การประเมินการต้านหืนของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ในแพตตี้หมู

ASSESSMENT OF ANTI-RANCIDITY OF LOCAL EDIBLE PLANTS IN PORK PATTIES

วาณี ใจวิเสน

WANEE JAIVISEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2554

KMITL-2011-AI-M-054-113

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินการต้านการหืนของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ในแพตตี้หมู

ASSESSMENT OF ANTI-RANCIDITY OF LOCAL EDIBLE PLANTS IN PORK PATTIES

วาณี ใจวิเสน

WANEE JAIVISEN

เลขหมู่ 120097
เลขทะเบียน
วัน, เดือน, ปี 23 ก.พ. 2555

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2011-AI-M-054-113

ASSESSMENT OF ANTI-RANCIDITY OF LOCAL EDIBLE PLANTS IN PORK PATTIES

WANEE JAIVISEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2011

KMITL-2011-AI-M-054-113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2011

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินการต้านการหืนของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ในแพตตี้หมู

Assessment of anti-rancidity of local edible plants in pork patties

ชื่อนักศึกษา นางสาววาณี ใจวิเสน

รหัสประจำตัว 49068756

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สุขาภิบาลอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	
ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 23 กันยายน 2554 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** ๒๕๕๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินการต้านการหืนของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ในแพตตี้หมู
นักศึกษา	นางสาววาณี ใจวิเสน
รหัสประจำตัว	49068756
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สุขาภิบาลอาหาร
พ.ศ.	2554
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีการ 3 วิธี ได้แก่ วิธี 2.2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical scavenging assay (DPPH), วิธี 2-deoxyribose degradation assay (2-DR) และวิธี thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS) ของสารสกัดเอทานอลจากพืชพื้นบ้านจำนวน 22 ชนิด พบว่าสารสกัดพืชมีความแปรผันของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมาก โดยสารสกัดพืชที่มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ได้แก่ สารสกัดมันปลา ส่วนสารสกัดพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, 2-DR และ anti-TBARS สูงที่สุด ได้แก่ สารสกัดมันปลา สารสกัดผักแปม และสารสกัดติ้วขาว ตามลำดับ ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมีความสัมพันธ์ที่ดีกับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ($r=0.957$) ในขณะที่วิธี 2-DR มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ($r=0.556$) และวิธี DPPH ($r=0.521$) ส่วนวิธี anti-TBARS พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมากกับวิธีการวิเคราะห์อื่นๆ

ในการทดลองเติมผงพืชแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในขั้นตอนการเตรียมแพตตี้หมูปรุงสุก แล้วทดสอบความแตกต่างโดยรวม เพื่อคัดเลือกพืชจำนวน 5 ชนิด จากนั้นนำพืชทั้ง 5 ชนิด มาประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-points hedonic scales ซึ่งผลการวิเคราะห์ทั้งทางด้านเคมี และประสาทสัมผัส ได้คัดเลือกพืชจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ทะโล้ และติ้วขาว เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

เมื่อทดลองเติมทะโล้และติ้วขาวทั้งรูปแบบผงและสารสกัดในแพตตี้หมูปรุงสุก จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พารามิเตอร์สี TBARS และ *p*-Av ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ความแตกต่างของสี (ΔE) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลงอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนค่า TBARS และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

p-Av ของตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที (100 พีพีเอ็ม) หรือคาทิชิน (100 พีพีเอ็ม) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงพืชหรือ สารสกัดพืช ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงในแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Assessment of anti-rancidity of local edible plants in pork patties
Student	Miss Wanee Jaivisen
Student ID.	49068756
Degree	Master of Science
Program	Food Sanitation
Year	2011
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Varipat Areekul

ABSRACT

The total phenolic content and antioxidant capacities of 22 ethanolic plant extracts were examined. Total phenolic content (TPC) was measured by Folin-Ciocalteau reagent method while three different assays; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity, 2- deoxy ribose degradation assay (2-DR) and thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS) assay were applied to determine their antioxidant capacities. The plant extracts showed large variations in TPC and antioxidant capacities. The highest values of TPC, DPPH, 2-DR and anti-TBARS were observed in the extract of *Glochidion sphaerogynum*, *Glochidion sphaerogynum* , *Eleutherococcus trifoliatus* and *Cratoxylum formosum* respectively. The good correlation coefficient (r) was only observed in between TPC and DPPH (r=0.957) while 2-DR had poor correlation with TPC (r=0.521) and DPPH (r=0.556). Anti-TBARS showed very poor correlation with other assays.

One percentage (wt/wt) of each plant powder was added in cooked pork patties during preparation step. The overall difference test was performed in order to select five potential plants. Sensory evaluation, then, was determined using 7- points Hedonic scales. Based on chemical and sensory analysis, Talo (*Schima Wallichii*) and Teaw (*Cratoxylum formosum* were selected for further experiment.

Talo and Teaw powder and extracts were applied into cooked pork patties stored at 4 and -18°C. The pH, color parameters, TBARS and *p*-anisidine (*p*-Av) were determined during storage. The slight increase in total color difference (ΔE) was observed while found no significant change in pH. The TBARS and *p*-AV in control and cooked pork patties with BHT (100 ppm) or

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

catechin (100 ppm) dramatically increased ($p<0.05$) while found no statistical change in cooked pork patties with plant powder or plant extracts ($p<0.05$). In addition, the changes in patties stored at 4°C were higher compared with those stored at -18°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าอย่างยิ่งที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือ ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่การดำเนินงานวิจัยของข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมถึงตรวจแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม รศ.ดร.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ อาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มอบเงินทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2553 ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

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

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่มอบความรัก ความเอาใจใส่ ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจของข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกฝ่าย ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ตลอดจน พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆที่มีน้ำใจ ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และคอยให้กำลังใจ สำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้อย่างดีมาโดยตลอด

สำหรับคุณความดีและคุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกท่าน ตลอดจนผู้มีอุปการคุณทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

วาณี ใจวิเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง VIII

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 พืชพื้นบ้านและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน 3

2.2 วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชัน 18

2.3 การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ 20

2.4 สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 26

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีทดลอง 36

3.1 วัตถุดิบ 36

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 38

3.3 สถานที่ดำเนินงาน 39

3.4 วิธีการทดลอง 39

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 47

4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืช 47

4.2 การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อแพตตี้หมูที่เติมพืชบด 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ประเมินความเป็นไปได้ในการใช้พืชบดและสารสกัดจากพืชในแพตตี้หมู ปรุงสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 64

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 106

5.1 สรุปผลการทดลอง 106

5.2 ข้อเสนอแนะ 107

บรรณานุกรม 108

ภาคผนวก 126

ภาคผนวก ก 127

ภาคผนวก ข 133

ภาคผนวก ค 135

ภาคผนวก ง 136

ประวัติผู้เขียน 153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 โครงสร้างทางเคมีและปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) ของสารกันหืนสังเคราะห์ 27

3.1 ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง 36

4.1 ความเข้มข้นของสารสกัดพืชพื้นบ้านแห้งที่ใช้ในการทดลอง 47

4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ 53

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ 60

4.4 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแพตตี้หมูผสมผงพืชชนิดต่างๆ เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 62

4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 66

4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 67

4.7 พารามิเตอร์สี ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ 69

4.8 ค่าความสว่าง (L^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 71

4.9 ค่าสีแดง (a^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 72

4.10 ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 74

4.11 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 75

4.12 ค่าความสว่าง (L^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 76

4.13 ค่าสีแดง (a^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 77

4.14 ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 80

4.16 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 86

4.17 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 93

4.18 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 98

4.19 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 105

ง1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 137

ง2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 138

ง3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 139

ง4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 140

ง5 ค่า L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 141

ง6 ค่า L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 142

ง7 ค่า a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 143

ง8 ค่า a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 144

ง9 ค่า b^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 145

เอกสารนี้ ... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ... เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ง10 ค่า b^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 146

ง11 ค่า L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 147

ง12 ค่า L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 148

ง13 ค่า a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 149

ง14 ค่า a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 150

ง15 ค่า b^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 151

ง16 ค่า b^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส 152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา 15

2.2 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ 24

2.3 ปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์และกรดไทโอบาร์บิทูริก 25

2.4 ปฏิกิริยาระหว่าง *p*-Anisidine และสารประกอบอัลดีไฮด์ 25

4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากพืชพื้นบ้าน 49

4.2 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 82

4.3 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 84

4.4 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 87

4.5 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 87

4.6 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 89

4.7 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 90

4.8 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 91

4.9 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 92

4.10 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 96

4.11 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน 97

4.12 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.13 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน 103

ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของกรดแกลลิก 127

ก2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของโทรลอกซ์ 127

ก3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลของไขมันกับความเข้มข้นของโทรลอกซ์ 128

ก4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับปริมาณสารสกัดหมีเหม็น 130

ก5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารสกัดหมีเหม็น 132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ปี พ.ศ. 2553 อัตราการบริโภคเนื้อหมูของคนไทยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.84 จากปี พ.ศ. 2552 (สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก, 2554) โดยนิยมบริโภคเป็นเนื้อหมูชำแหละ ไส้กรอก แฮม ลูกชิ้น และผลิตภัณฑ์พื้นเมืองต่างๆ เช่น กุนเชียง หมูแผ่น และหมูยอ เป็นต้น นอกจากนี้ แพตตี้หมู หรือผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดปรุงสุกขึ้นรูปเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่นิยมบริโภคในประเทศแถบยุโรป และผลิตออกจำหน่ายมากขึ้นในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแพตตี้หมูจะผ่านการให้ความร้อน แต่เนื้อสัตว์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย อีกทั้ง ประกอบด้วยไขมันในปริมาณมาก จึงมักพบการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืน มีรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้คุณค่าทางอาหารและอายุการเก็บลดลง รวมทั้งอาจก่อให้เกิดสารอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น สารก่อมะเร็ง (ศิวาพร, 2535)

ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผู้ผลิตจึงนิยมเติมวัตถุเจือปนอาหารที่มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidation) หรือสารกันหืน เช่น บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีอะนิซอล (butylated hydroxyanisole, BHA) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) และโพรพิวแกลเลต (propyl gallate, PG) เป็นต้น สารเหล่านี้เป็นสารสังเคราะห์ที่มีราคาแพง และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ หากได้รับในปริมาณมาก (Moure และคณะ, 2001) ประกอบกับปัจจุบัน ผู้บริโภคหันมาสนใจสุขภาพมากขึ้น จึงเริ่มมีใช้การสารกันหืนจากธรรมชาติมากขึ้น โดยเฉพาะสารพฤกษเคมีที่มีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง ได้แก่ สารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แอนโธไซยานิน แคโรทีนอยด์ และวิตามิน เป็นต้น จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า พืชพื้นบ้านหลายชนิด มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูง อีกทั้งมีฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในไขมัน เช่น ติ้วขาว ทะโล้ และมันปลา เป็นต้น (นราพร, 2552; Maisuthisakul และคณะ, 2007a) สารพฤกษเคมีเหล่านี้มีบทบาทเชิงหน้าที่สำคัญในการป้องกันโรคต่างๆ เช่น ผักเชียงดาช่วยป้องกันการแตกตัวของเม็ดเลือดแดง และความเสียหายของดีเอ็นเอ (Muangman, 2005) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาสมบัติการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ จำนวน 22 ชนิด และนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในแพตตี้หมู เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาแพตตี้หมู

เพื่อให้เกิดการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชพื้นบ้านให้คุ้มค่า และเป็นการอนุรักษ์พันธุ์พืชให้คงอยู่ตลอดไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ของสารสกัดจากพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้

1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธีที่ศึกษา

1.2.3 คัดเลือกชนิดของพืชที่มีความเป็นไปได้ทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อแพตตี้หมูที่เติมพืชพื้นบ้าน

1.2.4 ศึกษาผลของผงพืชและสารสกัดจากพืชพื้นบ้านในแพตตี้หมูปรุงสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ของสารสกัดจากพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้จำนวน 22 ชนิด และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธี จากนั้นคัดเลือกพืชที่มีความเป็นไปได้ทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อแพตตี้หมูที่เติมพืชแห้งบดให้เหลือเพียง 5 ชนิด แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ร่วมกับข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อคัดเลือกพืชมาใช้เป็นส่วนผสมในแพตตี้หมูเพียง 2 ชนิด แล้วจึงศึกษาผลของการเติมพืชทั้ง 2 ชนิด ทั้งในรูปผงพืช และสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมี ในแพตตี้หมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชพื้นบ้านและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

พืชพื้นบ้านหรือพรรณไม้พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวบ้านนำมาบริโภค เป็นพืชเกิดในแหล่งธรรมชาติตามป่าเขา ป่าละเมาะ ป่าแพะ หนองบึง ริมน้ำ หรือชาวบ้านนำมาปลูกไว้เพื่อสะดวกในการเก็บบริโภค พืชพื้นบ้านมีชื่อเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น และนำไปประกอบเป็นอาหารพื้นเมืองตามกรรมวิธีเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น นอกจากนี้ พืชพื้นบ้านเองยังถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นยารักษาโรค เครื่องใช้ไม้สอย เครื่องแต่งกาย และทางเศรษฐกิจอีกด้วย (http://www.krudang.com/sheet/pak/kwammy.htm, 2554) สำหรับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชื่อและลักษณะทางพฤกษศาสตร์รวมถึงสรรพคุณและการใช้ประโยชน์ของพืชพื้นบ้านที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

2.1.1 ผักชีลาว (*Anethum graveolens* Linn. วงศ์ UMBELLIFERAE)

ในประเทศไทย นิยมรับประทานเป็นผักมากกว่าการใช้ผลทำเครื่องเทศ เพราะมีคุณภาพด้อยกว่าประเทศอินเดีย โดยทั่วไปมักกินต้นและใบในรูปของผักสด สำหรับจิ้มน้ำพริก หรือใส่แกง (ภาพที่ 2.1ก) ส่วนน้ำมันหอมระเหยใช้แต่งกลิ่นผักดอง น้ำซอส สตู ขนมหวาน เครื่องดื่ม และเหล้า นอกจากนี้ ยังมีสรรพคุณอื่นๆ เช่น ลดไขมันในเลือด ลดแก๊สในระบบทางเดินอาหาร แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ลดอาการเสียดท้อง (Bahramikia และคณะ, 2009) นอกจากนี้ Nakahara และคณะ (2002) ยังรายงานว่า มีฤทธิ์เป็นสารต้านการกลายพันธุ์ได้ด้วย

น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดของผักชีลาวประกอบด้วย สารดิลลาโนไซด์ (dillanoside) กรดฟีนอลิก โปรตีน และไขมัน เป็นต้น สำหรับสารสำคัญที่พบในน้ำมันผักชีลาว (dill seed oil) คือ คารีโวน ดี-ไลโมนีน (caryone D-limonene)และอัลฟา-เฟลเลนดรีน (alpha-phellandrene) รองลงมา คือ ไดไฮโดรคาร์โวน (dihydrocarvone) ยูจีนอล (eugenol) ไพนีน (pinene) และอะนีโทล (anethon) เป็นต้น นอกจากนี้สารฟีนอลิกที่สำคัญในสารสกัดดอกผักชีลาว ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และโปรแอนโธไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งแสดงสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Shyu และคณะ, 2009) ส่วนใบและลำต้นก็พบสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ที่สำคัญเช่นกัน ได้แก่ กรดโปรโตคาเทชูอิก (protocatechuic acid) และ คาทิชิน (catechin) (Shan และคณะ, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chanwitheesuk และคณะ (2005) รายงานว่า ผักชีลาวแห้ง 100 กรัม มีดัชนีต้านออกซิเดชันเท่ากับ 1.09 และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี 11.7 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0039 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีนทั้งหมด 0.64 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ทั้งหมด

0.53 มิลลิกรัม แทนนิน 7.78 มิลลิกรัม และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 66.1 มิลลิกรัม ต่อมา Bahramikia และคณะ (2009) รายงานว่า สารสกัดผักชีลาวมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 105.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 58.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของคาทิชินต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) รวมทั้งสามารถต้านออกซิเดชันของไขมันในตับของหนูทดลองได้ นอกจากนี้ ผักชีลาวยังช่วยในการกระตุ้นการเผาผลาญอาหารของเชื้อแบคทีเรียแลคติก ซึ่งมีผลต่อกระบวนการเกิดโยเกิร์ต กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรติโอไลติก (proteolytic enzyme) และยับยั้งการทำงานของ angiotensin-1-converting enzyme (ACE) ในระหว่างการหมักและการเก็บรักษาแบบแช่เย็นของโยเกิร์ตด้วย (Amirdivani and Baba, 2011)

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

ชาวเขาและชาวบ้านพื้นล่างใช้ยอดและใบอ่อนกินเป็นผักสด หรือใช้ใบอ่อนและดอกใส่แกงต่างๆ รวมถึงใช้เป็นยากลางบ้านแก้ผื่นคัน กลากเกลื้อน ฝีอักเสบ โรคเรื้อน หรือใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ชาวเขาเผ่าม้งใช้ยอดต้มกินกับไก่เพื่อเป็นยาบำรุงกำลัง เผ่าอีก้อและไทยใหญ่ใช้ใบรักษาแผลสด หรือคั้นน้ำทาแก้ปวดเมื่อย (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ ผักปลังยังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Yen และคณะ, 2001; Nakahara และคณะ, 2002) ต้านการอักเสบ และต้านโรคมะเร็งได้อีกด้วย (Siriwatanametanon และคณะ, 2010) สำหรับประเทศอื่นๆ ใช้ผักปลังกินเป็นผักสดและปรุงอาหารต่างๆ (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ข)

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของใบผักปลัง ได้แก่ กรดอะมิโน กลูแคน (glucan) มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) เบต้าแคโรทีน และกรดอินทรีย์อื่นๆ อีกทั้งยังประกอบด้วยซาโปนิน (saponin) และมิวซิเลจ (mucilage) (เปล่งศักดิ์, 2543) นอกจากนี้ ยังพบลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) ในปริมาณ113.82 และ 1.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Lakshminarayana และคณะ, 2007) สำหรับคุณค่าทางอาหาร พบว่า ผักปลังสด 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)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ผักเสี้ยวแก้ว (*Bauhinia nervosa* (Wall. Ex Benth.) Baker วงศ์ CAESALPINIACEAE)

