดา 500ppm	9.21±0.59 ^{dA}	8.60±1.38 ^{cA}	8.60±1.13 ^{cA}	8.71±0.66 ^{cA}	8.67±0.49 ^{dA}	8.37±0.10 ^{dA}	7.93±1.45 ^{bcA}	7.81±0.72 ^{bA}	8.89±0.40 ^{cdA}
สมุย350ppm	8.16±0.28 ^{cA}	9.84±0.24 ^{cB}	10.07±0.12 ^{cB}	9.64±0.44 ^{cdB}	9.61±0.01 ^{eB}	9.65±0.23 ^{eB}	9.38±0.69 ^{cdB}	10.03±0.52 ^{cB}	8.48±0.15 ^{cdA}
สมุย500ppm	9.03±0.25 ^{dA}	9.91±0.14 ^{cAB}	10.17±0.30 ^{cB}	10.23±0.56 ^{dB}	10.05±0.01 ^{eAB}	10.25±0.09 ^{eB}	10.47±0.24 ^{dB}	9.93±0.62 ^{cAB}	10.11±0.86 ^{dB}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันปาล์มที่เติมเฟอร์ริกอิออน 5 พีพีเอ็ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 วัน

ตังอย่าง	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	L*	a*	b*	7	14	21	28	35	42	49	56
Control	81.78±0.38	-0.03±0.08	52.01±0.24	10.11±0.82 ^{A}	13.41±1.15 ^{A}	9.06±0.38 ^{A}	13.95±1.53 ^{A}	10.94±2.52 ^{A}	11.95±4.83 ^{A}	8.71±0.14 ^{A}	11.97±4.59 ^{A}
BHT 200 ppm	83.21±0.38	-1.17±0.14	50.91±0.01	28.73±0.31 ^{A}	30.56±0.90 ^{AB}	33.39±0.06 ^{BC}	35.98±2.38 ^{CD}	34.89±0.26 ^{CD}	37.13±2.32 ^{D}	37.66±0.93 ^{D}	37.73±1.46 ^{D}
เชียงดา 350 ppm	68.28±0.71	-4.14±0.18	92.11±3.01	4.14±0.36 ^{A}	5.54±1.09 ^{AB}	6.73±1.70 $^{A-C}$	7.05±2.16 ^{BC}	9.23±0.17 ^{CD}	6.51±0.11 ^{AB}	7.02±0.11 ^{BC}	10.87±0.13 ^{D}
เชียงดา 500 ppm	64.07±0.33	-2.82±0.13	99.39±0.75	5.59±0.89 ^{A}	9.81±1.16 ^{B}	9.53±1.43 ^{B}	9.87±0.65 ^{B}	10.16±0.67 ^{B}	10.33±0.75 ^{B}	10.40±0.61 ^{B}	10.12±0.25 ^{B}
สมุย 350 ppm	76.49±0.07	-5.16±0.17	89.62±0.07	6.55±0.84 ^{A}	9.03±0.49 ^{B}	9.45±0.17 ^{BC}	10.04±0.19 ^{CD}	10.25±0.31 ^{CD}	10.23±0.11 ^{CD}	10.37±0.02 ^{CD}	10.70±0.30 ^{D}
สมุย 500 ppm	71.92±0.35	-3.61±0.11	94.67±0.12	6.94±0.38 ^{A}	9.83±0.28 ^{B}	10.02±0.41 ^{B}	11.26±1.31 ^{B}	10.71±0.36 ^{B}	10.29±0.43 ^{B}	10.73±0.61 ^{B}	11.02±0.56 ^{B}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

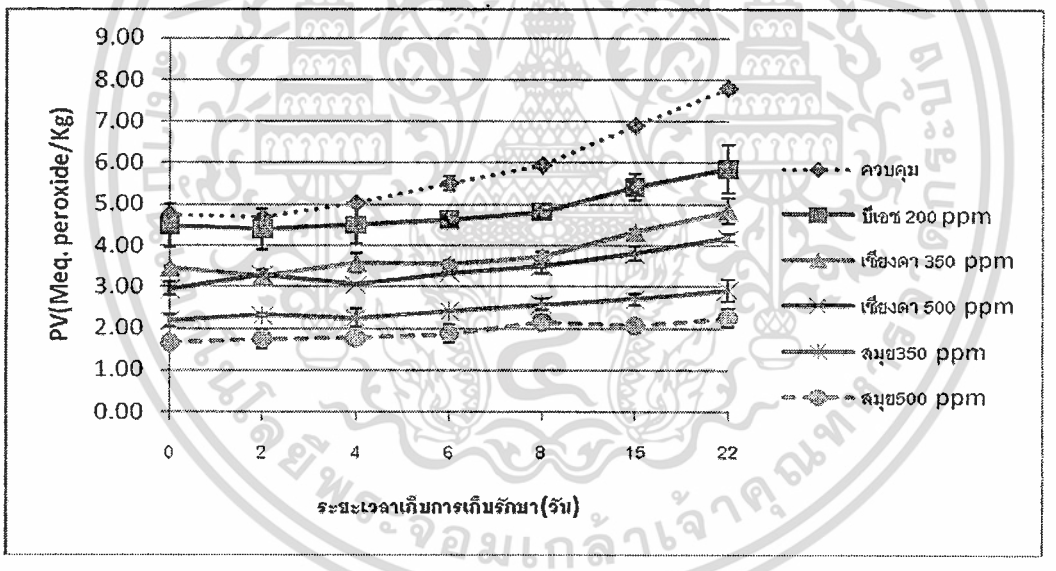
4.2.2.2 การศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มเมื่อให้ความร้อน

- ค่า CD

น้ำมันปาล์มควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที และน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดพืชทุกตัวอย่าง เมื่อให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน พบว่า ค่า CD ของการเก็บรักษาวันที่ 22 มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.18) นอกจากนี้ หลังจากการให้ความร้อนและเก็บรักษาไว้จะพบว่า ในการเก็บรักษาวันที่ 6 ถึงวันที่ 22 ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดจากพืชมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม

- ค่า PV

การวิเคราะห์ค่า PV เป็นการวิเคราะห์สารที่เกิดขึ้นในขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน จะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) จากภาพที่4.7 หลังจากให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำมัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน ค่า PV ของตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดพืชทุกตัวอย่างมีค่า PV ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แสดงว่าสารสกัดพืชสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันที่ให้ความร้อน



ภาพที่ 4.7 ค่า PVของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ค่า CD ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
ตัวอย่าง	0	2	4	6	8	15	22
ควบคุม	9.71±0.23 ^{cAB}	9.20±0.10 ^{bA}	10.11±0.01 ^{cB}	9.89±0.28 ^{bB}	10.18±0.13 ^{cB}	10.75±0.13 ^{cC}	11.51±0.00 ^{cD}
บีเอชที 200 ppm	9.56±0.13 ^{bcAB}	8.72±0.51 ^{abA}	9.94±0.14 ^{cBC}	9.52±0.13 ^{bAB}	10.40±0. ^{cBC} 22	10.30±0.25 ^{bcBC}	10.52±0.26 ^{bC}
เชียงดา 350 ppm	8.79±0.08 ^{aAB}	8.07±0.17 ^{aA}	8.52±0.31 ^{aAB}	8.52±0.07 ^{aAB}	8.86±0.12 ^{aAB}	9.07±0.50 ^{aAB}	9.40±0.37 ^{aB}
เชียงดา 500 ppm	8.82±0.19 ^{aBC}	8.02±0.31 ^{aA}	8.87±0.11 ^{abBC}	8.46±0.10 ^{aAB}	8.87±0.08 ^{aBC}	9.18±0.02 ^{aCD}	9.64±0.02 ^{aD}
สมุย350 ppm	9.56±0.11 ^{bcBC}	8.50±0.19 ^{abA}	9.75±0.09 ^{cCD}	8.63±0.07 ^{aA}	9.53±0.00 ^{bBC}	9.24±0.13 ^{abB}	10.01±0.06 ^{abD}
สมุย500 ppm	9.15±0.04 ^{abB}	7.98±0.14 ^{aA}	9.17±0.01 ^{bB}	8.99±0.12 ^{aB}	9.35±0.03 ^{bB}	9.72±0.21 ^{abC}	9.73±0.06 ^{aC}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

- ค่า *p*-AV

หลังจากให้ความร้อนกับตัวอย่างน้ำมันปาล์มและเก็บรักษาเป็นเวลา 22 วัน พบว่าน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุย350 และ500 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดเชียงดา 350 และ 500 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-AV ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่4.19) แสดงว่า สารสกัดจากพืชมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกอดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ให้ความร้อน จากตาราที่ 4.19 ยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างหลังจากให้ความร้อน ในแต่ละตัวอย่างน้ำมันจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 22 มีค่า *p*-AV แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ค่า TBARS

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าค่า TBARS มีผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่า *p*-AV คือ น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุย350 และ500 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดเชียงดา 350 และ 500 พีพีเอ็ม มีค่า TBARS ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากพืช มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนในน้ำมันปาล์มที่ผ่านความร้อน จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากการให้ความร้อน ตัวอย่างน้ำมันทุกตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

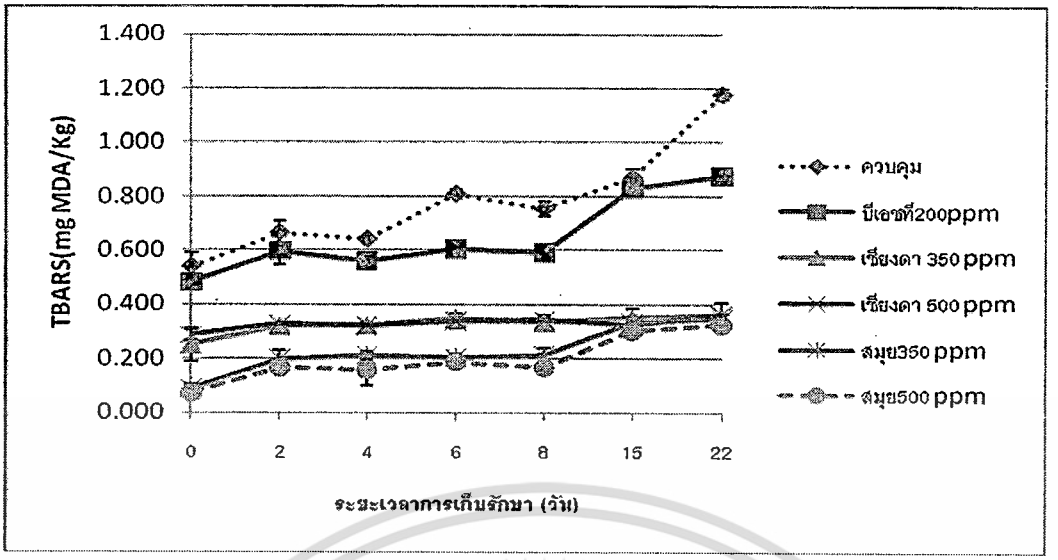
- ค่า FFA

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า น้ำมันปาล์มที่เป็นตัวอย่างควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที รวมทั้งน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม และมันปาล์มที่เติมสารสกัดเชียงดาความเข้มข้น 350 และ 500 พีพีเอ็ม ค่า FFA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจ(ตารางที่ 4.20) แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในน้ำมันถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม ค่า FFA มีแนวโน้มต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดจากพืช

- ค่าความคงตัวของน้ำมัน

สารสกัดจากสมุย 500 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของน้ำมันปาล์มหลังจากให้ความร้อน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา22 วัน โดยมีค่า Induction time สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่4.9) พืชที่มีประสิทธภาพรองลงมา ได้แก่ สารสกัดจากสมุยสารสกัดจากสมุย 500 พีพีเอ็ม นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากเชียงดา 350 และ 500 พีพีเอ็ม ยังมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของน้ำมันปาล์มได้ โดยสังเกตจากภาพที่ 4.9 ค่า Induction time มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็น เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ค่า *p*-AV ของน้ำมันปาล์มเมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	15	22
ควบคุม	9.01±0.45 ^{cAB}	9.31±0.21 ^{dB}	9.00±0.34 ^{dAB}	8.90±0.29 ^{cAB}	8.58±0.12 ^{cA}	8.51±0. 09 ^{dA}	9.13±0.24 ^{dAB}
บีเอชที200ppm	8.88±0.32 ^{cA}	9.02±0.18 ^{dA}	9.14±0.31 ^{dA}	8.67±0.09 ^{cA}	9.21±0.14 ^{dA}	9.02±0.21 ^{dA}	8.85±0.23 ^{dA}
เชียงดา 350 ppm	4.07±0.15 ^{bAB}	4.43±0.39 ^{cB}	4.59±0.17 ^{cB}	4.13±0.09 ^{bAB}	3.71±0.29 ^{abA}	4.09±0.02 ^{cAB}	4.56±0.15 ^{cB}
เชียงดา 500ppm	4.01±0.02 ^{bBC}	3.95±0.10 ^{bcAB}	4.45±0.16 ^{cC}	4.08±0.17 ^{bBC}	4.02±0.18 ^{bBC}	3.53±0.32 ^{bA}	3.62±0.23 ^{bAB}
สมุย350 ppm	3.81±0.11 ^{bAB}	3.66±0.10 ^{abAB}	3.72±0.09 ^{bAB}	3.78±0.10 ^{bAB}	3.53±0.06 ^{aA}	3.52±0.29 ^{bA}	3.97±0.15 ^{bB}
สมุย500 ppm	2.84±0.06 ^{aAB}	3.16±0.32 ^{aBC}	3.01±0.10 $^{aA-C}$	3.16±0.04 ^{aBC}	3.34±0.21 ^{aC}	2.63±0.23 ^{aA}	2.99±0.04 $^{aA-C}$

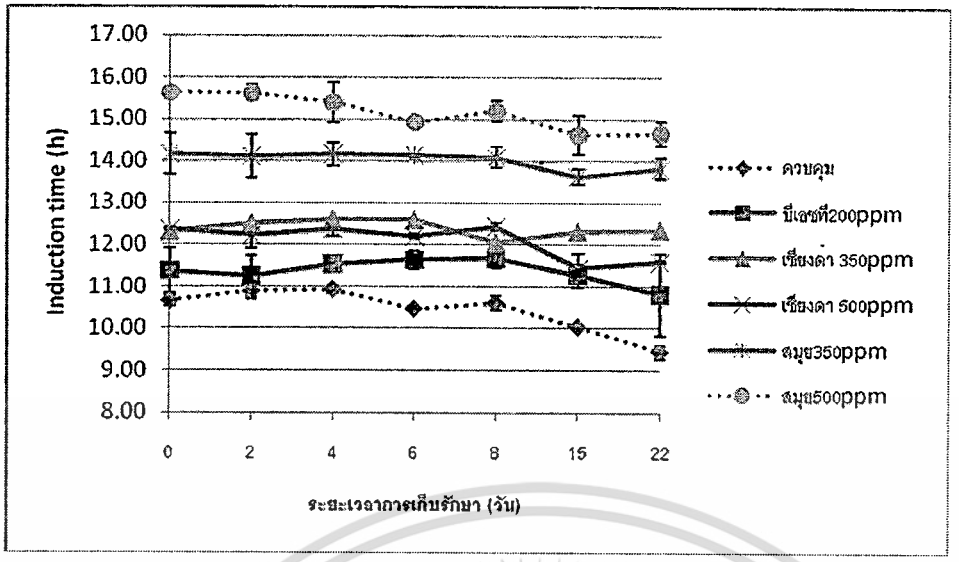
หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.20 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	15	22
ควบคุม	0.0784±0.0033 ^{abAB}	0.0743±0.0008 ^{bAB}	0.0731±0.0091 ^{aAB}	0.0714±0.0033 ^{aA}	0.0749±0.0050 ^{aAB}	0.0831±0.0017 ^{aBC}	0.0919±0.0025 ^{bC}
บีเอชที200ppm	0.0755±0.0008 ^{aCD}	0.0661±0.0041 ^{aA}	0.0714±0.0000 ^{aBC}	0.0685±0.0008 ^{aAB}	0.0778±0.0008 ^{abDE}	0.0848±0.0008 ^{abEF}	0.0813±0.0025 ^{aF}
เชียงดา 350 ppm	0.0825±0.0008 ^{bcA}	0.0802±0.0008 ^{baA}	0.0749±0.0033 ^{aA}	0.0819±0.0033 ^{bA}	0.0778±0.0025 ^{abA}	0.0907±0.0008 ^{bB}	0.0989±0.0058 ^{bC}
เชียงดา 500 ppm	0.0837±0.0025 $^{bcA-C}$	0.0772±0.0017 ^{bA}	0.0790±0.0041 ^{abAB}	0.0819±0.0033 ^{bAB}	0.0907±0.0025 ^{bcCD}	0.0860±0.0041 ^{abBC}	0.0977±0.0041 ^{bD}
สมุย350 ppm	0.0866±0.0000 ^{bcB}	0.0778±0.0025 ^{bA}	0.0819±0.0017 ^{abAB}	0.0884±0.0008 ^{cB}	0.0860±0.0041 ^{cB}	0.0884±0.0025 ^{abB}	0.1018±0.0050 ^{bC}
สมุ่ย500 ppm	0.0819±0.0033 ^{bcAB}	0.0813±0.0041 ^{bA}	0.0889±0.0017 $^{bA-C}$	0.0989±0.0025 ^{dD}	0.0837±0.0008 ^{cAB}	0.0895±0.0041 ^{abBC}	0.0948±0.0033 ^{bCD}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.9 เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

- การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ค่าความแตกต่างของสี *(ΔE)* ของน้ำมันปาล์มหลังจากให้ความร้อนและเก็บรักษาเป็นเวลา 22 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.21 โดยค่า *ΔE* เป็นค่าที่คำนวณได้จากความแตกต่างของค่าสี *L**, *a** และ *b** ซึ่งหากค่า *ΔE* มีค่าสูง แสดงว่า ตัวอย่างน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างเก็บรักษามาก จากการทดลอง พบว่า น้ำมันปาล์มตัวอย่างควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที และน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชมีค่า *ΔE* เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างการทดลองแสดงว่าระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากการให้ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันปาล์ม เมื่อเติมสารสกัดจากพืชและให้ความร้อน180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

ตังอย่าง	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	L*	a*	b*	2	4	6	8	15	22
ควบคุม	91.84±0.00	-5.13±0.01	55.04±0.13	0.41±0.05 ^{BC}	0.47±0.03 ^{CD}	0.14±0.03 ^{A}	0.20±0.07 ^{AB}	0.26±0.03 $^{A-C}$	0.68±0.13 ^{D}
BHT 200 ppm	92.03±0.00	-5.43±0.04	54.43±0.21	0.28±0.10 ^{BC}	0.40±0.01 ^{CB}	0.06±0.02 ^{A}	0.29±0.00 ^{BC}	0.14±0.01 ^{AB}	0.47±0.04 ^{D}
เชียงดา 350 ppm	71.36±0.26	4.01±0.10	88.42±1.28	0.32±0.10 ^{A}	0.67±0.14 ^{AB}	0.34±0.02 ^{A}	0.58±0.08 ^{AB}	0.59±0.20 ^{AB}	1.01±0.17 ^{B}
เชียงดา 500 ppm	65.13±0.18	7.27±0.03	91.97±0.35	0.30±0.06 ^{A}	0.84±0.01 ^{B}	0.30±0.14 ^{AB}	0.60±0.27 ^{AB}	0.89±0.15 ^{B}	0.55±0.03 ^{AB}
สมุย 350 ppm	78.13±0.18	0.36±0.10	77.14±0.06	0.09±0.04 ^{A}	0.49±0.07 ^{BC}	0.23±0.04 ^{AB}	0.29±0.08 ^{AB}	0.44±0.05 ^{BC}	0.70±0.13 ^{C}
สมุย 500 ppm	72.66±0.10	3.56±0.12	81.81±0.04	0.20±0.00 ^{A}	0.46±0.06 ^{BC}	0.42±0.00 ^{B}	0.40±0.09 ^{B}	0.63±0.07 ^{C}	0.48±0.01 ^{BC}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

4.3 ศึกษาความเสถียรของน้ำมันทอดซ้ำ

ตารางที่ 4.22 ค่า CD ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งของการทอด				
	1	2	3	4	5
คววบคุม	10.79±0.61 ^{bA}	12.02±0.29 ^{aB}	14.05±0.02 ^{aC}	16.39±0.33 ^{aD}	19.17±0.32 ^{abE}
บีเอชที200ppm	10.62±0.27 ^{abA}	12.73±0.27 ^{bB}	14.38±0.60 ^{aC}	17.10±0.52 ^{aD}	19.80±0.31 ^{bE}
เชียงดา 500ppm	10.09±0.00 ^{abA}	12.20±0.23 ^{aB}	13.83±0.31 ^{aC}	16.11±0.18 ^{aD}	18.83±0.42 ^{abE}
สมุย500ppm	9.75±0.05 ^{aA}	11.75±0.27 ^{aB}	13.46±0.58 ^{aC}	15.82±0.67 ^{aD}	18.21±0.34 ^{aE}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

- ค่า CD

จากตารางที่ 4.22 พบว่า เมื่อนำตัวอย่างน้ำมันไปใช้ในการทอดข้าวเกรียบเป็นจำนวน 5 ครั้ง ค่า CD ของทุกตัวอย่างการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดเชียงดาและสมุย 500 พีพีเอ็ม มีประสิทธภาพในการยับยังการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าตัวอย่างน้ำมันปาล์มควบคุมและน้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที 200 พีพีเอ็ม แต่หลังจากการทอดครั้งที่สามเป็นนต้นไปค่า CD ของตัวอย่างน้ำมันทุกตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันย่างไม่มียัยสำคัญทางสถิติ

- ค่า PV

เมื่อนำตัวอย่างน้ำมันทุกตัวอย่างใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งเป็นจำนวน 5 ครั้งพบว่า ค่า PV ของตัวอย่างน้ำมันในการทอดครั้งที่ 5 มีค่า PV แตกต่างกับตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบกุ้งครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.23) และยังพบว่า ค่า PV ของการทอดครั้งที่ 1เท่านั้นที่ ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดเชียงดา และสมุย 500 พีพีเอ็ม ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดข้าวเกรียบ