ผักเสี้ยวแก้ว (ภาพที่ 2.1จ) ชาวบ้านพื้นล่างนิยมใช้ใบอ่อนกินเป็นผักจิ้ม ยำหรือใส่แกง ชาวเขาเผ่าเย้าลวกดอกเป็นผักจิ้ม ดองลำต้นทำเหล้า ชาวเขาเผ่าไทยใหญ่ใช้ลำต้นหรือกิ่งแก่ทุบใส่น้ำดื่มเพื่อให้น้ำมีรสหวาน และชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้ลำต้นแก้ปวดเส้นเอ็น ใช้รากต้มกินแก้ท้องร่วง ใช้ลำต้นดองเป็นยาบำรุงกำลัง หรือต้มน้ำดื่มและอาบแก้โรคทางเดินอาหาร อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าของเส้นใย คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหรือองค์ประกอบทางเคมีในพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

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

โดยทั่วไป นิยมใช้ใบตากแห้งสำหรับชงดื่มเป็นชา หรือนึ่งใบเพื่อใช้เคี้ยวกินเล่นแทนหมาก หรือแก้กระหายน้ำ แก้ง่วงนอน ทำให้ชุ่มคอ กระตุ้นหัวใจ ทำให้หัวใจชุ่มชื่น แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย และใช้เป็นยาแก้ท้องร่วงและขับปัสสาวะ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นยาพื้นบ้านโดยใช้ใบสดเป็นยาสมานแผล กากใบใช้พอกแผลจากน้ำร้อนลวก หรือไฟไหม้ ส่วนเมล็ดใช้เป็นยาสระผมเพื่อกำจัดเหา (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ง)

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) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของเมี่ยงป่านั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับชา

Katsube และคณะ (2004) รายงานว่า ชาเขียวจากเมี่ยงป่ามีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 194.6 ไมโครโมลาร์สมมูลย์ของอิพิแกลโลคาทิชินแกลเลท (epigallocatechin gallate, EGCG) ต่อกรัม นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein, LDL) ได้ดีอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 191.4 ไมโครโมลาร์สมมูลย์ของ EGCG ต่อกรัม รวมทั้งมีรายงานการประยุกต์ใช้ชาเขียวจากใบเมี่ยงเป็นส่วนผสมในอาหารไก่ พบว่า เนื้อไก่ที่ประกอบด้วยคาทิชินช่วยทำให้อัลฟาโทโคฟีรอลมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาอกไก่แช่เยือกแข็ง (Tang และคณะ, 2001a) หรือใช้ใบชาเขียวบดแห้งต้มกับน้ำร้อนในการล้างผักกาดหอม เพื่อป้องกันการสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินซีและแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาผักกาดหอมที่อุณหภูมิ 20 และ 50 องศาเซลเซียส (Martin-Diana และคณะ, 2008) เป็นต้น

2.1.5 ผักชี (*Coriandrum sativum* L. วงศ์ UMBELLIFERAE)

ผักชี นับเป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายในหลายประเทศ เช่น จีน ไทย และ ยุโรป โดยนิยมกินทั้งต้น ร่วมกับอาหารเพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้น และใช้แต่งอาหารให้น่ารับประทาน ผักชีมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค โดยใช้ผลแก้โรคบิด ถ่ายเป็นเลือด ถ่ายเป็นมูก แก้ริดสีดวงทวารมีเลือดออก แก้ท้องอืดเฟ้อ ใช้เมล็ดแก้ปวดฟัน ปากเจ็บ ส่วนต้นสดช่วยให้ผื่นหัดออกเร็วขึ้น แก้เด็กเป็นผื่นแดงไฟลามทุ่ง ในน้ำมันหอมระเหยในผักชีช่วยให้สบายท้อง แต่มีกลิ่นรุนแรง (ดวงจันทร์, 2547) (ภาพที่ 2.1ค)

คุณค่าทางโภชนาการของผักชีในใบสด ประกอบด้วย โปรตีน เส้นใย ฟอสฟอรัส เบต้าเคโรทีน ผลหรือลูกผักชีประกอบด้วย ส่วนน้ำมันหอมระเหย (1.8 เปอร์เซ็นต์) มีสารไลนาโลออล (linalool) เป็นส่วนใหญ่ และส่วนที่เป็นน้ำมันไม่ระเหย 13 เปอร์เซ็นต์ มีสาระสำคัญคือโคริแอนดรอล (coriandrol) นอกจากนี้ ยังพบแทนนิน (tannins) แคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) และเอสโตรเจน (plant estrogen) (ดวงจันทร์, 2547)

เนื่องจากผักชีเป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายทั่วโลกจึงมีผู้สนใจศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน รวมทั้งสารสำคัญในผักชี โดย Wangensteen และคณะ (2004) รายงานว่า ในใบและเมล็ดของผักชีที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 0.36 และ 0.15 กรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ นอกจากนี้ Damasius และคณะ (2011) รายงานว่าผักชีมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูปของ IC_{50} เท่ากับ 0.98 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 97.1 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม โดยสารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในผักชี ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (β-carotene) เบต้าคริปโตแซนทินอิพอกไซด์ (β-cryptoxanthin epoxide) ลูทีน-5,6-อีพอกไซด์ (lutein-5,6-epoxide) ไวโอลาแซนทิน (violaxanthin) และนีโอแซนทิน (neoxanthin) (Guerra และคณะ, 2005) ต่อมา มีรายงานการวิจัยว่าในผักชียังมีประกอบด้วย ซีแซนทิน (zeaxanthin) ไลโคพีน (lycopene) โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) อีกด้วย (Isabelle และคณะ, 2010)

ส่วนการประยุกต์ใช้ผักชีในเนื้อสัตว์นั้น พบรายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนใหญ่ โดยใช้น้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ เช่น เชื้อ *Pseudomonas putida* (Oussalah และคณะ, 2006) หรือ แบคทีเรียแกรมบวก (เชื้อ *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, และ *Staphylococcus aureus*) และแบคทีเรียแกรมลบ (Alcaligenes faecalis) ในเนื้อไก่ (Brenesa และ Roura, 2010) นอกจากนี้ Damasius และคณะ (2011) รายงานว่า สารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักชีสามารถยับยั้งการสร้าง 1-methyl-6-phenyl-1H-imidazol [4, 5-b] pyridine-2-amine (PhIP) ในเนื้อวัวได้

2.1.6 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 (ภาพที่ 2.1ช)

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

โดยทั่วไปยอดอ่อนและใบอ่อนใช้กินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ หรือใช้เป็น ยาแก้ไข้ แก้ไอ แก้ท้องร่วง แก้ผื่นคัน แผลพุพอง และปวดช่องท้อง (Vo. 1997; Mahabusarakum และคณะ, 2006) ชาวเขาเผ่ามูเซอใช้ต้มรากใช้ดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย แก้ภาวะโลหิตจาง เลือดลมเดินไม่สะดวก หรือบดผสมน้ำมันมะพร้าว แก้โรคผิวหนัง ยางจากเปลือกใช้บรรเทาโรคหิด ส่วนเปลือกใช้เป็นสีย้อมผ้า และลำต้นใช้ในการก่อสร้าง (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ซ)

สารสำคัญที่พบในเปลือกและลำต้นของติ้วเกลี้ยง ได้แก่ แซนโทน (xanthones) ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) (Nguyen และ Harrison, 1998) นอกจากนี้ ยังพบไธโอแซนโทน (thioxanthones) และอะคริโดเนส (acridones) (Zhao และ Larock, 2007) 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 (108.1 ไมโครโมลาร์) และ cratoxylumxanthone C (30.0 ไมโครโมลาร์) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.8 ติ้วขาว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer spp. Pruniflorum (Kurz) Gogel วงศ์ CLUSIACEAE)

ยอดอ่อน ใบอ่อนและดอกอ่อนของติ้วขาวมีรสเปรี้ยวใช้กินเป็นผักกับอาหารหลายอย่าง เช่น ลาบ ก้อย ป่น หรือใส่ต้มยำต่างๆ เพื่อปรุงให้มีรสเปรี้ยวแทนมะนาว ดอกอ่อนใช้ทำซุปหรือยำ ส่วนสรรพคุณทางยา ใบอ่อนและยอดอ่อน หากรับประทานสดจะช่วยระบายท้อง รากและใบใช้ต้มกินแก้ปวดท้อง เปลือกและใบใช้ตำผสมกับน้ำมันมะพร้าวทาแก้โรคผิวหนัง น้ำยางจากลำต้นใช้ทารอยแตกของส้นเท้าและรักษาบาดแผล (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ฌ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านออกซิเดชันที่สำคัญที่พบในพืชชนิดนี้ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) กรดไดคาเฟโอลิลควินิก (dicaffeoylquinic acid) และอนุพันธ์ของกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) (Maisuthisakul และคณะ, 2007b) ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี และยังเป็นพืชที่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงด้วย (Maisuthisakul และคณะ, 2007a) สอดคล้องกับรายงานของ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงานว่าสารสกัดติ้วขาวมีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β–carotene bleaching นอกจากนี้ Maisuthisakul และคณะ (2008) รายงานคุณค่าทางโภชนาการของยอดอ่อนและใบติ้วขาวสด (ต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้) ประกอบด้วย เถ้า 4.1 กรัม โปรตีน 15.6 กรัม ไขมัน 10.8 กรัม คาร์โบไฮเดรต 63.2 กรัม เยื่อใย 6.2 กรัม แคลเซียม 448.3มิลลิกรัม เหล็ก 17.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 395.4 มิลลิกรัม และให้พลังงาน 412 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

นอกจากนี้ มีการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของติ้วขาวในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การใช้สารสกัดติ้วขาวในน้ำมันถั่วเหลืองและในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ เพื่อชะลอการปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี peroxide value (PV) และวิธี thiobarbituric acid (TBA) โดยพบว่า สารสกัดติ้วขาวมีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในน้ำมันถั่วเหลืองได้ดีกว่าอัลฟาโทโคฟีรอล แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (Maisuthisakul และคณะ, 2006) หรือ การเติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำมันที่ใช้เคลือบข้าวอบกรอบ โดยสารสกัดติ้วขาวมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าผงติ้วขาว (Maisuthisakul และคณะ, 2007c) เป็นต้น

2.1.9 กระทุงหมาบ้า (*Dregea volubilis* (L.f.) Hook. F. วงศ์ ASCLEPIADACEAE)

โดยทั่วไปกระทุงหมาบ้าหรือฮ้วนหมู ชาวเขาใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนและดอกอ่อนต้มหรือลวกให้สุกกินเป็นผักจิ้ม หรือผสมกับผักอื่นผัดหรือแกงกิน ส่วนชาวบ้านพื้นล่างจะใช้ยอดอ่อนและใบอ่อนกินเป็นผักสด จิ้มน้ำพริก หรือกินกับลาบหรือใช้ใส่แกงร่วมกับผักอื่น (ภาพที่ 2.1ญ) ในด้านการใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้ทั้งต้นเพื่อกำจัดหิด เหา ไร และตุ่มคันตามร่างกาย หรือแก้อาการบวมและลดการอักเสบ (Hossain และคณะ, 2010) นอกจากนี้ ยังใช้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำนมหรือขับน้ำนมในสตรีที่คลอดบุตรใหม่ ส่วนรากใช้ทำให้อาเจียนเพื่อขับพิษ ขับปัสสาวะ แก้พิษไข้ แก้กาฬโรค แก้ฝีภายใน เถาใช้เป็นยานอนหลับ แก้ปวดศีรษะ ถอนพิษไข้ ส่วนใบใช้ภายนอกเพื่อแก้ฝี แผลน้ำร้อนลวก ลดอาการบวม ใช้ภายในเพื่อแก้พิษต่างๆ และ Nakahara และคณะ (2002) รายงานว่า ฮ้วนหมูยังสามารถเป็นสารต้านการกลายพันธุ์ด้วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการในฮ้วนหมูน้ำหนักแห้ง 100 กรัม มีสารต้านอนุมูลอิสระโดยประมาณ ดังนี้ เบต้าแคโรทีน 6.14 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 1.07 มิลลิกรัม วิตามินซี 20 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0015 มิลลิกรัม แทนนิน 17.7 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 100 มิลลิกรัม ค่าดัชนีแอน

ติออกซิแดนท์ เท่ากับ 7.2 (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) นอกจากนี้ Tachakittirungrod และคณะ (2007) รายงานว่า ใบและลำต้นของผักฮ้วนหมูที่สกัดด้วยเอทานอลมีความสามารถในการทำลายอนุมูล ABTS สูง เช่นเดียวกันกับ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงานว่า ฮ้วนหมูมีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β–carotene bleaching อีกทั้งยังพบว่า สารสกัดเอทานอลหรือสารสกัดน้ำของฮ้วนหมูมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำอีกด้วย (Tangkanakul และคณะ, 2005)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ พบว่ามีฤทธิ์ในการต่อต้านเนื้องอกโดยเฉพาะมะเร็ง Ehrlich carcinoma และ melanoma B-16 ในหนูทดลอง เมื่อให้หนูกินน้ำยาสกัดจากเมล็ดทำให้เซลล์ตับยุบ โดยมีสาร diglycoside degreoside A เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แคมเฟอรอล และไตรโฟลิน (trifolin) ให้ฤทธิ์ลดไข้ (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

2.1.10 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) (ภาพที่ 2.1ฎ)

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

2.1.11 ส้มจี๊ (*Embelia ribes* Burm. F. วงศ์ MYRSINACEAE)

ยอดอ่อนและใบอ่อนของส้มจี๊มีรสเปรี้ยว ชาวเขาแทบทุกเผ่ากินเป็นผักสด หรือผักจิ้ม แต่โดยส่วนใหญ่มักใช้เป็นยากลางบ้าน ใช้ทั้งต้น ลดอาการอักเสบ แก้ปวด แก้ช้ำ แก้ไข้ (Kapoor และคณะ, 1983) ใช้ผล ช่วยให้เจริญอาหาร ลดอาการบวม ลดการอักเสบ รักษาโรคดีซ่าน และรักษาโรคประสาท (Kirthikar และ Basu, 1987) ส่วนเมล็ดใช้เป็นยาปฏิชีวนะ ยาถ่ายพยาธิ รักษาวัณโรค และเป็นยาบำรุงกำลัง (Guhabakshi และคณะ, 2001) ใช้ใบช่วยสมานแผล บรรเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการระคายเคือง โรคเรื้อน โรคผิวหนังต่างๆ และแก้เจ็บคอ (Sharma และคณะ, 2002; Kumara Swamy และคณะ, 2007) (ภาพที่ 2.1ฉ)

ในผลส้มจี้ประกอบด้วย อัลคาลอยด์ คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ โปรตีน และซาโปนิน สารที่แสดงสมบัติต้านออกซิเดชันที่สำคัญ ได้แก่ เอมเบลิน(embelin) เควอซิทอล (quercitol) ดี-เควอซิทอล (D-quercitol) แทนนิน คริสเทนไบน์ (christenbine) วิลังกิน (vilangin) และอัลคาลอยด์ (Bhandari และคณะ, 2008) โดยสาร embelin ช่วยเร่งการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระให้สูงขึ้น ได้แก่ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, glutathione-S-transferase และ glutathione (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ Surveswaran และคณะ (2007) รายงานว่า ผลส้มจี้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS โดยมีค่าเท่ากับ 16.01 และ 33.31 มิลลิโมล่าร์ต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 2.36 กรัมต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลจากผลส้มจี้ยังสามารถต้านเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterobactor cloacae* และ *Staphylococcus aureus* ได้อีกด้วย (Jain และคณะ, 2007)

สาร embelin ในผลส้มจี้ มีฤทธิ์ต้านการผสมติดของตัวผู้ ต้านการฟักตัวของตัวอ่อนและทำให้แท้งในหนูทดลองและสัตว์ทดลองอื่นๆ ซึ่งเมื่อสัตว์ทดลองได้รับสารนี้เข้าไป จะทำให้การดูดซึม ดี-กลูโคส (D-glucose) แอล-อะลานีน (L-alanine) แอล-ลูซีน (L-leucine) และแคลเซียมในลำไส้เล็กสูงขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณเซลล์เนื้อเยื่อในลำไส้อีกด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถลดการชักกระตุกในหนูทดลองได้อีกด้วย (Mahendran และคณะ,2011)

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

ชาวบ้านพื้นล่างและชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ใบอ่อนและยอดอ่อนกินเป็นอาหารประเภทผักหรือใส่แกง เนื้อไม้ใช้ทำฟืน ส่วนจีนฮ่อและม้งใช้เปลือกลำต้นต้มน้ำอมแก้ปวดฟัน (สุธรรม และคณะ, 2552ข) กลุ่มสารสำคัญที่พบในผักมันปลา ได้แก่ สารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (ภาพที่ 2.1ฏ)

2.1.13 ผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne วงศ์ ASCLEPIADACEAE)

โดยทั่วไปใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนกินเป็นผักจิ้มหรือผสมกับผักอื่นใส่แกง ม้งใช้ใบคั้นน้ำทาหรือต้มอาบแก้อาการบวม หรือแผลพุพองตามร่างกาย (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ผักเชียงดายังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Nakahara และคณะ, 2002) อีกทั้งยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Tachakittirungrod และคณะ, 2007) (ภาพที่ 2.1ฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์เท่ากับ 14.8 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) สอดคล้องกับ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงานว่า สารสกัดเชียงดามีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β–carotene bleaching นอกจากนี้ Tangkanakul และคณะ (2005) พบว่า ผักเชียงดาที่สกัดด้วยเอทานอลหรือน้ำสามารถเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดีในแบบจำลองอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำอีกด้วย

ส่วนฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่า สารสกัดจากใบเชียงดามีฤทธิ์ในการกดระบบการหดตัวและลดปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งนำโดยสารละลายโปตัสเซียมอิออน (K^+) ที่เข้มข้นสูงในกล้ามเนื้อของ ลำไส้เล็กส่วนปลาย รวมทั้งลดระดับของกลูโคสในเลือด ซึ่งสารกลุ่มซาโปนินที่สกัดได้จากพืชชนิดนี้สามารถยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในลำไส้ และต้านการเพิ่มของกลูโคสในเลือดของหนูทดลองได้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.1.14 บอนแบ้ว (*Hapaline hookeriana* Schott วงศ์ ARACEAE)

ชาวบ้านพื้นล่างใช้กาบหั่นละเอียดเพื่อดองกินเป็นผักได้ ลอกเอาเปลือกของก้านใบออกแล้วใช้แกงส้มแบบเดียวกับแกงอุตพิด นอกจากนี้ ยังใช้เป็นยารักษาโรค โดยใช้หัวเป็นยากัดฝีหนอง กัดเถาคาลในท้อง สมานแผล รากมีฤทธิ์ใช้เป็นยากระตุ้น แก้โรคริดสีดวงทวาร เมื่อกินกับกล้วยสามารถแก้โรคปวดท้องได้ หรือใช้สำหรับทาภายนอก และการกินรักษาพิษงูได้ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) (ภาพที่ 2.1ฑ)

2.1.15 หมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob. วงศ์ LAURACEAE)

ผลดิบของหมีเหม็นชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้กินเป็นเครื่องเทศ ไม้ใช้ทำเครื่องใช้ในบ้านและด้ามเครื่องมือการเกษตร สำหรับการใช้เป็นยาพื้นบ้าน พบว่ารากใช้แก้ปวดตามกล้ามเนื้อ ราก และใบใช้เป็นยาสมานแผล เปลือกและลำต้นใช้แก้อักเสบ ผื่นคัน แสบตามผิวหนัง แก้ภูมิแพ้ สิวหิด ใช้กินแก้บิดและแก้ปวดมดลูก ยางจากลำต้นใช้ทาแก้บาดแผล แก้ฟกช้ำ ใบใช้ตำพอกแก้ฝีแก้ปวด ถอนพิษร้อน เมล็ดใช้ตำพอกแก้ปวดฝีพิษอักเสบต่างๆ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) (ภาพที่ 2.1ณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเปลือกหมีเหม็น มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด องค์ประกอบทางเคมีที่พบในเปลือกและยางจากลำต้นของหมีเหม็น เป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ ได้แก่ laurelliptine, N-acetyl laurelliptine, laurotetanine, N-acetyl laurotetanine,

N-methyl laurotetanine, irriodenene, litseferine และ sebiferine เป็นต้น (นันทวัน และคณะ, 2543; ก่องกานดา, 2540) นอกจากนี้ ยังพบว่าสารสกัดจากลำต้นและเปลือกของหมีเหม็นสามารถทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยมีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเท่ากับ 90.57 และ 41.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Kshirsagar และ Upadhyay, 2009) และมีรายงานว่า เปลือกหมีเหม็นสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบได้ (Mandal และคณะ, 2000)

2.1.16 หมีบัง (*Litsea salicifolia* Nees ex Roxb. วงศ์ LAURACEAE)

ชาวเขาโดยทั่วไปใช้ผลดองน้ำเกลือกินเป็นเครื่องเทศ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) และนราพร (2552) รายงานว่า หมีบัง ประกอบด้วยกลุ่มสารสำคัญ ดังนี้ ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน คูมาริน ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการใช้ประโยชน์ของชาวบ้านพื้นล่าง และรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.1.17 ผักแส้ว (*Marsdenia glabra* Costa วงศ์ SCLEPIADACEAE)

ชาวเขาแทบทุกเผ่าและชาวบ้านพื้นล่างใช้ใบอ่อน ยอดอ่อนกินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือปรุงใส่แกงร่วมกับผักอื่น และช่วยลดไข้ (Tachakittirungrod และคณะ, 2007) โดยในผักแส้วแห้งน้ำหนัก 100 กรัม มีองค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินซี 22.7 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0018 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 8.92 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 7.42 มิลลิกรัม แทนนิน 4.47 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 51.5 มิลลิกรัม ค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ 2.06 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) (ภาพที่ 2.1ฌ)

รุ่งโรจน์ (2551) รายงานว่า สารสกัดอะซีโตนของผักแส้วมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เป็นร้อยละ 90.14 โดยองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดชั้นอะซีโตน ได้แก่ ไดบิวทิวพทาเลท (di-butyl phthalate) ไฟตอล (phytol) และกรด 1,2-เบนซีนไดคาร์บอกซิลิก (1,2-benzenedicarboxylic acid) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้

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

ผักไผ่ใช้ยอดอ่อน กิ่งหรือลำต้นและใบกินเป็นอาหารประเภทผักสด ผักจิ้ม กินกับน้ำพริกชนิดต่างๆ หรือเป็นผักข้างเคียงกินกับยำ ลาบ ตลอดจนปรุงใส่แกงเป็นเครื่องเทศ (ภาพที่ 2.1ต) ในด้านการใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้แก้กลากเกลื้อน แผลเปื่อย แก้ผื่นคัน หรือใช้เป็นยาขับลมในกระเพาะอาหาร บรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับปัสสาวะ และช่วยให้เจริญอาหาร (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ ผักไผ่ยังมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์อีกด้วย (Nakahara และคณะ, 2002)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 มีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ เท่ากับ 3.68 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ Nanasombat และ Teckchuen (2009) รายงานว่า ฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในผักไผ่ ประกอบด้วย รูทิน (rutin) ควาทิชิน เควอซีทิน แคมเฟอรอล และไอโซแรมเนทิน (isorhamnetin) ส่วน Zheng และWang (2001) พบว่าผักไผ่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) ได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ แต่มีรายงานว่า พืชชนิดนี้ไม่มีสารในกลุ่ม drimane sesquiterpenoids ที่พบในพืชสกุล *Persicaria* และ *Polygonum* หลายชนิด ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อรา และต้านเนื้องอกบางชนิด (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

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

ส่วนใหญ่ใช้เป็นยากลางบ้าน โดยจีนฮ่อใช้ใบอ่อนตากแห้งชงแทนชา ทำให้ชุ่มคอและแก้กระหายน้ำ กะเหรี่ยงใช้ยอดอ่อนแช่น้ำดื่มแก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกายเนื่องจากพิษไข้ และเปลือกลำต้นใช้เป็นยาแก้ไอ แก้ไข้ ส่วนปะหล่องใช้ยอดอ่อนคลุกเกลือกินแก้ปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย อีก้อ ม้งและเย้าใช้ลำต้นและใบบดอมหรือเคี้ยวกินแก้ปวดฟัน แก้แผลในปาก เหงือกเป็นหนอง ต้มน้ำดื่มแก้อาการปวดภายในร่างกาย แก้ท้องร่วง ท้องเดิน และม้ามโต ในหลายประเทศใช้ดอกเป็นยากลางบ้าน แก้ปัสสาวะผิดปกติ และมดลูกอักเสบ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1ถ)

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 ไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.20 พ่อค้าตีเมีย (*Selaginella argentea* (Wall. Ex Hook. & Grev.) Spring วงศ์ ASTERACEAE)

โดยทั่วไปใช้ลำต้นอ่อนที่ยังไม่แตกกิ่งหรือเริ่มแตกกิ่งกินเป็นผัก ปรุงใส่แกงประเภทต่างๆ โดยพ่อค้าตีเมียแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี 30.34 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0042 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 1.27 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 1.06 มิลลิกรัม แทนนิน 17.68 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 99.76 มิลลิกรัม จะเห็นว่า พืชนี้จัดเป็นผักที่มีวิตามินซีสูง แต่มีค่าดัชนีต้านอนุมูลอิสระอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเพียง 2.84 (สุธรรม และคณะ, 2552 ค) อย่างไรก็ตาม ไม่พบการรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ (ภาพที่ 2.1ธ)

2.1.21 หญ้าหวาน (*Stevia Rebaudiana* Bertoni วงศ์ ASTERACEAE)

ในประเทศไทยมีการปลูกหญ้าหวานทางภาคเหนือ เนื่องจากพืชชนิดนี้ชอบอากาศค่อนข้างเย็น และเจริญได้ดีเมื่อปลูกในพื้นที่ที่สูงจากระดับน้ำทะเล ปัจจุบันหลายประเทศได้อนุญาตให้ใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารและเครื่องดื่มบางประเภท เพื่อลดปริมาณแคลอรี่ในอาหารและเครื่องดื่มสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนหรือผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Shukla และคณ, 2009) (ภาพที่ 2.1ท)

หญ้าหวานให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายถึง 200-300 เท่า แต่ไม่มีผลทำให้น้ำตาลในเลือดสูง มีฤทธิ์ช่วยบำรุงตับอ่อน ช่วยเพิ่มกำลัง สมานแผลทั้งภายในและภายนอก ช่วยให้เลือดไปเลี้ยงสมอง (Bekele, 2008) นอกจากนี้ Savita และคณะ (2004) รายงานว่าหญ้าหวานช่วยลดความดัน ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และมีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันด้วย โดยใบของหญ้าหวาน ประกอบด้วย ไดเทอร์พีนไกลโคไซด์ (diterpene glycosides) ได้แก่ สเตียวิโอไซด์ (stevioside), สเตียวิโอลไบโอไซด์ (steviolbioside), รีบอไดโอไซด์ (rebaudioside) A-F และดูโคลไซด์ (ducloside) (Mantovaneli และคณะ, 2004) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารที่ให้รสหวาน ส่วนสารประกอบกลุ่มอื่นๆ ได้แก่ แลบเดนไดเทอร์พีน (labdane diterpene) (เช่น สเตียเรบิน (sterebins) I-N) ไตรเทอร์พีน สเตอรอล (sterols) และฟลาโวนอยด์ (McGarvey และคณะ, 2003)

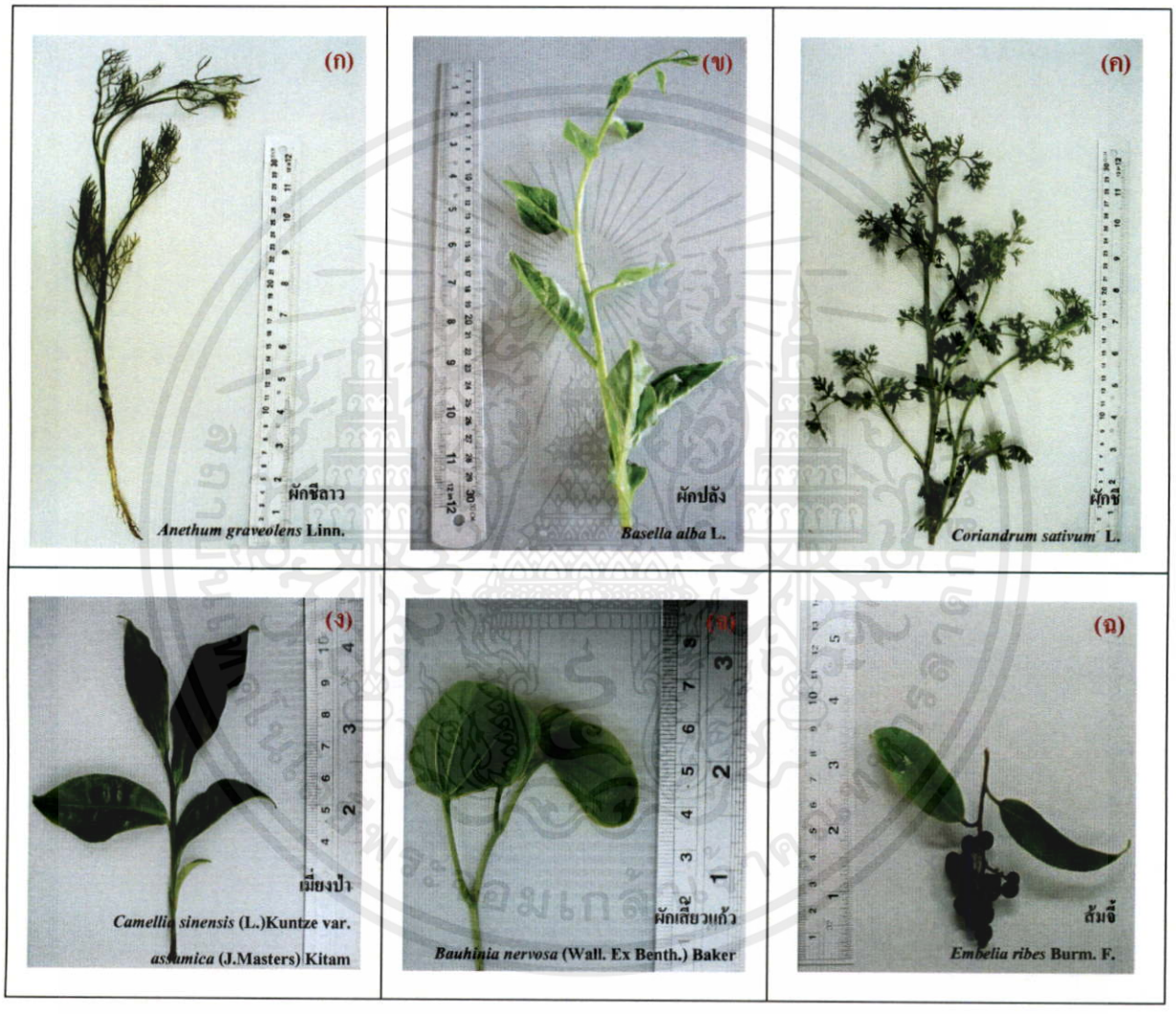
2.1.22 นางเลว (*Tupistra albiflora* K. Larsen วงศ์ LILIACEAE)

ดอกอ่อนและใบอ่อนของนางเลวใช้กินเป็นผักสดและเป็นผักจิ้มกินกับลาบ หรือผสมกับผักอื่นปรุงรสใส่แกงชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา และสารสำคัญในพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

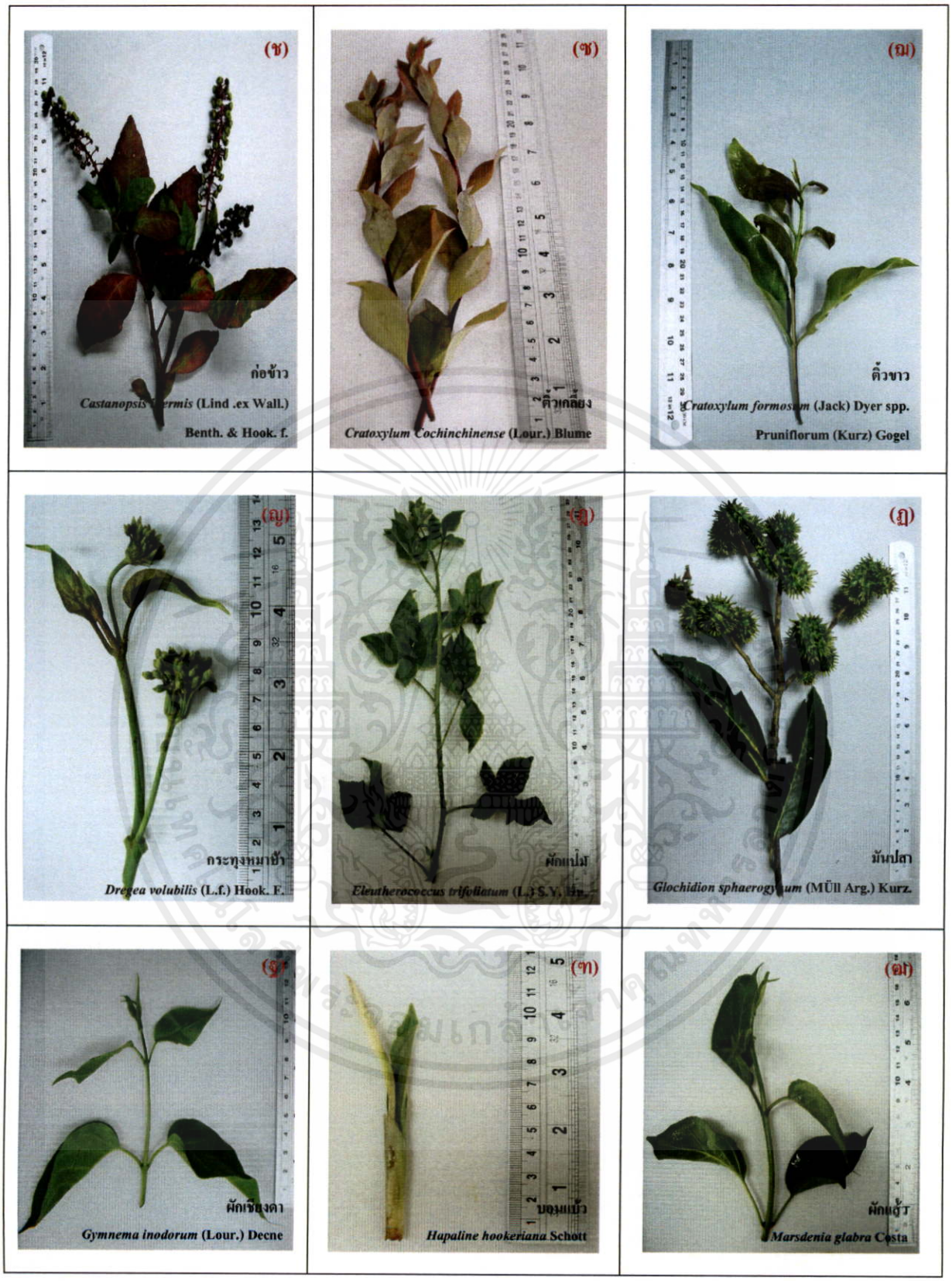
2.1.23 ส้มปี้ (*Vaccinium sprengelii* (D. Don) Sleum วงศ์ ERICACEAE)

ชาวเขาเผ่าไทยใหญ่ เย้า ปะหล่อง มูเซอ กะเหรี่ยง และจีนฮ่อกินใบอ่อนและยอดอ่อนของส้มปี้เป็นผักสด และผักจิ้ม หรือปรุงใส่แกงต่างๆ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา และองค์ประกอบทางเคมีของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1บ)



ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา

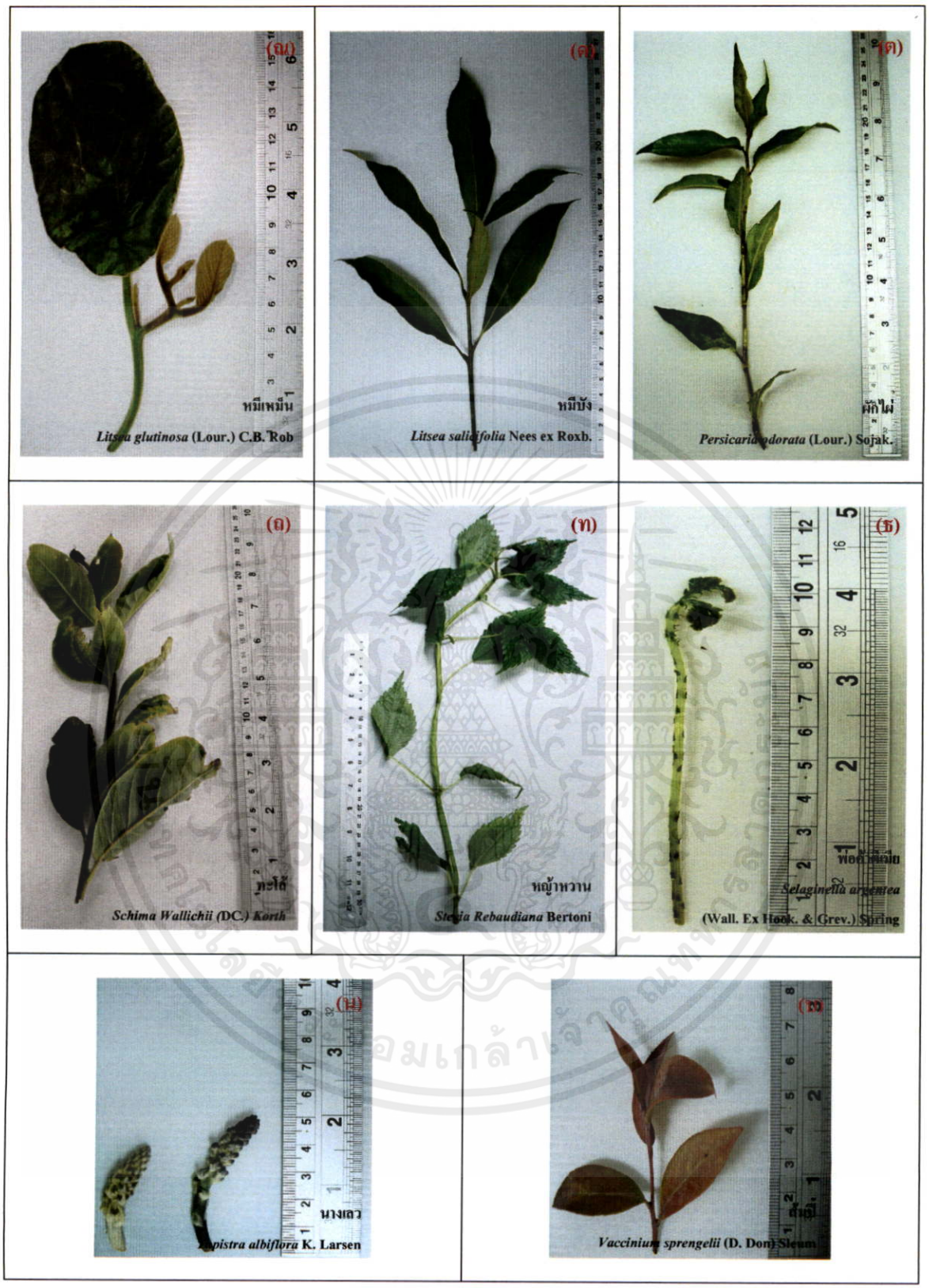
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120097

2.2 วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

การทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้ เช่น ความสามารถในการกระจายตัวในเฟสของน้ำและน้ำมัน สภาวะการเกิดปฏิกิริยา และสภาวะทางกายภาพของสารตั้งต้นของปฏิกิริยา เป็นต้น (สุภามาศ, 2550) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธีใดเพียงวิธีหนึ่งในการทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชัน (โอภา, 2549) วิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างมีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มี 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH free radical scavenging assay)

วิธี DPPH เป็นวิธีที่นิยมใช้ทั่วไปในการประเมินความสามารถในการต้านออกซิเดชันเบื้องต้นของสารสกัดจากพืช โดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่มีความเสถียรและมีสีม่วง เมื่ออนุมูล DPPH$^{\cdot}$ ได้รับอิเล็คตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอม อนุมูล DPPH$^{\cdot}$ จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นโมเลกุล DPPH และเปลี่ยนสีจากสีม่วงเข้มไปเป็นไม่มีสี จึงสามารถติดตามสมบัติการทำลายอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ ได้ด้วยการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ตัวอย่างสารสกัดที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ ได้ดี จะทำให้ความเข้มของสีม่วงลดลงมากขึ้นจนเปลี่ยนเป็นสารละลายที่ไม่มีสี ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังสมการ (Murakami และคณะ, 2004)

$$\underset{\text{อนุมูลอิสระ (สีม่วง)}}{\mathbf{DPPH^{\cdot}}} + \mathbf{PheOH} \longrightarrow \underset{\text{โมเลกุล (ไม่มีสี)}}{\mathbf{DPPH}} + \mathbf{[PheO^{\cdot}]}$$

อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแยกหรือจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ เนื่องจาก อนุมูลอิสระ DPPH มีความคงตัว ไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเซลล์หรือร่างกาย นอกจากนี้ โครงสร้างทางเคมีของ DPPH$^{\cdot}$ ถูกบดบังด้วยวงเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร ทำให้สารประกอบที่มีความสามารถต้านอนุมูลที่มีฤทธิ์แรง แต่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ อาจไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในการขจัดอนุมูลหรืออาจเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าความเป็นจริงทั้งๆที่สารต้านอนุมูลนั้นมีความสามารถการขจัดอนุมูลเปอร์ออกซีที่ดี นอกจากนี้สารที่มีสมบัติในการรีดิวซ์สามารถทำให้อิเล็คตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอมแก่ DPPH$^{\cdot}$ ก็จะทำให้ความเข้มของสีลดลงได้อีกด้วย (โอภา, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (2-Deoxyribose assay)

วิธีการนี้เป็นการติดตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ($OH^{\cdot}$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความไว สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย และเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่อง วิธีนี้ใช้ติดตามการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose) โดยมีหลักการคือ เฟอร์รัสอิออน (Fe^{2+}) จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ทำให้เกิดอนุมูล $OH^{\cdot}$ เนื่องจากปฏิกิริยาเฟนตอน (Fenton) จากนั้นอนุมูล $OH^{\cdot}$ จะเข้าทำปฏิกิริยากับดีออกซีไรโบสและทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid, TBA) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงของสารประกอบไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 532 นาโนเมตร ดังนั้นถ้าเกิดอนุมูล $OH^{\cdot}$ เพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำตาลดีออกซีไรโบส สลายตัวมากขึ้น สารละลายจะมีสีชมพูเข้มขึ้น แต่ถ้าตัวอย่างสารสกัดมีความสามารถในการทำลายอนุมูล $OH^{\cdot}$ ได้ดี จะยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบส ทำให้เกิดสีชมพูน้อยกว่าตัวอย่างสารสกัดที่ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (Aruoma, 1994) แสดงดังนี้

Fenton's reaction : $Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^{\cdot} + OH^{-}$

$$\text{2-Deoxyribose} + OH^{\cdot} \longrightarrow \text{Oxidized product}$$

$$\text{Oxidized product} + \text{TBA} \longrightarrow \text{TBARS}$$

ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ สารประกอบบางชนิดสามารถจับกับอนุมูลอิสระ $OH^{\cdot}$ ได้ เช่น เอทานอล ฟอร์เมท (formate) ไดเมทิลซัลโฟไซด์ (dimethyl sulphoxide, DMSO) และ เฮอร์ปีส์ (Herpes) ไม่สามารถยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสได้ ในทางตรงกันข้าม สารอื่นๆ เช่น แมนนิทอล (mannitol), ไทโอยูเรีย (thiourea) และไฮดรอกซีคลอโรควิน (hydroxychloroquine) สามารถยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสได้ (Gutteridge, 1987; Aruoma และ Halliwell, 1988)

2.2.3 ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS)

วิธีนี้นอกจากจะนิยมใช้ทดสอบสมบัติต้านออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันแล้ว ยังนิยมใช้ทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารจากธรรมชาติกันอย่างแพร่หลาย (Moon และ Shibamoto, 2009) โดยสารต้านออกซิเดชันจะให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลเปอร์ออกซิล หรืออัลคอกซิล ในการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน จากนั้นทดสอบปริมาณการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยอาศัยหลักการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดง ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ที่เกิดขึ้นกับกรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ซึ่งหากเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูมาก แสดงว่าสารสกัดพืชมีความสามารถใน การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ไม่ดี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\text{TBA} + \text{MDA} \xrightarrow[H_2O]{HCl} \text{TBA chromophore}$$

วิธี anti-TBARS นี้มีข้อจำกัด คือ วิธีนี้ไม่เฉพาะเจาะจง ซึ่งการเกิดออกซิเดชันไม่จำเป็นต้องได้เป็นมาลอนไดอัลดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบประเภทอัลคานาล (alkanals) อัลคีนาล (alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกได้และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตรได้เช่นเดียวกับมาลอนไดอัลดีไฮด์ นอกจากนี้สาร TBARS ที่เกิดจากกรดไทโอบาร์บิทูริกเป็นปฏิกิริยาที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับ MDA สารหลายชนิด เช่น น้ำตาล สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกเกิดเป็นสารมีสีได้เช่นเดียวกัน (โอภา, 2549)

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งออกซิเดชันของไขมันอาจแสดงผลด้วยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เช่น โทรลอกซ์ วิตามินอี วิตามินซี บีเอชที เป็นต้น ซึ่งสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นมากจะให้ค่า TBARS ต่ำ ทำให้การแสดงผลในทางตรงกันข้าม หรือในทิศทางที่ผกผันกับการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยทั่วไป

2.3 การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์

จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2550 ประมาณการการบริโภคเนื้อสัตว์ทั่วโลกโดยรวมอยู่ที่ 278.3 ล้านตัน โดยพบปริมาณการบริโภคเนื้อหมูสูงที่สุดคือ 105.8 ล้านตัน รองลงมาคือ เนื้อไก่ เนื้อวัว และเนื้อแกะ/แพะ มีปริมาณการบริโภค 86.2, 67.1 และ13.8 ล้านตัน ตามลำดับ (www.the-thainews.com/analized/inter/int100751_6.htm, 2551) สำหรับในประเทศไทย พบการบริโภค เนื้อไก่ เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ เนื้อหมู โดยมีปริมาณการบริโภคในปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 13.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี และมีค่าสูงกว่าปริมาณบริโภคในปี พ.ศ. 2552 ร้อยละ 1.84 (สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก, 2554)

จากสถิติการบริโภคเนื้อหมูข้างต้น ทำให้ธุรกิจภาคอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์เกิดการแข่งขันกันในด้านเทคโนโลยีการผลิต กระบวนการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน เนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้ง โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญ และองค์ประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์อีกด้วย เนื้อสัตว์จึงเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย หรืออาจเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในเนื้อสัตว์เอง หรือ ปฏิกิริยาเคมีในอาหาร การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง อาหารจะมีกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงเป็นที่ไม่ยอมรับของผู้บริโภค

การเสื่อมเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันในเนื้อสัตว์ อาจเกิดได้จาก 2 สาเหตุ คือ

2.3.1 การเหม็นหืนจากปฏิกิริยาของเอนไซม์จากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนในเนื้อสัตว์เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยไขมันได้ เช่น เอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) กับโมเลกุลของไขมัน และฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เกิดเป็นสารประกอบต่างๆ เช่น กรดไขมันอิสระ คีโตน (ketone) กลีเซอรอล (glycerol) อัลดีไฮด์ (aldehyde) แอลกอฮอล์ (alcohol) และเปอร์-ออกไซด์ (peroxide) ส่วนเอนไซม์กลุ่มออกซิเดส (oxidase) จะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กับกรดไขมันในเนื้อ เกิดเป็นสารประกอบที่ทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติไป แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยไขมันได้ เช่น สูโดโมแนส (*Pseudomonas* spp.) และอโครโมแบคเตอร์ (*Achromobactor* spp.) เป็นต้น (http://www.nsru.ac.th/e-learning/meattech /lesson/less12_5. html, 2551)

2.3.2 การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ เกิดจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ระหว่างออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆ กับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid) เป็นต้น เกิดเป็น peroxide linkage ระหว่างพันธะคู่ ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกซีที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของไขมันตัวอื่นเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลอิสระตัวอื่นทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ และสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นอาจถูกทำลายต่อไปโดยมีแสง อุณหภูมิ เอนไซม์ โลหะ เมททอลโลโปรตีน (metalloprotein) และจุลินทรีย์ เป็นตัวเร่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาลูกโซ่ ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืนเกิดได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในเนื้อที่ผ่านการปรุงสุกจะเกิดได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น (www.nsru.ac.th/e-learning/meattech/ lesson/ less3.html, 2551) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมทั้งไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปให้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์ คีโตน แอลดีไฮด์ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่งผลให้ลักษณะสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา ออกซิเจนสามารถสร้างกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยตัวเอง (autocatalytic process) ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 3 ขั้นตอน (Madhavi และคณะ, 1996; Angelo, 1996 และ Fennema, 1996) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น (initiation)

ขั้นตอนนี้เป็นการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical, R°) โดยโมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่ allytic methylene group (RH) หรือ ลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (lipohydroperoxide, ROOH) เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมตรงตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เกิดเป็นอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) และอนุมูลไฮโดรเจน (H°) (สมการ 1) โดยอาจมีความร้อน แสง และโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Larson, 1995)

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

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

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

นอกจากนี้ยังพบ ปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนซิงเลท หรือการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ทำให้เกิดสารประกอบลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) อย่างไรก็ตามพันธะ O-O ในโมเลกุลของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นพันธะที่อ่อนและแตกตัวได้ง่าย เกิดเป็นอนุมูลอัลโคซี (alkoxy radicals, RO°) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, OH°) (สมการ 2) หรือการสลายตัวของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ 2 โมเลกุล เกิดเป็นอนุมูลอัลโคซี อนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical, ROO°) และน้ำ (สมการ 3)

2.3.2.2 ปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวน (propagation)

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ(R°) ที่ไม่เสถียรและไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยา กับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี (สมการ 4) ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกซีจะมีความไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยาสูง และเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่น ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) (สมการ 5) ซึ่งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ สามารถแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระได้อีก หากมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง หรือความร้อน หรือโลหะ เป็นต้น โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดต่อเนื่องแบบเดิมไปเรื่อยๆแบบลูกโซ่

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

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

2.3.2.3 ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย (termination)

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้สารประกอบที่เกิดขึ้นมีความเสถียรและไม่มีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ (non-radical) โดยอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดการรวมตัวกัน เกิดเป็นสารที่มีความคงตัว (สมการ 6-8) สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ รวมถึงสารประกอบพวกกรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ และคีโตน ที่เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่าย และทำให้อาหารมีกลิ่นเหม็นหืน (Hudson, 1990) สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไป และทำให้ปฏิกิริยาสิ้นสุดลง

เอกสารนี้ ... ไม่ว่าการ ... นี้ ...

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

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

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

2.3.3 ผลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์

เมื่อเนื้อสัตว์เกิดการเสื่อมเสีย อันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันแล้ว จะส่งผลกระทบต่อกลิ่นและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ จนอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยสารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

2.3.3.1 กลิ่นรสของเนื้อ

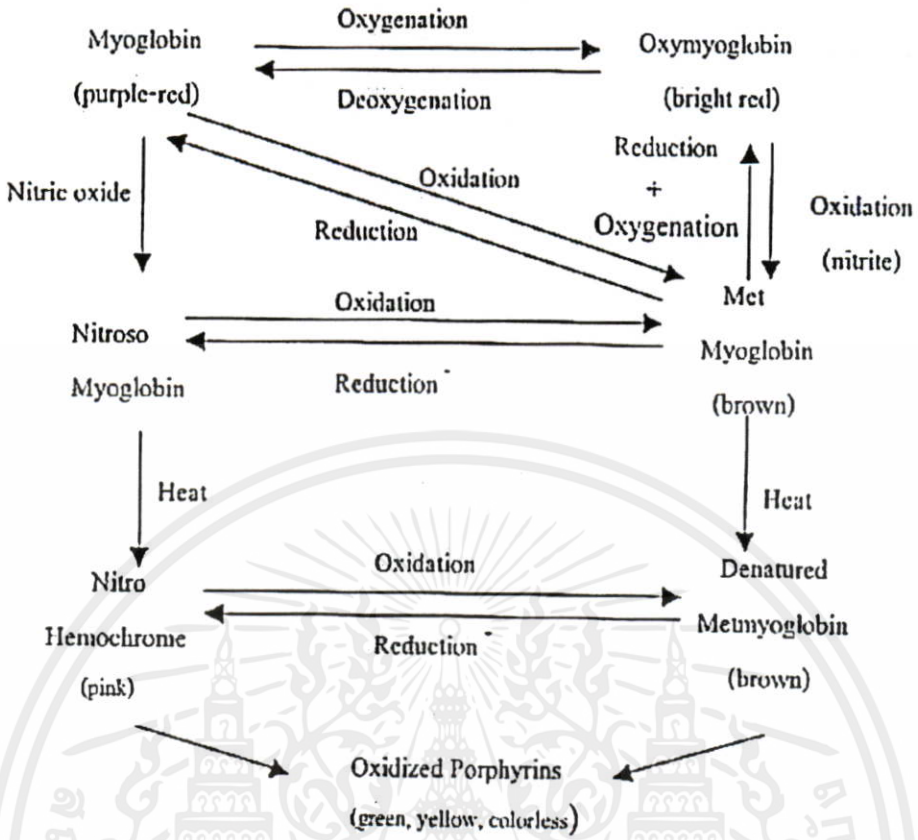
ความผิดปกติของกลิ่นรสในเนื้อสัตว์ เกิดจากการสลายตัวของ สารไฮโดรเปอร์-ออกไซด์ จนได้สารประกอบในปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย ที่เป็นสารประกอบทั้งที่ระเหยได้ และระเหยไม่ได้ ได้แก่ สารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl) ตลอดจนกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดอะซีติก (acetic acid) และกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) เป็นต้น โดยส่วนมากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ เป็นสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ส่งผลให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ผิดปกติ เช่น กลิ่นเหม็นเขียว (green) กลิ่นหืน (rancid) กลิ่นไขมัน (fatty) กลิ่นฉุน (pungent) และกลิ่นรสผิดปกติอื่นๆ (Gray และ Cracker, 1992)

2.3.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสัตว์

โดยปกติสีของเนื้อสัตว์ทุกชนิดเกิดจาก รงควัตถุ (pigment) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ไมโอโกลบิน (myoglobin) และ ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันตามประเภทของกล้ามเนื้อ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ (สัญชัย, 2543) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสด เกิดเนื่องจาก รงควัตถุไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยรอบชิ้นเนื้อ เกิดเป็นออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ที่มีสีแดงสด โดยทั้งโมเลกุลของไมโอโกลบินและออกซีไมโอโกลบินจะประกอบด้วยไอออนของเหล็กในรูปไอออนเฟอร์รัส (Fe^{2+}) และเมื่อออกซีไมโอโกลบินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไอออนเฟอร์รัส จะเปลี่ยนรูปเป็นไอออนเฟอร์ริก (Fe^{3+}) เกิดเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ที่มีสีน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยานี้สามารถย้อนกลับเปลี่ยนไปมาได้ (ภาพที่ 2.2)

สีของเนื้อที่ปรากฏขึ้นอยู่กับสภาวะออกซิเดชันของเหล็กไอออนที่อยู่ในโมเลกุลของรงควัตถุไมโอโกลบิน หรือรูปไอออนของเหล็ก หากอยู่ในรูปไอออนเฟอร์รัส เนื้อสัตว์จะมีสีแดง แต่ถ้าอยู่ในรูปไอออนเฟอร์ริกเนื้อสัตว์จะมีสีน้ำตาล ส่วนในกระบวนการทำให้สุกหรือให้ความร้อน เมทไมโอโกลบินจะเสียสภาพทางธรรมชาติ (denatured metmyoglobin) ทำให้มีสีน้ำตาลเข้มและปฏิกิริยานี้ไม่สามารถผันกลับได้ (ภาพที่ 2.2) (สุริญญา, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสัตว์