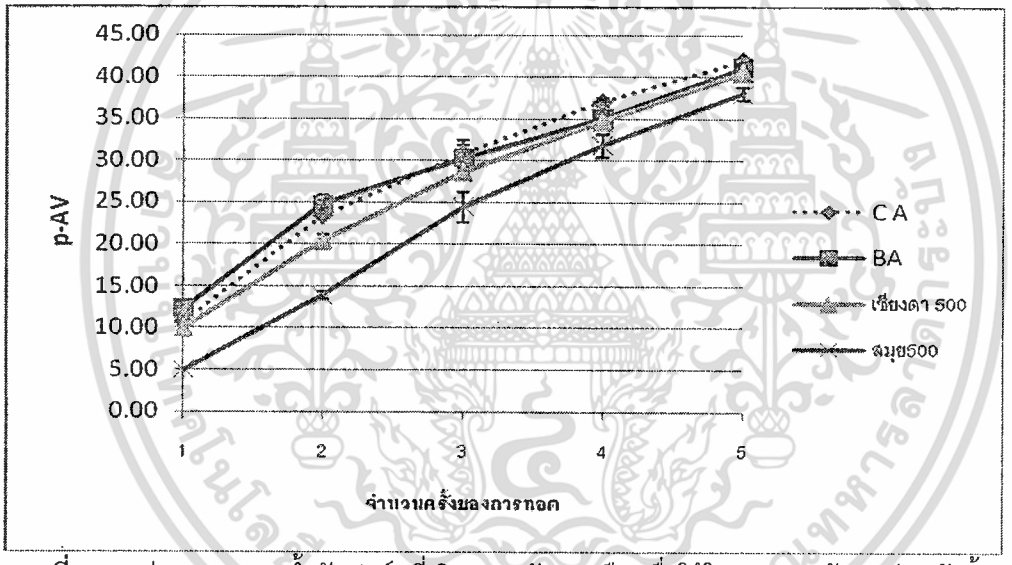
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ค่า PV ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

	จำนวนครั้งของการทอด				
ตัวอย่าง	1	2	3	4	5
ควบคุม	8.83±0.14 ^{bA}	9.07±0.19 ^{aA}	9.27±0.09 ^{bA}	9.27±0.09 ^{aA}	11.67±0.28 ^{bB}
บีเอชที 200ppm	7.87±0.66 ^{bA}	9.13±0.85 ^{aA}	8.07±0.09 ^{aA}	8.93±0.38 ^{aA}	11.03±0.06 ^{aB}
เชียงดา 500 ppm	8.77±0.05 ^{bA}	9.60±0.38 ^{aB}	11.93±0.09 ^{cC}	10.33±0.09 ^{bD}	12.60±0.28 ^{cE}
สมุย500 ppm	4.67±0.38 ^{aA}	8.20±1. 04 ^{aB}	9.33±0.00 ^{bBC}	10.00±0.19 ^{bC}	12.07±0.09 ^{bcD}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.10 ค่า *p*-AV ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

- ค่า *p*-AV

จากภาพที่4.10 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งในการทอดข้าวเกรียบค่า *p*-AV มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกตัวอย่างการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากสมุยมีค่า *p*-AV ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการทอด แสดงว่าสารสกัดจากสมุยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนได้ดีในสภาวะการทอดซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งของการทอด				
	1	2	3	4	5
ควบคุม	0.84±0.12 ^{bA}	0.96±0. ^{aA} 08	1.00±0.05 ^{bA}	1.53±0.00 ^{bB}	1.55±0.08 ^{aB}
บีเอชที200ppm	0.64±0.00 ^{abA}	1.14±0.21 ^{aB}	0.82±0.08 ^{aA}	1.32±0.03 ^{aBC}	1.58±0.06 ^{aC}
เชียงดา 500ppm	0.55±0.04 ^{aA}	0.96±0.15 ^{aB}	0.84±0.04 ^{aB}	1.37±0.03 ^{abC}	1.62±0.04 ^{aD}
สมุย500 ppm	0.45±0.07 ^{aA}	0.98±0.08 ^{aC}	0.75±0. 05 ^{aB}	1.25±0.13 ^{aD}	1.47±0.05 ^{aE}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.25 ค่า FFA ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งของการทอด				
	1	2	3	4	5
ควบคุม	0.0706±0.0025 ^{aA}	0.0795±0.0050 ^{aB}	0.0783±0.0017 ^{aAB}	0.0919±0.0025 ^{aC}	0.0961±0.0034 ^{aC}
บีเอชที200ppm	0.0729±0.0025 ^{aA}	0.0741±0.0092 ^{aA}	0.0789±0.0008 ^{aAB}	0.0901±0.0050 ^{aBC}	0.0961±0.0017 ^{aC}
เชียงดา 500ppm	0.0807±0.0000 ^{aAB}	0.0789±0.0008 ^{aA}	0.0818±0.0000 ^{aB}	0.0913±0.0000 ^{aC}	0.1008±0.0017 ^{aD}
สมุย500ppm	0.0807±0.0084 ^{aA}	0.0884±0.0042 ^{aAB}	0.0948±0.0083 ^{bAB}	0.0973±0.0050 ^{aAB}	0.1014±0.0042 ^{aB}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า TBARS

จากตารางที่ 4.24 พบว่า เมื่อใช้ตัวอย่างน้ำมันทอดข้าวเกรียบเป็นจำนวน 5 ครั้งพบว่า ตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบครั้งที่ 5 มีค่า TBARS สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดครั้งที่ 1 มีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกตัวอย่างการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจาก สมุย 500 พีพีเอ็ม มีค่า TBARS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการทอด แสดงว่าสารสกัดจากสมุยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนได้ดีในสภาวะการทอดซ้ำ

- ค่า FFA

เมื่อใช้ตัวอย่างน้ำมันทอดข้าวเกรียบเป็นจำนวน 5 ครั้งพบว่า ตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบครั้งที่ 5 มีค่า FFA สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดครั้งที่ 1 มีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกตัวอย่างการทดลอง (ตารางที่ 4.25) นอกจากนี้ยังพบว่า ในการทอดแต่ละครั้งตัวอย่างน้ำมันควบคุม ตัวอย่างน้ำมันที่เติมบีเอชที และตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดจากพืชทุกชนิด มีค่า FFA แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 4.26 ค่าความคงตัว ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งของการทอด	
	1	5
ควบคุม	10.15±0.23 [a]	2.08±0.08 [a]
บีเอชที200ppm	10.69±0.09 [b]	3.27±0.29 [b]
เชียงดา 500 ppm	11.43±0.08 [c]	2.40±0.01 [a]
สมุย500 ppm	15.14±0.04 [d]	4.99±0.41 [c]