ที่มา : Robert (1978)

2.3.4 วิธีตรวจสอบออกซิเดชันในอาหาร

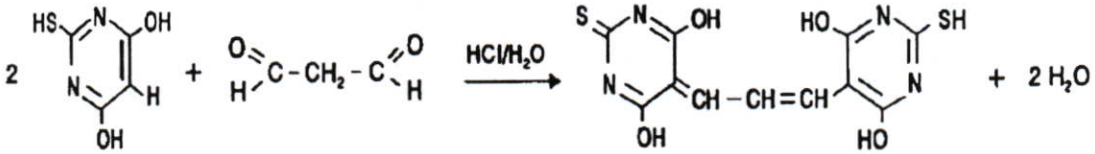
วิธีในการตรวจสอบปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น มีหลายวิธี เช่น วิธีหาค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) ค่าคอนจูเกทไดอีน (conjugated diene, CD) ค่าไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) และ *p*-anisidine value (*p*-Av) เป็นต้น ซึ่งในการทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้ เป็นรายละเอียด และข้อจำกัดของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2.3.4.1 วิธีกรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid, TBA)

วิธีนี้นิยมใช้วัดการเสื่อมเสียในเนื้อสัตว์มากกว่าไขมันหรือน้ำมัน โดยตรวจติดตามปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย การเพิ่มปริมาณของสารประกอบกลุ่มดังกล่าว แสดงถึง การเพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธีนี้เป็นการตรวจสอบสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงของสารประกอบไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid reactive substance , TBARS) ที่เกิดขึ้นจากของมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

acid, TBA) เมื่อผ่านการให้ความร้อนใน สภาพกรด ที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.3)

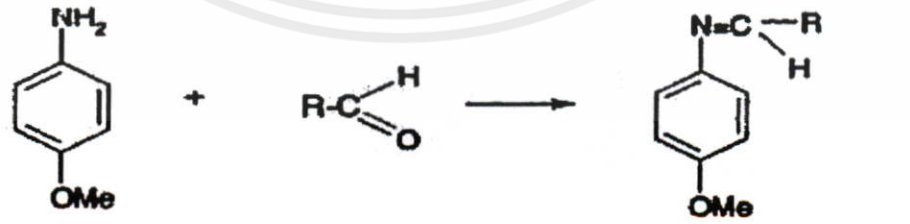


ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ และกรดไทโอบาร์บิทูริก
ที่มา : Fernandez และคณะ (1997)

วิธีนี้เป็นวิธีทำได้ที่ง่าย สะดวก และไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาสูง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่เฉพาะเจาะจง ซึ่งการเกิดออกซิเดชันเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน และอาจไม่เกิดเป็นสารประกอบมาลอนไดอัลดีไฮด์ อีกทั้งกรดไทโอบาร์บิทูริกไม่ได้ทำปฏิกิริยาอย่างเฉพาะเจาะจงกับมาลอนไดอัลดีไฮด์ แต่ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ เช่น อัลคานาล (alkanals) อัลคีนาล (alkenals) 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) และ น้ำตาล เป็นต้น (โอภา, 2549) เกิดสารประกอบที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

2.3.4.2 การทดสอบด้วยวิธี *p*-anisidine value (*p*-Av)

วิธีนี้เป็นการวัดปริมาณสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ เช่น 2-อัลคีนาล (2-alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของการเกิดออกซิเดชันไขมัน โดยใช้ *p*-anisidine เป็นรีเอเจนต์ในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบอัลดีไฮด์ เพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.4) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารกลุ่มอัลดีไฮด์ แสดงว่า ตัวอย่างมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาระหว่าง *p*-anisidine และสารประกอบอัลดีไฮด์
ที่มา : Aruoma และ Cuppet (2001)

โดยทั่วไป วิธีนี้มีความไวต่อสารประกอบอัลดีไฮด์ประเภทระเหยได้ (volatile aldehydes) และสามารถตรวจสอบสารประกอบอัลดีไฮด์ชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated volatile aldehydes) ได้ดีกว่าชนิดอิ่มตัว (saturated volatile aldehydes) ดังนั้น จึงมักใช้วิธีนี้ตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ร่วมกับการวัดค่าเปอร์-ออกไซด์ (peroxide value, PV) (Aruoma และ Cuppet, 2001)

2.4 สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารต้านออกซิเดชันหรือสารกันหืน (antioxidants) หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ชะลอ ยับยั้ง หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดออกซิเดชันแล้วดีขึ้น (มณฑาทิพย์, 2539) โดยสารกลุ่มนี้ทำหน้าที่สำคัญ ได้แก่ การให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ การจับโลหะที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือการลดการก่อตัวของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นวลศรี, 2545) ซึ่งสารกันหืนที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้คือ ต้องไม่มีโทษต่อร่างกาย ไม่ทำให้เกิดสี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นต่ำ ละลายได้ดีในไขมันและน้ำมัน ทนต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร มีจำหน่ายทั่วไป และมีราคาถูก (นิธิยา, 2548)

สารกันหืนแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภท คือ

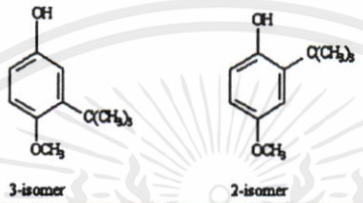
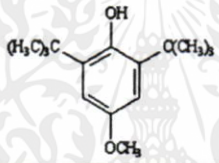
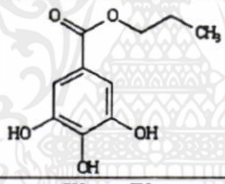
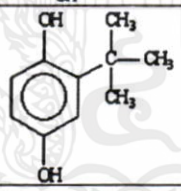
2.4.1 สารกันหืนสังเคราะห์ (synthetic antioxidant)

สารกันหืนสังเคราะห์เป็นสารที่ผลิตขึ้นด้วยวิธีทางเคมีเพื่อป้องกันการหืนได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหารหลายชนิด เช่น ใช้ในการรักษาความคงตัวของพลาสติกและโพลิเมอร์ แต่มีสารกันหืนบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ได้ในอาหาร เนื่องจากต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการใช้ (Loliger และ Wille, 1993) สารกันหืนที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ โพรพิวแกลเลต (propyl gallate, PG) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีอะนิซอล หรือบีเอชเอ (butylated hydroxyanisole, BHA) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน หรือบีเอชที (butylated hydroxytoluene, BHT) และ เทอเทียรีบิวทิลไฮโดรควิโนน หรือทีบีเอชคิว (tertiary butylhydroquinone, TBHQ) เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) สารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติเป็นสารกันหืนได้ดีพอสมควร และไม่ทำให้เกิดสีในอาหารหรือไขมันที่เติมลงไป (นิธิยา, 2548) สารกันหืนสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในอาหาร ได้แก่ บีเอชเอ บีเอชที และ ทีบีเอชคิว ซึ่งอาจใช้สารดังกล่าวเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้ร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการยับยั้งอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้สารกันหืนเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีความคงตัว (Shahidi และคณะ, 1992)

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีและปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) ของสารกันหืนสังเคราะห์

ชนิดของสารกันหืน	โครงสร้างทางเคมี	Acceptable Daily Intake (ADI) (mg/ kg)
Butylated hydroxyanisole (BHA)	 3-isomer 2-isomer	0-0.5
Butylated hydroxytoluene (BHT)		0-0.3
Propyl gallate (PG)		0-1.4
Tert-butylated hydroquinone (TBHQ)		0-0.7

ที่มา : JECFA (2003)

รายงานการเติมสารกันหืนสังเคราะห์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์พบทั้งในและต่างประเทศ เช่น การเติมบีเอชเอ เข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในกุนเชียงปลา สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุด (กฤษดา, 2544) นอกจากนี้ ศุภวรรณ และคณะ (2549) พบว่า บีเอชเอ เข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในหมูบดปรุงสุกได้ดีที่สุด สำหรับรายงานในต่างประเทศ McCarthy และคณะ (2001) รายงานการเติมสารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที เข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในแพตตี้หมูดิบและปรุงสุกพบว่า สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในระหว่างเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสทั้งแบบดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Formanek และคณะ (2001) ที่พบว่า การเติมบีเอชเอและบีเอชทีลงในเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัวหั่นชิ้น เข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS ต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม

นอกจากนี้ การเติมสารกันหืนยังช่วยให้สีของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัวในระหว่างเก็บรักษาด้วย ดังเช่นรายงานของ McCarthy และคณะ (2001) ที่พบว่า การเติมสารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในแพตตี้หมูดิบ ส่งผลให้ค่าสีแดง (a^*) มีความคงตัวเป็นเวลา 9 วันของระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อีกทั้งการเติมสารผสมระหว่าง บีเอชเอและบีเอชที 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในแพตตี้หมูปรุงสุก มีผลให้มีค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุม จนถึงวันที่ 9 ของระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน ส่วน Aksu และ Kaya (2005) รายงานว่า ในการเก็บรักษาตัวอย่าง Kavurma ที่เติมบีเอชเอ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 300 วัน สามารถคงสภาพของสีและความเสถียรของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ต่อมา Ahn และคณะ (2007) รายงานว่า เนื้อวัวบดปรุงสุกที่เติม ActiVin™ มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่า, ค่า a^* สูงกว่า และค่า b^* ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ บีเอชเอและบีเอชที, Pycnogenol®, และ Herbalox®

จากงานวิจัยต่างๆข้างต้นจะเห็นได้ว่า การเติมสารกันหืนสังเคราะห์ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ และช่วยรักษาความ คงตัวของค่าสี ของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อด้วย แต่อย่างไรก็ตาม สารกันหืนสังเคราะห์มีข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจากการได้รับสารสังเคราะห์นี้ในปริมาณที่สูงกว่าที่ปริมาณที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน และรับประทานเป็นประจำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดความผิดปกติแก่ผู้บริโภคได้ ซึ่งรายงานการวิจัยที่ระบุถึงอันตรายของการใช้สารกันหืนสังเคราะห์ในสัตว์ทดลอง เช่น การเกิดเลือดคั่งในปอดและอวัยวะอื่นๆอีกหลายส่วนในหนูทดลองที่บริโภคอาหารที่ผสมบีเอชเอผสมอยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ (Tagahashi, 1992 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) หรือการเกิดเนื้องอกในหนูทดลองที่บริโภคบีเอชเอ, บีเอชที และวิตามินอีในปริมาณสูง และความผิดปกติในหนูทดลองที่บริโภคบีเอชทีสูงด้วย (Kahl และ Kappus, 1993 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) นอกจากนี้ ยังพบการแยกตัวของสายดีเอ็นเอ (DNA) สายคู่ในหนูทดลองที่บริโภคทีบีเอชคิว (Okubo และคณะ, 1996 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) และการขยายตัวผิดปกติของเนื้อเยื่อหนูทดลอง เป็นสาเหตุให้เกิดเนื้องอกในช่องท้องในหนูที่บริโภคอาหารที่เติมสารบีเอชเอ 25 เปอร์เซ็นต์ (Tamano และคณะ, 1998 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สารกันหืนจากธรรมชาติ (natural antioxidant)

สารกันหืนจากธรรมชาติ คือ สารประกอบที่ได้จากพืชหรือเนื้อเยื่อของสัตว์ต่างๆ และมีคุณสมบัติในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท (ไมตรี และคณะ, 2543) คือ

2.4.2.1 เอนไซม์ที่เซลล์ร่างกายผลิตขึ้น ได้แก่ ซูเปอร์ออกซิเดสมิวเตส (superoxidase mytase) คะตะเลส (catalase) กลูตาไธโอนเพอร์ออกซีเดส (glutathione peroxidase) และ เมทไธ-โอนีนรีดักเทส (methionine reductase)

2.4.2.2 วิตามิน ได้แก่ วิตามินอี พบในเมล็ดธัญพืชทุกชนิด ถั่ว รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผักผลไม้สด เป็นต้น

2.4.2.3 แร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.4.2.4 สารพฤษเคมี (phytochemicals) เป็นสารเคมีที่ได้จากพืชซึ่งไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคพีน แซนโธฟิล แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบโพลีฟีนอล เป็นต้น

สารกันหืนจากธรรมชาติที่นิยมใช้เติมในเนื้อสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เครื่องเทศและพืชสมุนไพร ซึ่งมีสมบัติในการถนอมอาหาร โดยช่วยชะลอการเน่าเสียและเหม็นหืน ดังนั้น จึงได้เริ่มการค้นคว้าและวิจัยนำเอาเครื่องเทศและพืชสมุนไพรอื่นๆ มาเติมลงในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะด้านสีของผลิตภัณฑ์

การเติมเครื่องเทศในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังเช่น รายงานของ Kong และคณะ (2010) ศึกษาความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเครื่องเทศสกัด 6 ชนิด ได้แก่ กานพลู โรสแมรี่ เปลือกอบเชย ชะเอมเทศ ลูกจันทน์เทศ และกระวาน ในแพตตี้หมูปรุงสุก พบว่า กานพลู โรสแมรี่ และเปลือกอบเชย แสดงศักยภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด และเครื่องเทศสกัดทั้ง 6 ชนิด และยังมีส่วนช่วยให้แพตตี้หมูคงค่า a^* ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ Formanek และคณะ (2001) พบว่า การเติมสารสกัดโรสแมรี่ในส่วนผสมของแพตตี้เนื้อวัว เพื่อช่วยรักษาความคงตัวของออกซิเจนได้ดี โดยมีผลไปลดค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน เกิน 8 วัน อีกทั้งยังมีรายงานวิจัยอื่นพบว่า การเติมสารสกัดโรสแมรี่ทางการค้าและตัดแต่งแบบต่างๆในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อวัวบดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 144 ชั่วโมง สามารถช่วยคงสภาพค่า a^* ของเนื้อวัวบด และยังทำให้องค์ประกอบของออกซีไมโอโกลบินในเนื้อวัวมีมากกว่า รวมทั้งมีค่า TBARS ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (Balentine และคณะ, 2006)

Racanicci และคณะ (2004) ทำการเติมสารสกัดโรสแมรี่ และ dittany ในลูกชิ้นไก่ลวกที่เติมเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ ที่อุณหภูมิแช่เย็น เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ลูกชิ้นไก่ที่เติมโรสแมรี่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าลูกชิ้นไก่ที่เติม dittany ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเพียงเล็กน้อย แต่ที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ โรสแมรี่มีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่า dittany ส่วน กฤษดา (2544) ทำการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเทศเพื่อชะลอการหืนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงจากปลา นอกจากนี้ยังมีรายงานการเติมพริกสเปน (Spanish paprika) ในผลิตภัณฑ์โชริโซะ (ไส้กรอกแห้ง) อีกด้วย (Aguirrezabal และคณะ, 2000)

นอกจากเครื่องเทศแล้ว ยังพบการใช้พืชสมุนไพรอื่นๆ เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดย McCarthy และคณะ (2001) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของส่วนผสม 9 ชนิด ในแพตตี้หมูดิบและแพตตี้หมูปรุงสุก ได้แก่ ว่านหางจระเข้ มัสตาร์ด โรสแมรี่ เสจ (sage) ฟีนูกรีก (fenugreek) โสม โปรตีนถั่วเหลือง คาทิชินจากชา และเวย์โปรตีนเข้มข้น พบว่า ส่วนผสมทั้ง 9 ชนิด สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูทั้งดิบและปรุงสุกได้ โดยคาทิชินจากชา 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูปรุงสุกได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ โรสแมรี่ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และเสจ (sage) 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเติมโปรตีนถั่วเหลือง 0.10 เปอร์เซ็นต์ในแพตตี้หมูดิบ ทำให้แพตตี้หมูมีค่า a^* เพิ่มขึ้น แต่ในแพตตี้หมูปรุงสุก จะมีค่า a^* เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ฟีนูกรีก 0.01 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนผสม

สำหรับ Tang และคณะ (2001b) รายงานว่า คาทิชินจากชาสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วันได้ดีที่สุด ส่วน Jo และคณะ (2003) รายงานว่า การเติมผงชาเขียวที่ผ่านการฉายรังสีและทำให้แห้งด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็งในแพตตี้หมูดิบและปรุงสุก จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดย มีค่า TBARS ต่ำที่สุด และแพตตี้หมูยังคงมีค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอีกด้วย

นอกจากนี้ ยังพบว่า การใช้คาทิชินในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่น เนื้อวัว และเนื้อไก่อีกด้วย โดย Tang และคณะ (2001a) เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันระหว่างคาทิชินจากชาและอัลฟาโทโคฟีรอล ในเนื้อวัวบดและเนื้อไก่บดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงสว่าง 616 ลักซ์ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า คาทิชินจากชาสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อวัวและเนื้อไก่บดปรุงสุกได้ดีกว่าอัลฟาโทโคฟีรอล นอกจากนี้การเติมทั้งคาทิชินจากชาและอัลฟาโทโคฟีรอลสามารถรักษาความคงตัวของออกซิเจนได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ต่อมา Mitsumoto และคณะ (2005) รายงานว่า การเติมสารสกัดคาทิชินจากชาในแพตตี้เนื้อวัวและแพตตี้ไก่ปรุงสุก สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างทั้งดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าการเติมวิตามินซีและตัวอย่างควบคุม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้คาทิชินจากชาเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติ และยังแสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าวิตามินซีอีกด้วย

พืชผัก และเครื่องเทศนอกจากจะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารแล้ว ยังมีรายงานวิจัย พบว่า สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูปรุงสุกได้ เช่น ใบกะเพรา ข่า กระเทียม หอมหัวใหญ่ โดย Juntachote และคณะ (2006) รายงานว่า ข่าและใบกะเพราสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม โดยสารสกัดเอทานอลจากใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กะเพรามีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่าสารสกัดจากข่า และในปีถัดมา มีรายงานว่า การเติมผงใบกะเพราและสารสกัดเอทานอลจากใบกะเพราในหมูบดปรุงสุกช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยการเติมผงใบกะเพรามีศักยภาพดีกว่าการใช้สารสกัดเอทานอล (Juntachote และคณะ, 2007a) สอดคล้องกับการเติมผงข่าและสารสกัดเอทานอลจากข่า ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และการเติมในรูปผงข่ามีศักยภาพสูงกว่าในรูปสารสกัดเช่นกัน (Juntachote และคณะ, 2007b) นอกจากนี้ มีรายงานการใช้ หัวหอมใหญ่และกระเทียมเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอีกด้วย (Yang และคณะ, 2011)

การเติมผงพืชชนิดต่างๆ ก็พบรายงานยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในหมูบดปรุงสุกเช่นกัน ดังเช่น การเติมผงใบบัวและผงใบบาร์เลย์สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในหมูบดปรุงสุกได้ โดยเมื่อติดตามค่าของ TBARS ในวันที่ 10 ของหมูบดปรุงสุก พบว่าหมูบดปรุงสุกที่เติมผงใบบัวมีค่าต่ำที่สุด และมีค่า peroxide values (POVs) และ CD ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอีกด้วย นอกจากนี้การเติมผงใบบัว 0.1 เปอร์เซ็นต์มากกว่า 4 วัน จะทำให้ตัวอย่างมีค่า a^* มากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างหมูบดปรุงสุกที่เติมผงใบบัวและที่เติมบีเอชที มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 4 แล้วค่าจะเพิ่มขึ้น (Choe และคณะ, 2011) นอกจากนี้ยังมีการเติมต้นมิ้นท์ (marjoram) มิ้นท์ป่า (wild marjoram) ยี่หร่า สะระแหน่ ซินนามอน ขิง ไทม์ (thyme) และโหระพาลงในแพตตี้หมูปรุงสุกอีกด้วย (Abd El-Alim และคณะ, 1999) ส่วน Nissen และคณะ (2004) รายงานการใช้สารสกัดโรสแมรี่ ชาเขียว กาแฟ และเปลือกองุ่น ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูปรุงสุก ภายใต้สภาวะการเก็บแบบที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า สารสกัดจากโรสแมรี่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากเปลือกองุ่น 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ชาเขียว 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกาแฟ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ Han และ Rhee (2005) ศึกษาผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อแพะบดทั้งดิบและปรุงสุกที่เติมสารสกัดเอทานอลของสมุนไพรตะวันออกที่ไม่ใช่สมุนไพรในครัวเรือน ซึ่งได้แก่ white peony, red peony, sappanwood, Moutan peony, rehmania และ angelica ที่เก็บในสภาวะแช่เย็นและมีอากาศ เป็นเวลา 6 วัน พบว่า การเติมสมุนไพรสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ทุกชนิด และยังพบว่า ตัวอย่าง sappanwood ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติในการเป็นสารกันหืนได้ดีที่สุด

นอกจากการเติมในรูปผงพืชและสารสกัด ยังพบการใช้ในรูปของน้ำมันหอมระเหยโดย Fasseas และคณะ (2007) ทดสอบความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด ได้แก่ ออริกาโน่ (oregano) และ เสจ (sage) ในเนื้อหมูบดและเนื้อวัวบดทั้งผลิตภัณฑ์ดิบและที่ผ่านการปรุงสุก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 12 วัน โดยพบว่า การเติมน้ำมันหอมระเหยช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ได้

สำหรับการใช้สารสกัดจากพืชและผลไม้ก็พบรายงาน ดังเช่น การใช้เมล็ดองุ่นและเปลือกสับปะรด ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้การให้แสงสว่าง เป็นเวลา 9 วัน มีผลให้ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (Vuorella และคณะ, 2005) ส่วน Dejong และ Lanari (2009) ที่เติมสารสกัดจากชา มะกอก และไวน์ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดฟีนอลิก อย่างหยาบ เท่ากับ 50 และ 100 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ พบว่า สารสกัดจากชาที่มีฟีนอลิก 100 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ สามารถปรับปรุงความคงตัวของไขมันในได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สารสกัดมะกอก 100 และสารสกัดชา 50 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อตามลำดับ

นอกจากนี้ ส่วนที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็น สารกันหืน โดย Wijeratne และคณะ (2006) ใช้อัลมอนด์เต็มเมล็ด เปลือกด้านในและด้านนอกของอัลมอนด์เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อหมูบดปรุงสุก ส่วน Jo และคณะ (2004) รายงานว่า การเติมสารสกัดจากผงเปลือกพืชตระกูลซิตรัส (citrus peel powder) ในแพตตี้เนื้อวัว แพตตี้หมู และแพตตี้ปลาแซลมอน สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและยังช่วยรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วันได้ ส่วน Sayago-Ayerdi และคณะ (2008) รายงานว่า กากใยองุ่นสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์อกไก่ดิบและปรุงสุก หลังเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ โดยการใช้ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ได้ดีกว่าที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า การเติมกากใยองุ่นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงเพิ่มขึ้นอีกด้วย ต่อมา Brettonnet และคณะ (2010) ศึกษาการใช้กากของ canola ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อวัว เนื้อไก่ และเนื้อหมูบดปรุงสุก ในประเทศไทยก็มีรายงานเช่นกันว่า มีใช้วัสดุเหลือใช้หรือส่วนที่ไม่ต้องการมาเป็นสารกันหืน โดย ศุภวรรณ และคณะ (2549) ใช้สารสกัดจากแกลบข้าว 4 ชนิดผสมกัน ได้แก่ ข้าวเจ้าแดง และหอมมะลิ ข้าวเหนียว กข 6 และกข 8 ที่ความเข้มข้นต่างๆในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดปรุงสุก

การใช้สารต้านกันหืนจากธรรมชาติเพียงชนิดเดียวหรือใช้หลายชนิดร่วมกันอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน โดย Georgantelis และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้สารกันหืนจากธรรมชาติ 3 ชนิด คือ สารสกัดจากโรสแมรี่ โทโคฟีรอล และไคโตซาน เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันระหว่างสารทั้ง 3 ชนิด ในผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อที่เก็บแบบแช่เยือกแข็ง นาน 180 วัน โดยติดตามการเหม็นหืนในรูปของ MDA เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมสารกันหืน ตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา พบว่า เบอร์เกอร์ที่ไม่เติมสารต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันมีการเหม็นหืนสูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมสารกันหืน และค่า ของผลิตภัณฑ์ มีค่า a^* ลดลงตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารกันหืนจากธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ไคโตซานร่วมกับสารสกัดโรสแมรี่จะให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วนการใช้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารกันหืนชนิดอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* น้อยที่สุด แสดงว่า นอกจากไคโตซานมีผลในการช่วยลดชะลอการเหม็นหืนแล้ว ยังช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีแดงในผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

รวมทั้งยังพบ การใช้พืชชนิดต่างๆ เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันกับสารพฤกษเคมีบริสุทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น Zin และคณะ (2002) รายงานว่า บีเอชที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) และวิธี Ferric thiocyanate (FTC) ได้ดีกว่าโทโคฟีรอลและสารสกัด Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) ส่วน Rey และคณะ (2005) รายงานว่า การใช้คราวเบอร์รี (cloudberry) บีทรูท (beetroot) และ วิลโลว์เฮิร์บ (willow herb) สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูปรุงสุกได้ดีกว่าสารประกอบโพลีฟีนอลบริสุทธิ์ ได้แก่ เควอซิติน รูติน และกรดคาเฟอิก (caffeic acid) โดย สารสกัดจากคราวเบอร์รี และเควอซิตินให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วนรูตินให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำสุด และนอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดจากเมล็ดองุ่นและแบร์เบอร์รี่ (bearberry) เป็นสารต้านออกซิเดชันในเนื้อหมูบดดิบและปรุงสุกที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์แบบปรับแต่งบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ พบว่า สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลา 9 และ 12 วันได้ตามลำดับ รวมทั้งการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเมล็ดองุ่น มีผลทำให้เนื้อหมูบดทั้งดิบและปรุงสุกมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (Carpenter และคณะ, 2007)

นอกเหนือจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันกับสารพฤกษเคมีบริสุทธิ์แล้ว การเปรียบเทียบฤทธิ์กับสารกันหืนสังเคราะห์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก็มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย ดังเช่น Mielnik และคณะ (2003) ศึกษาผลของการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดโรสแมรี่ทางการค้าเปรียบเทียบกับ โทรลอกซ์ซี และ กรดแอสคอร์บิก ในกระบวนการเลาะกระดูกออกของเนื้อไก่งวง (mechanically deboned turkey meat, MDTM) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ตลอด 7 เดือน พบว่า ค่า TBARS และสารที่ระเหยได้ (volatile compounds) ในตัวอย่างทุกชนิดเพิ่มขึ้น โดยโทรลอกซ์ซี มีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วน Xu และคณะ (2005) พบว่า บีเอชเอมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันลิโนเลอิกได้ดีกว่าสารสกัดจากเมล็ดงาอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม สารกันหืนสังเคราะห์บางชนิดอาจให้ประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงหรือต่ำกว่าสารกันหืนจากธรรมชาติ ดังเช่น ณฐนนท์ (2545) ที่รายงานว่า บีเอชทีมีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพ

ดีกว่าสารสกัดจากเมล็ดพุงทะลาย ขิง และผลส้มแขก ต่อมา พรรณี (2550) พบว่า บีเอชทีมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าเปลือกต้นของเอียน เทพทาโร เชียด ทังบอน ทำมัง ยางบง และหมีเหม็น นอกจากนี้ ยังมีรายงานการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ด้วย เช่น ศุภวรรณ และคณะ (2549) พบว่า บีเอชเอสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในหมูบดปรุงสุกได้ดีที่สุด รวมถึงการเติมบีเอชที 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมูแผ่นทั้งดิบและปรุงสุก ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบที่ระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เปลือกและเมล็ดของส้มเขียวหวานที่ระดับ 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุริญญา, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับ Hassan และ Fan (2005) ที่พบว่า สารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อที่เละกระดูกได้ดีกว่าสารสกัดใบโกโก้ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่อมา Rababah และคณะ (2006) รายงานเช่นเดียวกันว่า การเติมทีบีเอชคิว 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในเนื้ออกไก่ดิบและเนื้ออกไก่ปรุงสุก มีประสิทธิภาพในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่า การเติมสารสกัดเมล็ดองุ่น 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหรือสารสกัดชาเขียว 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ในทางตรงกันข้าม มีรายงานว่าสารสกัดจากพืชมีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าสารสังเคราะห์ โดย เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) รายงานว่า สารสกัดจากผักพื้นบ้านไทยจำนวน 20 ชนิด ได้แก่ ผักตีนแฮด ผักเซียงดา ผักฮ้วน กระโดนน้ำ กระโดนบก ใบมะขามอ่อน ดอกขี้เหล็ก ผักปู่ย่า (ช้าเลือด) ยอดสะตอ ยอดส้มป่อย ยอดมันแกวเขียว ดอกแคบ้าน ถั่วลาย ถั่วมะแฮะ ถั่วพู มะเดื่อปล้อง ลูกฉิ่ง มะปิน ดอกสัง ยอดหมุย และเล็บรอก มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า 100 มิลลิกรัมบีเอชเอ ต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด ส่วน Shahidi และ Alexander (1998) รายงานว่า คาทิชินจากชาเขียวมีศักยภาพในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ได้ดีกว่าบีเอชที สอดคล้องกับ Lara และคณะ (2011) ที่พบว่า สารสกัดโรสแมรี่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูปรุงสุกที่บรรจุแบบปรับแต่งบรรยากาศ (MAP) และเก็บภายใต้การให้แสงสว่าง เป็นเวลา 6 วัน ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที รวมทั้งสารสกัดโรสแมรี่ ยังช่วยให้แพตตี้หมูมีค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชทีอีกด้วย เช่นเดียวกับการทดลองในเนื้อวัวบดปรุงสุกของ Ahn และคณะ (2007) ที่รายงานการใช้สารสกัดจากเมล็ดองุ่นในเนื้อวัวบดปรุงสุก สามารถคงคุณภาพของค่า a^* มากกว่าตัวอย่างที่ใช้สารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที นอกจากนี้สารสกัดเมล็ดองุ่นและสารสกัดเปลือกไม้สนยังสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีอีกด้วย ส่วน Mitsumoto และคณะ (2005) รายงานว่าการเติมสารสกัดคาทิชินจากชา ในแพตตี้เนื้อวัวและแพตตี้เนื้อไก่ปรุงสุก สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างทั้งดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าการเติมวิตามินซีและอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม และยังสรุปความเป็นไปได้ในการใช้คาทิชินจากชาเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติ และยังแสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันที่ดีกว่าวิตามินซีอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ตัวอย่างพืช

ตัวอย่างพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้จำนวนทั้งหมด 22 ตัวอย่าง ได้รับจากแหล่งที่มา 2 แหล่ง คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 11 ตัวอย่าง และจากตลาดสดในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 11 ตัวอย่าง รายชื่อพืชทั้งหมดเรียงตามลำดับชื่อวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งที่มา
1	ผักชีลาว	ลำต้น/ ใบ	*Anethum graveolens* L.	ตลาดวโรรส
2	ผักปลัง	ใบ	*Basella alba* L.	ตลาดวโรรส ตลาดแม่มาลัย, ตลาดไชยปราการ
3	ผักเสี้ยวแก้ว	ใบ	*Bauhinii nervosa* (Wall. Ex Benth.) Baker	ตลาดวโรรส
4	เมี่ยงป่า	ใบ	*Camellia sinensis* (L.)Kuntze var. *assamica* (J.Masters) Kitam	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
5	ผักชี	ลำต้น/ ใบ	*Carum carvi* L.	ตลาดบ้านทม
6	ก่อข้าว	ใบ	*Castanopsis inermis* (Lind .ex Wall.) Benth. & Hook. f.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
7	ติ้วเกลี้ยง	ใบ	*Cratoxylum Cochinchinense* (Lour.) Blume	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
8	ติ้วขาว	ใบ	*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer spp. Pruniflorum (Kurz) Gogel	ตลาดแม่ทม
9	กระทุงหมาบ้า	ใบ	*Dregea volubilis* (L.f.) Hook. F.	ตลาดวโรรส, ตลาดแม่มาลัย
10	ผักแปม	ใบ	*Eleutherococcus trifoliatum* (L.) S.Y. Hu.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพืช (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งที่มา
11	ส้มจี้	ใบ	*Embelia ribes* Burm. F.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
12	มันปลา	ใบ	*Glochidion sphaerogynum* (MÜll Arg.) Kurz.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
13	ผักเชียงดา	ใบ	*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne	ตลาดวโรรส, ตลาดแม่ทม
14	บอนแบ้ว	หน่อ	*Hapaline hookeriana* Schott	ตลาดแม่ทม
15	หมีเหม็น	ใบ	*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
16	หมีบัง	ใบ	*Litsea salicifolia* Nees ex Roxb.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
17	ผักแส้ว	ใบ	*Marsdenia glabra* Costa	ตลาดไชยปราการ
18	ผักไผ่	ลำต้น	*Persicaria odorata* (Lour.) Sojak.	ตลาดวโรรส
19	ทะโล้	ใบ	*Schima Wallichii (*DC.*) Korth*	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
20	หญ้าหวาน	ใบ	*Stevia Rebaudiana* Bertoni	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
21	นางเลว	ดอก	*Tupista albiflora* K. Larsen	ตลาดแม่มาลัย
22	ส้มปี้	ใบ	*Vaccinium sprengelii* (G.Don) Sleumer	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

3.1.2 ตัวอย่างแพตตี้หมู

- เนื้อหมูบริเวณสะโพก (CP fresh mart, จังหวัดกรุงเทพฯ)
- มันหมูแข็ง (CP fresh mart, จังหวัดกรุงเทพฯ)
- เกลือบริโภคผสมไอโอดีน 99.9 เปอร์เซ็นต์ (ปรุงทิพย์, จังหวัดนครราชสีมา)

3.1.3 สารเคมี

- กรดแกลลิก (Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- กรดไขมันลิโนเลอิก (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- กรดไตรคลอโรอะซีติก (trichloroacetic acid) (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- กรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid) (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- กรดอะซีติก (Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น...

- กรดไฮโดรคลอริก (Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Carlo, ประเทศอิตาลี)
- ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเตตระ-ไฮเดรท (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) (BHD, ประเทศมาเลเซีย)
- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Esso, ประเทศไทย)
- โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- เอทานอล (องค์การสุรา, ประเทศไทย)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Carlo, ประเทศอิตาลี)
- 2-deoxy-D-ribose (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH) (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 2,2,4-trimethylpentane (isooctane) (Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Ascorbic acid (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Catechin hydrate (Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Ethylenedinitrilotetraacetic acid (EDTA) (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- Ferric chloride anhydrous ($FeCl_3$) (Carlo, ประเทศอิตาลี)
- Folin-Ciocalteau reagent (Carlo, ประเทศอิตาลี)
- Para-anisidine (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- Tween 40 (Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- เครื่องชั่ง (4 ตำแหน่ง) (Sartorius TE 214, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องชั่ง (2 ตำแหน่ง) (Metter Toledo PL 1502-S, ประเทศเยอรมัน)
- ตู้อบลมร้อน (Patch OV 663, ประเทศไทย)
- เครื่องบด (Blender) (Moulinex, ประเทศฝรั่งเศส)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert WB 14, ประเทศเยอรมัน)
- Microtiter Plate Reader (Beckman DTX 880, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Vortex mixer	(Vortex genie 2 G-560E, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	(Sartorious PB-10, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ	(Rotavapor BUCHI R-114, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ที่ใช้สำหรับวัดตัวอย่างเนื้อ	(Oakton Waterproof, ประเทศมาเลเซีย)
- เครื่องวัดสี	(Konica Minolta CR400, ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	(Shimadzu UV-1700, ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องโฮโมจีไนซ์เซอร์	(CAT X120, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน	(Hettich Zentrifugen EBA 20, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องบดเนื้อ	(Seven Five, ประเทศไทย)
- เครื่องผสม	(Dito Sama K-55, ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องซีลแบบเท้าเหยียบ	(Santo, ประเทศไทย)
- เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	(Gerhardt, ประเทศเยอรมัน)
- ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ	(Sanyo, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างพืชสดมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำกรองแล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 18-24 ชั่วโมง จนพืชมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปบดเป็นผง แล้วกรองผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (mesh)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 การเตรียมสารสกัดพืช

1) การสกัดตัวอย่างพืช ดัดแปลงจากวิธีของ Pilarski และคณะ (2006)

ชั่งตัวอย่างผงพืช ผสมกับเอทานอล (ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นนาน 1 นาที แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง จากนั้นเทสารสกัดจากพืชรวมกัน แล้วจึงกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 4) นำสารสกัดพืชใส่ในขวดสีชา เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ (-18) ±1 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีที่สำคัญภายใน 1 สัปดาห์