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

- ค่าความคงตัวของตัวอย่างน้ำมัน

จากตารางที่ 4.26 พบว่า ในการใช้ตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบพบว่าในการทอดครั้งที่ 1 สารสกัดจากสมุย และเชียงดา มีค่า Induction time สูงที่กว่าตัวอย่งควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที แต่ในการทอดครั้งที่ 5 มีเพียงน้ำมันที่เติมสสารสกัดจากสมุยเท่านั้นที่มีค่า Induction time สูงกว่ากว่าตัวอย่งควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที แสดงว่าสารสกัดสมุยมีประสิทธิภาพในการรักาความคงตัวของน้ำมันปาล์มระหว่างการทอดซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) ของน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช เมื่อใช้ในการทอดข้าวเกรียบกุ้งซ้ำ

ตัวอย่าง	ค่าสี(ทอดครั้งที่1)			จำนวนครั้งการทอด
	L*	a*	b*	5
ควบคุม	92.94±0.05	-5.44±0.11	55.08±1.09	4.58±0.03
บีเอชที 200 ppm	93.22±0.05	-5.82±0.16	54.31±0.36	6.00±0.20
เชียงดา 500 ppm	65.99±0.02	3.87±0.01	94.71±0.16	32.31±0.41
สมุย 500 ppm	71.26±0.34	2.56±0.16	83.77±1.10	9.04±0.48

- ค่าความแตกต่างของค่าสี

จากตารางที่ 4.27 จะพบว่า ในหารทอดข้าวเกรียบกุ้งครั้งที่ 5 ตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมบีเอชที ตัวอย่างที่เติมสารสกัดเชียงดา 500 พีพีเอ็ม และตัวอย่างที่เติมสารสกีดสมุย 500 พีพีเอ็ม มีค่า (ΔE) 4.58, 6.00, 32.31 และ 9.04 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างน้ำมันที่เติมสารสกัดเชียงดามีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุด

- ผลการทดสอบทางประสาทผัส

จากตารางที่ 4.28 พบว่าผลการคะแนนเฉลี่ยการยอมรับางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชของการทอดข้าวเกรียบกุ้งครั้งที่ 1พบว่า สีของทุกตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.6-4.72 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนฉลี่ยของกลิ่นข้าวเกรียบ กลิ่นหืนของข้าวเกรียบและกลิ่นน้ำมัน พบว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันที่เติมสารสกัดจากสมุยในการทอดมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนฉลี่ยด้านรสชาติมีค่า 4.28-4.78ซึ่งแตกต่างกันอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมมีค่า 4.15-4.80 ซึ่งสารสกัดจากสมุยในการทอดมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.29 ผลการคะแนนเฉลี่ยการยอมรับางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชของการทอดข้าวเกรียบกุ้งครั้งที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของสี กลิ่นหืนของข้าวเกรียบ และความชอบโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนเฉลี่ยของกลิ่นข้าวเกรียบของตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากพืชในน้ำมันที่ใช้ทอด พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและบีเอชทีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นของน้ำมันในข้าวเกรียบ ที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากสมุยมีต่ำ 3.81 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.30 ผลการคะแนนเฉลี่ยในด้าน สี กลิ่นข้าวเกรียบ กลิ่นหืนข้าวเกรียบ กลิ่นน้ำมัน รสชาติ ความชอบโดยรวม ของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มควบคุม น้ำมันปาล์มที่เติมบีเอชที และน้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืชทั้งสองชนิด มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่1)

ตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	(กลิ่นข้าวเกรียบ)	กลิ่นหืนข้าวเกรียบ	กลิ่นน้ำมัน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ควบคุม	4.6±1.17 [a]	4.6±1.21 [b]	4.62±1.67 [b]	4.42±1.53 [ab]	4.78±1.3 [a]	4.8±1.25 [b]
บีเอชที200ppm	4.9±1.3 [a]	4.67±1.26 [b]	4.7±1.54 [b]	4.52±1.59 [b]	4.65±1.42 [a]	4.8±1.34 [b]
เชียงดา500ppm	4.83±1.15 [a]	4.45±1.27 [b]	4.52±1.62 [b]	4.35±1.62 [ab]	4.65±1.3 [a]	4.7±1.17 [b]
สมุย500ppm	4.72±1.14 [a]	3.68±1.5 [a]	3.77±1.69 [a]	3.82±1.69 [a]	4.28±1.45 [a]	4.15±1.27 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่ต่อในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ทุกกรณี

ตารางที่ 4.29 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่3)

ตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	(กลิ่น(ข้าวเกรียบ)	กลิ่นหืนข้าวเกรียบ	กลิ่นน้ำมัน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
C	4.85±1.18 [a]	4.43±1.38 [b]	4.15±1.57 [a]	4.28±1.55 [b]	4.47±1.36 [a]	4.4±1.46 [a]
B	4.7±1.51 [a]	4.45±1.03 [b]	4.48±1.42 [a]	4.45±1.55 [ab]	4.72±1.49 [a]	4.78±1.14 [a]
เชียงดา	4.6±1.48 [a]	3.98±1.17 [a]	4.25±1.5 [a]	4.13±1.37 [ab]	4.52±1.32 [a]	4.47±1.17 [a]
สมุย	4.58±1.23 [a]	3.92±1.49 [a]	4.12±1.77 [a]	3.81±1.59 [a]	4.6±1.38 [a]	4.33±1.3 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.30 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดจากพืช (การทอดครั้งที่ 5)

ตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	(กลิ่น(ข้าวเกรียบ)	กลิ่นหืนข้าวเกรียบ	กลิ่นน้ำมัน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ควบคุม	4.77±1.17 [a]	4.43±1.58 [a]	4.7±1.72 [a]	4.8±1.63 [a]	4.7±1.2 [a]	4.57±1.05 [a]
บีเอชที200ppm	4.87±1.23 [a]	4.38±1.17 [a]	4.8±1.5 [a]	4.78±1.58 [a]	4.85±1.3 [a]	4.73±1.18 [a]
เชียงดา500ppm	4.65±1.4 [a]	4.32±1.37 [a]	4.65±1.73 [a]	4.52±1.8 [a]	4.7±1.29 [a]	4.4±1.14 [a]
สมุย500ppm	4.87±1.19 [a]	4.32±1.55 [a]	4.55±1.85 [a]	4.45±1.93 [a]	4.72±1.61 [a]	4.63±1.43 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดจากก่อข้าวความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีการเพิ่มขึ้นของค่า CD, PV และ TBARS ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่สามารถชะลอการหืนของน้ำมัน รองจากก่อข้าวความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ได้แก่ มันปลาความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ฮ้านน้ำความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มและผักสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม

น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดผักเชียงดาความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีการเพิ่มขึ้นของค่า CD, PV และ TBARS ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่สามารถชะลอการหืนของน้ำมัน รองจากผักเชียงดา500 พีพีเอ็ม ได้แก่ สารสกัดผักเชียงดา 350 พีพีเอ็ม และสารสกัดผักสมุยความเข้มข้น 500 และ350 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

5.2 สรุปผลการศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืช

น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารสกัดฮ้านน้ำความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มและผักสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีความสามารถชะลอการหืนของน้ำมันในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 56 วัน และมีความสามารถชะลอการหืนของน้ำมันที่ผ่านความร้อนได้ดีที่สุด

น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดผักเชียงดาความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มและสารสกัดผักสมุยความเข้มข้น 500พีพีเอ็ม มีความสามารถชะลอการหืนของน้ำมันในระหว่างการเก็บรักษา และมีความสามารถชะลอการหืนของน้ำมันที่ผ่านความร้อนได้ดีที่สุด

5.3 สรุปผลการศึกษาความเสถียรของน้ำมันทอดซ้ำ

น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มมีความสามารถชะลอการหืนของน้ำมันทอดซ้ำได้ดีที่สุด และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเมื่อของข้าวเกรียบกุ้งที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มที่เติมสารสกัดสมุยความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีความชอบโดยรวมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างน้ำมันชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการค้าภายใน. 2553. **ทางเลือกในการซื้อน้ำมันครั้งต่อไป.** [Online]. Available : http://www.dit.go.th/contentdetail.asp?typeid=11&catid=102&ID=91. (วันที่15 ธันวาคม 2553)

เกศศิณี ตระกูลทิวากร และ จันทร์เพ็ญ ศักดิ์สิทธิพิทักษ์. 2543. **"ศักยภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักพื้นบ้านไทย."** อาหาร. 30 (3) :164-176.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 528 หน้า.

ฉกรรจ์ สังข์ทอง. 2551. **ปาล์มน้ำมัน : พืชเศรษฐกิจสร้างรายได้สูงทั้งในปัจจุบันและอนาคต.** พิมพ์ครั้งที่2. สงขลา: เซาท์เทิร์นเพรสแอนด์พับลิเคชั่น. 384 หน้า.

ธารดาว ทองแก้ว. 2546. น้ำมันพืช : ใช้อย่างไรให้ถูกต้องและปลอดภัย.[Online]. Available: http://www.doctor.or.th/node/1662. (วันที่2 กุมภาพันธ์ 2554)

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงษ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และ วรรณา เลี้ยววาริณ. 2546. **คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน.** สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 72 หน้า.

นราพร พรหมไกรวร. 2552. **"ความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสาระสำคัญที่พบในสารสกัดจากพืชป่าบางชนิด."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นันทวัน บุญยประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2543ข. **สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน(5).** สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 508 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 256 หน้า

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 504 หน้า

นิอร ชุมศรี. 2553. การใช้ประโยชน์สารสกัดกากงากำจัดไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันบริโภค. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์การอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณัฏฐินี ใจสะอาด. 2546. วัตถุกันหืนธรรมชาติจากเปลือกมันฝรั่ง: การสกัดและการใช้ประโยชน์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปองทิพย์ สิทธิสาร และ ศิริเพ็ญ จริเกษม. 2551. **"พฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์ต้านเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของผักแปม (*Acanthopanax trifoliatus*)."** ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

เปล่งศักดิ์ ภู่ขจร. 2543. **"การสกัดสีจากผักปลังเพื่อพัฒนาเป็นสีผสมอาหาร."** ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. **คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน พืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค.** กรุงเทพฯ: มติชน. 352 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และสุพรรณ จารุจงกลวงศ์. 2550. ผลของสารสกัดจาก *Cratoxylum formosum* Dyer. และการ strip ที่มีต่อความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลือง. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า 665-772:

วิมล ตันติไชยากุล. 2528. **อัลคาลอยด์และคูมารินจากต้นส่องฟ้าดงและต้นหัสคุณไทย.**[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/1985/19850097.pdf (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)

วริศรา วัยศิริโรจน์. 2523. **อัลคาลอยด์จากใบหัสคุณ.**[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/1980/19800042.pdf (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)

สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และอ่องเต็ง นันทแก้ว. 2552ก. **องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๑.** มูลนิธิโครงการหลวง. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

_____. 2552ข. **องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๒.** มูลนิธิโครงการหลวง. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ศศิเกษม ท่องยงค์ และพรรณี เดชกำแหง. 2530. **เคมีอาหารเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง. 211 หน้า

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. **วัตถุเจือปนในอาหาร.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 380 หน้า.

American Oil Chemist's Society. 1997. Official Methods and Recommened Practice of the AOCS. AOCS Press. Champaign, IL, USA.

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC International.** 17th ed. Gaithersburg, Md: Association of Official Analytical Chemists.

Aqil, F., Ahmad, I. and Mehmood, Z. 2006. "Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plants." **Turkish Journal of Biology**. 30 : 177-183.

Augusitn M.A. and Berry S.K. 1983. Effectiveness of Antioxidants in Refined, Bleached and Deodorized Palm Olein. **Journal of the American Oil Chemists Society**. 60: 105-108.

Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C. and Jian, T. 2007. Effect of lavender and thyme Incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. **Food Research International.** 40:341-346.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H. 2004. "Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer." **Life Science**. 74 : 2157-2184.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. 2005. "Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand." **Food Chemistry**. 92 : 491-497.

Choi, E.-M. and Hwang, J.-K. 2004. Effects of methanolic extract and fractions from *Litsea cubeba* bark on the production of inflammatory mediators in RAW264.7 cells. Fitoterapia. 75: 141-148.

Hudson, B. J. 1990. **Food Antioxidants**. London : Elsevier Science.

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

Jamilah, B., Che-Man, Y.B. and Ching, T.L. 1998. Antioxidant activity of *Citrus hystrix* peel extract in RBD palm olein during frying of fish crackers. **Journal of Food Lipids**. 5(2): 149-157.

Kiem, P.V., Cai, X.F., Minh, C.V., Lee, J.J. and Kim, Y.H. 2004. "Kaurane-type diterpene glycoside from the stem bark of *Acanthopanax trifoliatus*." **Planta Medica**. 70 : 282-284.

Kiokias, S., Varzakas, T.H., Arvanitoyannis, I.S. and Labropoulos, A.E. 2010. Lipid Oxidation and Control of Oxidation. 383-408. Yildiz, F. (Eds.), **Advances in food biochemistry**. New York: CRC Press.

Kshirsagar, R. and Upadhyay, S. 2009. "Free radical scavenging activity screening of medicinal plants from Tripura, Northeast India." **Natural Product Radiance**. 8(2) : 117-122.

Larson, R.A. 1995. **Antioxidant Mechanisms of Secondary Natural Products**. Oxidation Stress and Antioxidant Defense in Biology. In S. Ahmad, (eds). New York : Chappman & Hall.

Lemmens, R.H.M.J. and Bunyapraphatsara, N. (Editors.) 2003. Plant resources of South-East Asia No.12(3) : Medicinal and poisonous plants 3. Bogor. Indonesia. 664 pp.

Maisuthisakul, P. and Charuchongkolwongse, S. 2007. "Effect of *Cratoxylum formosum* extract and stripping on soybean oil stability." **Kasetsart Journal (Natural Science)**. 41 : 350-356.

Martin-Diana, A.B., Rico, D. and Barry-Ryan, C. 2008. "Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce." **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 9: 593–603.

Mcdonald, R.E. and Hutin, H.O. 1987. Some characteristics of the enzymic lipid peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeletal muscle. **Journal of Food Science**. 1987. 52: 15-21.

Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Dominguez, J.M., Sineiro, J., Domingguez, H., Nunez, M.J.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Parajo, J.C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry.** 72 :145-171.

Nakahara, K., Trakoontivakorn, G., Alzoreky, N.S., Ono, H., Onishi-Kameyama, M. and Yoshida, M. 2002. "Antimutagenicity of some edible Thai plants, and a bioactive carbazole alkaloid, mahanine, isolated from micromelum minutum." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 50 : 4796-4802.

Nguyen, L.H.D. and Harrison, L.J. 1998. "Triterpenoid and xanthone constituents of *Cratoxylum Cochinchinense*." **Phytochemistry.** 50 : 471-476.

Oyen, L.P.A. and Dung, N.X. 1999. Plant resources of South-East Asia No.19 : Essential-oil plants. Backhuys Publishers. Leiden. the Netherlands. 277 pp.

Pan, Y., Zhu, J., Wang, H., Zhang, X., Zhang, Y., He, C., Ji, X. and Li, H. 2007. Antioxidant activity of ethanolic extract of Cortex fraxini and use in peanut oil. **Food Chemistry.** 105: 1518–1524.

Pan, Y., Zhang, X., Wang, H., Liang, Y., Zhu, J., Li, H., Zhang, Z. and Wu, Q. 2007. Antioxidant potential of ethanolic extract of Polygonum cuspidatum and application in peanut oil. **Food Chemistry.** 105: 1518–1524.

Pegg, R.B. 2002. Measurement of Primary Lipid Oxidation Products. D2.1.1-D2.1.15. **in** Current Protocols in Food Analytical Chemistry . John Wiley and Sons: New York.

Siriwatanametanon, N., Fiebich, B.L., Efferth, T., Prieto, J.M. and Heinrich, M. 2010. "Traditionally used Thai medicinal plants: *In vitro* anti-inflammatory, anticancer and antioxidant activities." **Journal of Ethnopharmacology.** 130 : 196–207.

Shahidi, F. and Wanasundara, U.N. 2008. Methods for Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils. 387-403. Akoh, C.C. and Min, D.B. (Eds.), **Food Lipids Chemistry, Nutrition, and Biotechnology.** New York: CRC Press.

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

Suja, K.P., Abraham, J.T., Thamizh, S.N., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C. 2004. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. **Food Chemistry.** 84: 393–400.

Tang, S., Kerry, J.P., Sheehan, D., Buckley, D.J. and Morrissey, P.A. 2001b. "Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation." **Food Research International.** 34 : 651-657.

Udomchotphruet, S., Phuwapraisirisan, P., Sichaem, J. and Tip-pyang, S. 2010. "Xanthones from the stems of *Cratoxylum cochinchinense*." **Phytochemistry.** (In press).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vo, V.V. 1997. **A Dictionary of Medicinal Plants in Vietnam**, vol. 435. HoChiMinh City : YHoc Publisher.

Zheng, W. and Wang, S.Y. 2001. "Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 49 : 5165-5170.

Zhao, J. and Larock, R.C. 2007. "Synthesis of xanthones, thioxanthones, and acridones by the coupling of arynes and substituted benzoates." **The Journal of Organic Chemistry.** 72 : 583-588.

Zia-ur-Rehman., Habib, F. and Shah, W.H. 2003. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. **Food Chemistry**. 85:215–220.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้