2) การเตรียมสารสกัดพืชเข้มข้น สำหรับเติมลงในแพตตี้หมู

นำสารสกัดพืชที่ได้จากการสกัดดังกล่าวข้างต้น มาทำลายสีของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ โดยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 นอร์มอล ลงในสารสกัดพืชจนสารสกัดพืชมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2.0 แล้วจึงปรับความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดพืชอีกครั้งให้มีค่าเท่ากับ 7.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 12.5 นอร์มอล จากนั้นนำสารสกัดพืชไปทำให้เข้มข้น ด้วยการระเหยตัวทำละลายออกในสภาวะสุญญากาศด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนมีปริมาณของแข็งประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำสารสกัดพืชเข้มข้นบรรจุในขวดสีชา และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (-18) ±1 องศาเซลเซียส

3) การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามวิธีการของ AOAC method966.02 (2000)

นำสารสกัดพืช 1-3 กรัมชั่งน้ำหนักให้แน่นอน ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว จากนั้น ระเหยตัวทำละลายออกจากตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105±1 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ และนำไปคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมดจากสูตร

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) = 100 – เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย

3.4.1.3 การเตรียมตัวอย่างแพตตี้หมู

นำเนื้อหมูส่วนสะโพก 700 กรัม มันหมูแข็ง 300 กรัม และเกลือ 1 กรัม มาบดรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ส่วนประกอบของแพตตี้หมูที่มีไขมันประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ แล้วนวดด้วยเครื่องผสมนาน 3 นาที จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ ขึ้นรูปตัวอย่างในพิมพ์รูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 เซนติเมตร แล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องซีลแบบเท้าเหยียบ นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส 6-8 ชั่วโมง แล้วจึงนึ่งให้สุก จนอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 75-78 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดพืช

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดพืชทำได้ ดังนี้

3.4.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method ดัดแปลงจาก Singleton และ Rossi (1999)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารสกัดปริมาตร 250 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วเติมรีเอเจนต์ Folin-Ciocalteu ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (microtiter plate reader)

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างน้ำหนักแห้ง (mg Gallic Acid Equivalence /g dry basis)

3.4.2.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ดัดแปลงจาก Brand-Williams และคณะ (1995)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 4 ระดับ ปิเปตสารสกัดปริมาตร 70 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วเติมสารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 210 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

$$\% \text{ inhibition} = [1-(A_{sample} / A_{control})] \times 100$$

โดย % inhibition หมายถึง ความสามารถในการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ

A_{sample} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

$A_{control}$ หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

จากนั้นคำนวณหา IC_{50} (Inhibition Concentration โดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกับความเข้มข้นของสารสกัดพืช จากนั้น คำนวณหาสมการความสัมพันธ์ และ หาความเข้มข้นของสารสกัดที่จุดตัดแกน Y ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงในรูปความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH จะแสดงในรูปความเข้มข้นของสารสกัดพืชที่ใช้ทำลายอนุมูล DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}, มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ EC_{50} (Effective Concentration) คำนวณโดยใช้วิธีการเดียวกันกับ IC_{50} แต่เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกับ น้ำหนักพืชแห้ง แล้วหาสมการความสัมพันธ์ตามลำดับ ค่า EC_{50} ที่ได้แสดงถึงปริมาณพืช (น้ำหนักพืชแห้ง) ที่ต้องใช้ในการทำลาย

อนุมูล DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นคำนวณ ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant activity; AOA, ต่อมิลลิกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Antioxidant activity (AOA)} = 1/\text{EC}_{50}$$

โดย Antioxidant activity หมายถึง ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

EC_{50} หมายถึง ปริมาณพืชที่ใช้ในการทำลายอนุมูล DPPH 50%

3.4.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลด้วย วิธี 2-Deoxyribose assay ดัดแปลงจาก Aruoma (1994)

ปิเปตสารละลายปฏิกิริยา EDTA-$FeCl_3$ (ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลายกรดแอสคอร์บิก (ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตัวอย่างสารสกัดพืชที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 50 ไมโครลิตร สารละลายดีออกซี-ไรโบส (ความเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 7.4) ปริมาตร 450 ไมโครลิตร ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตสารละลายปฏิกิริยา ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร และสารละลายปฏิกิริยา TCA-TBA-HCl (Trichloroacetic acid-thiobarbituric acid-hydrochloric acid) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง ต้มจนเดือดเป็นเวลา 20 นาที ทิ้งให้เย็น จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ 300 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant activity, AOA) ดังสมการ

$$\%\text{AOA} = [1-(A_{sample}/A_{control})] \times 100$$

โดย A_{sample} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดพืช

$A_{control}$ หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกลั่น

จากนั้นนำค่า %AOA ไปคำนวณหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

3.4.2.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีThiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ดัดแปลงจาก McDonald และ Hultin (1987)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารสกัด ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมอิมัลชันของกรดไขมันลิโนเลอิก (ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลายปฏิกิริยา TCA-TBA-HCl ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ต้มจนเดือด นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

15 นาที ทิ้งให้เย็น จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ 300 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (antioxidant activity, AOA) ดังสมการ

$$\%AOA = [1-(A_{sample}/ A_{control})] \times 100$$

จากนั้นนำค่า %AOA ไปคำนวณหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

3.4.2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารพฤกษเคมีในพืชแต่ละชนิด และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำผลการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธี มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.3 การคัดเลือกชนิดของพืชที่มีความเป็นไปได้ในการใช้ในแพตตี้หมู

3.4.3.1 การเตรียมตัวอย่างแพตตี้หมูผสมผงพืช

นำผงพืช เติมลงส่วนผสม ให้ได้สัดส่วนพืช 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ของแพตตี้หมู นวดส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นาน 3 นาที จากนั้น ขึ้นรูปแพตตี้หมูในพิมพ์รูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 เซนติเมตร แล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องซีลแบบเท้าเหยียบ นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง จากนั้นปรุงสุก ตามวิธีดังข้อ 3.4.1.3

3.4.3.2 การคัดเลือกชนิดขอพืชที่มีความเป็นไปได้ในการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแพตตี้หมูที่เติมผงพืช

นำแพตตี้หมูที่เติมผงพืชแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จำนวนทั้งหมด 22 ตัวอย่าง มาทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้พืชในแพตตี้หมู โดยจะคัดเลือกให้เหลือพืช 5 ชนิด ด้วยการประเมินความแตกต่างโดยรวม (Overall difference test) ตามวิธีการจัดลำดับคุณภาพ (quality test) ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตามวิธีการของ Meilgard และคณะ (1999) ในการทดสอบใช้การสุ่มตัวอย่างแพตตี้หมูออกเป็น 4 กลุ่ม โดย 2 กลุ่มแรก ประกอบด้วย ตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง และ 2 กลุ่มหลังประกอบด้วยตัวอย่างจำนวน 6 ตัวอย่าง และใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโท คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เคยได้รับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (ได้แก่ แพตตี้หมู หรือ ไส้กรอก) ภายใน 2 สัปดาห์ก่อนการทดสอบ เพื่อคัดเลือกแพตตี้หมูที่เติมพืช 5 ชนิด ที่ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด 5 ลำดับ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

เตรียมตัวอย่างแพตตี้หมูที่เติมพืชผงที่คัดเลือกได้แต่ละชนิด 5 ตัวอย่าง มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 7- points hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยทดสอบในด้านคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

3.4.3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำคะแนนการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อแพตตี้หมูที่เติมผงพืช โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Random Complete Randomized Design, RCRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นคัดเลือกพืชมา 2 ชนิด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.4.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงพืชและสารสกัดพืช

นำตัวอย่างพืชที่คัดเลือกจำนวน 2 ชนิดจากข้อ 3.4.3 มาเติมลงในแพตตี้หมู โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) มีตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ ชนิดของพืช (2 ชนิด) วิธีการเติมพืช (2 แบบ) ความเข้มข้นของพืช (3 ระดับ) อุณหภูมิในการเก็บรักษา (2 ระดับ) และระยะเวลาการเก็บรักษา (8 ระดับ) โดยวิธีการเติมพืชนั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเติมผงพืช และการเติมสารสกัดพืชเข้มข้น ซึ่งการเตรียมตัวอย่างแพตตี้หมูที่เติมผงพืชทำเช่นเดียวกับข้อ 3.4.3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ ได้แก่ 300, 500 และ 700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างแพตตี้หมู ส่วนแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดพืชเข้มข้น ใช้สารสกัดพืชเข้มข้นที่ผ่านการกำจัดคลอโรฟิลล์ที่ได้จากข้อ 3.4.1.2 เติมลงไปแทนส่วนของผงพืช ที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ ได้แก่ 190, 320 และ 450 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง แพตตี้หมู แบ่งตัวอย่างแพตตี้หมู ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 4 วัน สำหรับส่วนที่ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และสุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 15 วัน นาน 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้นต่อตัวอย่าง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารสกัดจากพืช

และตัวอย่างเติมบีเอชที ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง และเติมคาทิชิน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ดังนี้

3.4.4.1 ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดพีเอชที่ใช้สำหรับวัดตัวอย่างเนื้อ

3.4.4.2 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta CR-400

นำตัวอย่างแพตตี้หมูมาผ่าตามแนวขวาง แล้ววัดค่าสีจำนวน 3 ครั้งต่อตัวอย่างที่ตำแหน่งต่างๆ ของด้านในตัวอย่างแพตตี้หมู โดยค่าสีแสดงผลในค่า CIE $L^*a^*b^*$ และคำนวณหาความแตกต่างของสี (Total color difference, ΔE) ดังสมการดังนี้

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

3.4.4.3 ค่า Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ดัดแปลงจากวิธีของ Buege และ Aust (1978)

ชั่งตัวอย่างแพตตี้หมู 0.5 กรัมลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย TCA-TBA-HCl ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ นาน 3 นาที จากนั้นนำไปต้มจนเดือด นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จากนั้นทำการกรองสารละลายปฏิกิริยา ด้วยประดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาค่า TBARS โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde, MDA) ในหน่วยมิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ (mg MDA/ kg sample)

3.4.4.4 ค่า *p*-Anisidine value (*p*-Av) ตามวิธีของ AOCS Cd 18-90 (1997)

ชั่งน้ำมันของตัวอย่างแพตตี้หมูที่ได้จากการสกัดไขมันด้วยเครื่อง Gerhardt ปริมาณ 0.5-4.0 ±0.001 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย isooctane ผสมให้เข้ากัน จากนั้นปีเปตสารละลายดังกล่าว ปริมาตร 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง แล้วเติมรีเอเจนต์ *p*-anisidine ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลอง และผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด นาน 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาค่า *p*-Anisidine value (*p*-Av) จากสมการ

$$p\text{-Av} = [25 \times (1.2A_{sample} - A_{blank})]/m$$

โดย A_{sample} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

A_{blank} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของไอโซออกเทน

m หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาของแพตตี้หมูที่เติมผงพืช และสารสกัดพืชที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืช

สารสกัดพืชแห้งด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 22 ชนิด มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.39-2.70 เปอร์เซ็นต์ (มวลต่อปริมาตร) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของสารสกัดพืชพื้นบ้านแห้งที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่าง	ส่วนที่ใช้	ความเข้มข้น (%w/v)
ผักชีลาว	ลำต้น/ ใบ	1.49±0.00 ^{j}
ผักปลัง	ใบ	0.77±0.01 ^{q}
ผักเสี้ยวแก้ว	ใบ	1.24±0.02 ^{m}
เมี่ยงป่า	ใบ	1.29±0.01 ^{l}
ผักชี	ลำต้น/ ใบ	1.78±0.02 ^{f}
ก่อข้าว	ใบ	1.51±0.01 ^{ij}
ติ้วเกลี้ยง	ใบ	1.71±0.01 ^{g}
ติ้วขาว	ใบ	2.64±0.00 ^{b}
กระทุงหมาบ้า	ใบ	2.00±0.01 ^{e}
ผักแปม	ใบ	2.03±0.01 ^{e}
ส้มจี้	ใบ	2.19±0.01 ^{d}
มันปลา	ใบ	2.56±0.02 ^{c}
ผักเชียงดา	ใบ	1.53±0.03 ^{i}
บอนแบ้ว	หน่อ	1.04±0.01 ^{p}
หมีเหม็น	ใบ	1.10±0.01 ^{o}
หมีบัง	ใบ	0.77±0.01 ^{q}
ผักแส้ว	ใบ	1.63±0.02 ^{h}
ผักไผ่	ลำต้น	1.19±0.01 ^{n}
ทะโล้	ใบ	2.70±0.01 ^{a}
หญ้าหวาน	ใบ	0.39±0.01 ^{r}
นางเลว	ดอก	2.01±0.02 ^{e}
ส้มปี้	ใบ	1.40±0.02 ^{k}

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

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดพืชที่มีความเข้มข้นต่ำสุดและสูงสุด ได้แก่ หญ้าหวาน และ ทะโล้ ตามลำดับ การที่ปริมาณของแข็งที่สกัดได้มีความแตกต่างกัน เนื่องจาก องค์ประกอบของพืชที่แตกต่างกัน ซึ่งสารพฤกษเคมีที่สกัดได้ เป็นกลุ่มสารที่มีสารประกอบที่มีขั้วปานกลางถึงสูง และสามารถละลายได้ในเอทานอล เช่น สารโพลีฟีนอล เป็นต้น ส่วนสารกลุ่มที่ไม่มีขั้วจะถูกสกัดออกมาน้อยมาก หรือไม่ถูกสกัดออกมาเลย สำหรับการที่ความเข้มข้นของสารสกัดพืชแห้งบางชนิดมีค่ามาก ได้แก่ ทะโล้ มันปลา และติ้วขาวที่มีปริมาณของแข็ง 2.56-2.70 เปอร์เซ็นต์ ก็อาจมีสารพฤกษเคมีที่สำคัญละลายออกมามากด้วยเช่นกัน

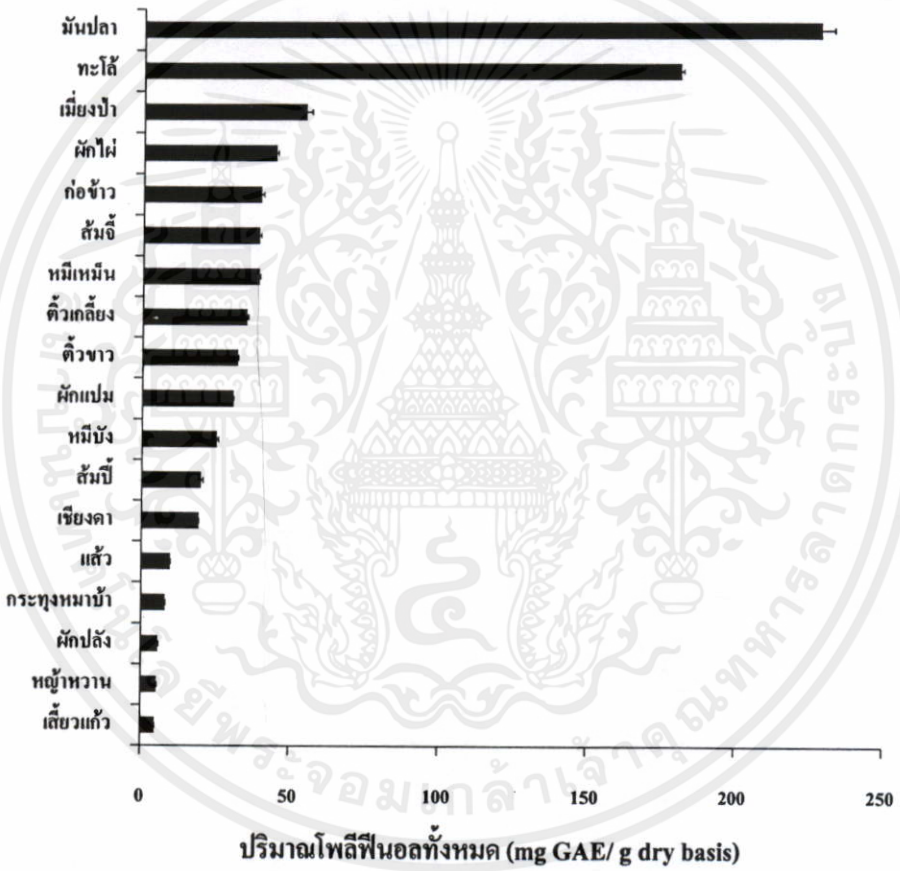
4.1.1 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากพืชจำนวน 22 ชนิด (ภาพที่ 4.1) พบว่า สารสกัดพืชแต่ละชนิดมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.9-228.7 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และจากผลการทดลอง สามารถแบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณโพลีฟีนอลสูง และกลุ่มที่มีปริมาณโพลีฟีนอลต่ำ โดยกลุ่มที่มีปริมาณโพลีฟีนอลสูง ประกอบด้วยสารสกัดพืช 2 ชนิด ได้แก่ สารสกัดมันปลา และทะโล้ โดยสารสกัดมันปลามีปริมาณโพลีฟีนอลเท่ากับ 228.7±3.7 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าสูงกว่าสารสกัดทะโล้ถึง 1.3 เท่า อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานที่เกี่ยวกับสารประกอบโพลีฟีนอลที่สำคัญของพืชชนิดนี้ ส่วนสารสกัดทะโล้มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดรองลงมาจากสารสกัดมันปลา มีค่าเท่ากับ 180.4±1.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) และมีค่าต่ำกว่าค่าที่รายงานโดย Phomkaivon และ Areekul (2009) ที่รายงานไว้เท่ากับ 206.1±20.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ซึ่งมีแหล่งตัวอย่าง วิธีการเตรียมตัวอย่าง การสกัดและวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของพืช สำหรับสารโพลีฟีนอลที่สำคัญในทะโล้ ได้แก่ เควอซีติน (quercetin) ในกลุ่มฟลาโวนอล (Joshi, 2006)

สารสกัดพืชกลุ่มที่มีปริมาณโพลีฟีนอลต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 1.9-54.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยสารสกัดเมี่ยงป่ามีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุดในสารสกัดพืชในกลุ่มนี้ มีค่าเท่ากับ 54.3±1.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงกว่าสารสกัดบอนแบ้วที่มีปริมาณโพลีฟีนอลต่ำที่สุดถึง 28.6 เท่า ซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลสำคัญที่พบใน เมี่ยงป่า 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) อย่างไรก็ตาม Aqil และคณะ (2006) รายงานว่า ใบเมี่ยงที่ใช้ทำชาเขียว (*Camellia sinensis* L.) มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 163.33 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าสูงกว่าการทดลองนี้มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ในการทดลองนี้สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้ความร้อน แต่ Aqil และคณะ (2006) สกัดด้วยเมทานอล 98 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งผลของความแตกต่างของสารละลายที่ใช้ในการสกัดมีตามรายงานของ Yao และคณะ (2004) ที่พบว่า ตัวทำละลายเมทานอลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารคาทิชินจากยอดชาสดได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน หรือการรายงานว่าสารประกอบ โพลีฟีนอลสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นเอทานอลมากกว่าน้ำ (Tangkanakul และคณะ, 2005) ดังนั้น การใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกันมีผลให้ปริมาณสารที่สกัดได้แตกต่างกัน โดยเมทานอลอาจเป็นตัวทำละลายสารประกอบโพลีฟีนอลในพืช ได้ดีกว่าเอทานอล อีกทั้งการใช้ความร้อนอาจทำลายโพลีฟีนอลบางชนิดที่ไวต่อความร้อนได้



ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากพืชพื้นบ้าน

นอกจากนี้ ในการเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดกับรายงานการทดลองอื่นๆ พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของผักแปมและผักแส้วในการทดลองนี้ มีค่าเท่ากับ 29.9 และ 19.1 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีค่าต่ำกว่าที่รายงานโดย Chanwitheesuk และคณะ (2005) อย่างมาก (275±0.1 และ 51.5±0.1 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ หรือสารสกัดติ้วขาว (31.4±1.1 มิลลิกรัมต่อกรัม) และสารสกัดผักปลัง (5.8±0.2 มิลลิกรัมต่อกรัม) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า Maisuthisakul และคณะ (2007b) (63.4 และ 15.5 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในพืชบางชนิดมีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิชาการอื่นๆ เช่น สารสกัดผักไผ่ มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 43.6±1.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 52 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ที่รายงานโดยของ Nanasombat และTeckchuen (2009) ซึ่งความแตกต่างของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด อาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากความแตกต่างของวิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ เช่น ความแปรปรวนของพืชด้วย (Wong และคณะ, 2006) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด อาจสูงจนทำให้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบเกิดการสลายตัวได้ (Sultana และคณะ, 2009)

สำหรับสารสกัดพืชที่พบ รายงานชนิดของสารโพลีฟีนอลมีดังนี้ สารสกัดผักไผ่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 43.6±1.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลสำคัญ ได้แก่ รูทิน (rutin), คาทิชิน (catechin), เควอซีทิน แคมเฟอรอล (kaempferol) และไอโซ-แรมเนทิน (isorhamnetin) (Nanasombat และ Teckchuen, 2009) ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดผักแปม เท่ากับ 29.9±0.8 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วยโพลีฟีนอลสำคัญ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก รูทิน และกรดคาฟีอิลควินิก (caffeoyl quinic acid) (ปองทิพย์ และศิริเพ็ญ, 2551) สารโพลีฟีนอลสำคัญที่พบในผักเชียงดา (19.1±0.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) คือ carvacrol erythritol กรดแกลลิก และเควอซีทิน (Ramkumar และคณะ, 2009) นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มพืชที่ไม่พบรายงานระบุชนิด แต่สามารถระบุกลุ่มของสารได้ เช่น สารโพลีฟีนอลสำคัญที่พบในหมีเหม็นและส้มจี้ คือ ฟลาโวนอยด์ (นราพร, 2552; Bhandari และคณะ, 2008)

นอกจากนี้ ในการทดลอง พบว่า สารสกัดพืชในตระกูลเดียวกัน อาจมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดใกล้เคียงกัน เช่น ติ้วเกลี้ยง และติ้วขาว เป็นพืชในวงศ์ Clusiaceae มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 33.5±1.7 และ 31.4±1.1 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน พบว่า ผักชีและผักชีลาว ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Umbelliferae มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 7.4±0.2 และ 10.4±0.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในพืชวงศ์ Ocimum (Maisuthisakul และคณะ, 2008) และพืชวงศ์ Allium (Motamed และ Naghibi, 2010) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ยังพบว่า พืชในวงศ์เดียวกันมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกัน ได้แก่ หมีเหม็นและหมีบังเป็นพืชในวงศ์ Lauraceae มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 40.3±1.4 และ 26.3±1.5 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ตามลำดับ ผลการทดลองเป็นเช่นเดียวกับรายงานความแตกต่างของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในพืชวงศ์ Leguminosae (Cai และคณะ, 2004) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่า พืชในตระกูลเดียวกันอาจมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสัมพันธ์หรือไม่ก็ได้ ดังนี้การใช้ตระกูลของพืชในการคาดคะเนปริมาณโพลีฟีนอล จึงไม่สามารถทำได้ในพืชทุกตระกูล และชนิดของพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญมากกว่า เนื่องจากพืชแต่ละสายพันธุ์อาจมีวิถีการสังเคราะห์และปริมาณการสะสมของสารสำคัญที่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

กัน และทำให้แต่ละสายพันธุ์มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันทั้งทางสรีรวิทยา และองค์ประกอบทางเคมี (Witzel และคณะ, 2003)

จากผลการวิจัย ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในพืชแปรผันตาม สายพันธุ์ของพืช ความผันแปรของพืช วิธีการสกัด และตัวทำละลาย รวมถึงวิธีการวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองนี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น สารโพลีฟีนอลแต่ละชนิดมีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน รวมถึงสารที่ไม่ใช่สารโพลีฟีนอลสามารถทำปฏิกิริยานี้ได้เช่นกัน โดยสามารถถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยรีเอเจนต์ Folin-Ciocalteu เป็นต้น (Wong และคณะ, 2006) แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีเบื้องต้นที่นิยมในการประเมินปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัด และผลที่ได้แสดงว่า สารสกัดมันปลา และทะโล้ มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) จึงมีศักยภาพเป็นแหล่งของสารโพลีฟีนอลที่ดีจากธรรมชาติได้

4.1.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดเอทานอลจากพืชพื้นบ้านจำนวน 22 ชนิด ด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธี ดังนี้ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical scavenging assay (DPPH), 2-deoxyribose degradation assay (2-DR) และ thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS) พบว่า วิธีการทั้ง 3 วิธี มีกลไกในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน ส่งผลให้สารสกัดพืชมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.2

4.1.2.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูล อิสระ DPPH ด้วย วิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เป็นการวัดความสามารถในการให้อิเลคตรอนหรือไฮโดรเจนของสารสกัดจากพืชกับอนุมูลอิสระ DPPH ทำให้โมเลกุลไม่แสดงสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ หรือมีปริมาณลดลง โดยโครงสร้างทางเคมีที่เปลี่ยนแปลง จะทำลายความสามารถในการดูดกลืนแสง ช่วงคลื่น 530 นาโนเมตรอีกด้วย จากความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีนี้สามารถคำนวณออกมาให้รูปแบบต่างๆ ได้แก่ ค่า IC_{50} (inhibition concentration), EC_{50} (effective concentration) และ AOA (antioxidant activity) โดยค่า IC_{50} หมายถึง ความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชที่ใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชในปริมาณต่ำจะมีศักยภาพสูงกว่าในการทำลายอนุมูลอิสระปริมาณเท่ากัน สำหรับค่า EC_{50} หมายถึง ปริมาณพืช (น้ำหนัก) ที่ใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคำนวณจากปริมาณพืชเริ่มต้นที่ใช้ในการสกัด จะแสดงผลเช่นเดียวกับ IC_{50} ส่วนค่า AOA หรือความสามารถในการต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชัน เป็นค่าที่คำนวณจากส่วนกลับของค่า EC_{50} ($1/EC_{50}$) จะให้ผลในทิศทางตรงข้ามกันกับค่าอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ค่าที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์สารสกัดพืชทั้ง 22 ชนิด พบว่า มีค่าความเข้มข้น (IC_{50}) อยู่ระหว่าง 0.06-38.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีค่า AOA อยู่ระหว่าง 0.5-122.4 ต่อมิลลิกรัม โดยสารสกัดพืชที่มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด หรือมีค่า AOA สูงที่สุดได้แก่ มันปลา ในทางตรงกันข้าม สารสกัดบอนแบ้วมีค่า IC_{50} สูงที่สุด หรือมีค่า AOA ต่ำที่สุด จากผลการทดลอง สามารถแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีค่า AOA สูง ประกอบด้วย สารสกัดผักมันปลาและสารสกัดทะโล้ มีค่า AOA เท่ากับ 122.41 และ 107.40 ต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ อีกทั้ง ยังมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำถึง 2.17-249.80 เท่า ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำ ประกอบด้วยสารสกัดพืช 20 ชนิด ที่มีค่า AOA ระหว่าง 0.49-49.30 ต่อมิลลิกรัม โดยสารสกัดก่อข้าวมีค่า AOA สูงที่สุดในกลุ่มนี้

สารสกัดมันปลามีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด มีค่า AOA เท่ากับ 122.4±6.9 ต่อมิลลิกรัม ประกอบด้วย สารในกลุ่มอัลคาลอยด์ ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่อาจทำให้มันปลามีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้สูง ส่วนสารสกัดทะโล้ เป็นสารสกัดพืชในกลุ่มที่มีค่า AOA สูง รองจากสารสกัดมันปลา มีค่า AOA เท่ากับ 107.40 ต่อมิลลิกรัม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Kshirsagar และ Upadhyay (2009) ที่รายงานว่า สารสกัดใบทะโล้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูง และสารสำคัญที่อาจมีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ ได้แก่ ซาโปนิน ไตรเทอร์พีนและสเตียรอยด์ (Rahmani และคณะ, 1985) อัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์ (นราพร, 2552)

กลุ่มสารสกัดพืชที่มีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำ พบว่า สารสกัดก่อข้าว มีค่า AOA สูงที่สุดเท่ากับ 49.3 ต่อมิลลิกรัม สารสำคัญที่อาจมีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ ในก่อข้าว ได้แก่ สารในกลุ่มอัลคาลอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์ที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วย วงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) จะทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH เกิดเป็นสารที่มีความเสถียร (Motamed และ Naghibi, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

ตัวอย่างพืช	ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน			
	DPPH		2-DR	Anti-TBARS
	AOA	IC_{50}		
มันปลา	122.41±6.91 ^{a}	0.06±0.00 ^{h}	2.81±0.01 ^{c}	0.77±0.01 ^{i}
ทะโล้	107.40±13.28 ^{b}	0.11±0.01 ^{h}	4.61±0.01 ^{b}	5.37±0.02 ^{c}
เมี่ยงป่า	40.40±1.41 ^{e}	0.09±0.00 ^{h}	2.30±0.01 ^{h}	1.21±0.01 ^{h}
ผักไผ่	18.04±1.03 ^{g}	0.25±0.02 ^{h}	2.33±0.00 ^{g}	0.17±0.00 ^{r}
ก่อข้าว	49.30±1.10 ^{c}	0.12±0.00 ^{h}	2.39±0.00 ^{d}	9.95±0.07 ^{b}
หมีเหม็น	42.02±2.22 ^{de}	0.15±0.01 ^{h}	2.35±0.00 ^{f}	0.61±0.01 ^{l}
ส้มจี๊	45.43±1.25 ^{d}	0.18±0.01 ^{h}	2.24±0.01 ^{j}	0.39±0.00 ^{n}
ติ้วเกลี้ยง	16.95±0.70 ^{g}	0.40±0.02 ^{gh}	2.37±0.00 ^{e}	0.22±0.00 ^{q}
ติ้วขาว	19.32±1.02 ^{g}	0.38±0.02 ^{gh}	2.31±0.00 ^{h}	19.29±0.02 ^{a}
ผักแปม	24.84±0.90 ^{f}	0.18±0.01 ^{h}	4.81±0.01 ^{a}	2.21±0.01 ^{d}
หมีบัง	15.29±1.63 ^{g}	0.28±0.03 ^{h}	2.36±0.00 ^{e}	1.24±0.01 ^{g}
ส้มปี้	9.59±0.31 ^{h}	0.42±0.01 ^{gh}	2.39±0.00 ^{d}	0.33±0.00 ^{o}
เชียงดา	2.21±0.13 ^{i}	1.96±0.11 ^{e}	2.23±0.01 ^{k}	0.25±0.00 ^{p}
ผักชีลาว	4.57±0.08 ^{i}	3.53±0.06 ^{d}	2.28±0.02 ^{i}	0.34±0.00 ^{o}
ผักแส้ว	3.44±0.08 ^{i}	1.04±0.03 ^{f}	2.33±0.00 ^{g}	0.46±0.00 ^{m}
กระทุงหมาบ้า	2.88±0.15 ^{i}	2.05±0.10 ^{e}	2.39±0.00 ^{d}	1.69±0.01 ^{e}
ผักชี	2.82±0.19 ^{i}	4.12±0.30 ^{c}	0.98±0.00 ^{l}	0.68±0.00 ^{k}
ผักปลัง	0.56±0.04 ^{i}	3.90±0.25 ^{cd}	0.93±0.00 ^{n}	0.71±0.01 ^{j}
หญ้าหวาน	4.19±0.19 ^{i}	0.83±0.04 ^{fg}	2.29±0.00 ^{i}	1.64±0.02 ^{f}
ผักเสี้ยวแก้ว	1.88±0.13 ^{i}	3.63±0.29 ^{d}	0.97±0.00 ^{m}	1.22±0.01 ^{gh}
นางเลว	1.41±0.14 ^{i}	6.34±0.34 ^{b}	0.50±0.00 ^{o}	0.24±0.00 ^{p}
บอนแบ้ว	0.49±0.03 ^{i}	38.71±1.76 ^{a}	0.25±0.00 ^{p}	0.13±0.00 ^{s}

หมายเหตุ - ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DDPH), 2-Deoxyribose (2-DR) และ Thiobarbituric acid Reactive substance (TBARS)

- ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธี DPPH แสดงในรูปของ AOA (Antioxidant activity) มีหน่วยเป็นต่อมิลลิกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) และ IC_{50} (Inhibition Concentration) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธี 2-DR และ anti-TBARS แสดงในรูป AOA (Antioxidant activity) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)
- พิจารณาอักษรภาษาอังกฤษ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของตัวทำละลายและวิธีการสกัดได้ปรากฏให้เห็นดังผลการทดลองนี้ โดยสารสกัดเมี่ยงป่ามีค่า AOA เท่ากับ 40.4 ต่อมิลลิกรัม และเมื่อคำนวณในหน่วยความเข้มข้น มีค่า IC_{50}เท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยการทดลองนี้ทำการสกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้ความร้อน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Povichit และคณะ (2010) ที่รายงานว่าเมี่ยงป่าที่ทำการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ในอุณหภูมิห้อง มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่อย่างไรก็ตาม Chan และคณะ (2007) รายงานว่า สารสกัดเมี่ยงป่า ที่ใช้เมทานอลและอุณหภูมิห้องในการสกัด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดลองนี้มาก นอกจากนี้ในทางตรงกันข้าม Sangsrichan และ Ting (2010) รายงานว่า ใบเมี่ยงป่าที่สกัดด้วยน้ำร้อน มีค่า IC_{50}เท่ากับ 0.3027 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวิธีการสกัดตัวทำละลายที่ใช้ รวมถึงความแปรปรวนของพืชด้วย

นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างของปริมาณสารสำคัญที่เกิดจากความแปรปรวนของพืช เช่น สารสกัดส้มจี๊และหมีเหม็นมีค่า AOA เท่ากับ 45.4 และ 42.0 ต่อมิลลิกรัมตามลำดับ และผลการทดลองนี้มีความแตกต่างอย่างมาก จากรายงานของ Phomkaivon และ Areekul (2009) และ นราพร (2552) ที่รายงานค่า AOA เท่ากับ 2.86 และ 2.94 ต่อมิลลิกรัมตามลำดับ แม้ว่าตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดนี้มาจากแหล่งเดียวกัน อีกทั้งใช้ตัวทำละลาย และวิธีการสกัดเช่นเดียวกัน แต่ตัวอย่างที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างที่เก็บมาในช่วงปีที่แตกต่างกัน รวมถึงเป็นการเก็บตัวอย่างจากแหล่งธรรมชาติในป่าที่ไม่ได้ควบคุมวิธีการเพาะปลูก อีกทั้งสภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นเทือกเขา มีความสูงต่ำ และเป็นที่ราบ ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้รับอาจแตกต่างกัน ส่งผลให้วิถีเมตาบอลิสมแตกต่างกัน จึงอาจทำให้ตัวอย่างมีปริมาณสารสำคัญที่แตกต่างกัน (Witzel และคณะ, 2003)

สารพฤกษเคมีที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในพืชที่ศึกษาได้มีรายงานไว้บางส่วน เช่น สารสกัดเมี่ยงป่า มีค่า IC_{50}เท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า AOA เท่ากับ 40.4 ต่อมิลลิกรัม ประกอบด้วย สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ ฟลาวานอล (คาทิชิน อิพิคาทิชิน อิพิแกลเลท อิพิแกลโลคาทิชิน และอิพิคาทิชินแกลเลท) ฟลาโวนอล (เคมเฟอรอล และ เควอซีทินไกลโคไซด์) และ โปรแอนโธไซยานิน (Lin และคณะ, 2003; Cai และคณะ, 2004) ซึ่งคาทิชินและสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีมวลโมเลกุลต่ำ สามารถแสดงสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในชาได้มากที่สุด (Zhu และคณะ, 2002) โดยทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ DPPH (Chen และคณะ, 2007)

สารสกัดติ้วขาว มีค่า AOA เท่ากับ 19.3 ต่อมิลลิกรัม สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสำคัญที่พบ คือ กรดคลอโรจีนิก กรดไดคาเฟโอลิลควินิก (dicaffeoylquinic acid) และอนุพันธ์ของกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) แต่ Maisuthisakul และคณะ (2008) รายงานว่า มีค่า AOA เท่ากับ 4.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนสารสกัดผักชี มีความสามารถในการทำลายอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่าการนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

อิสระ DPPH ได้ต่ำกว่า รายงานของ Damasius และคณะ (2011) ที่รายงานไว้ 0.98 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ผลการทดลองมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.12 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสารสำคัญในผักชี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน กรดฟีนอลิก และเทอร์พีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในพืชทั่วไป (Wangensteen และคณะ, 2004)

จากการทดลอง พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของพืชอื่นๆด้วย แต่ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันอย่างชัดเจนได้ เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ใช้ อย่างไรก็ตาม สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของพืชได้ เช่น สารสกัดผักแปม มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ Sithisarn และคณะ (2008) รายงานว่า ยอดอ่อนของผักแปมที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดผักไผ่ มีค่า AOA เท่ากับ 18.0 ต่อมิลลิกรัม เมื่อคำนวณค่า AOA กลับเป็นค่า EC_{50} จะมีค่า เท่ากับ 0.056 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 315.4 มิลลิกรัมต่อกรัมที่รายงานโดย Nanasombat และTeckchuen (2009) นอกจาก ความแตกต่างของความเข้มข้นของอนุมูลอิสระ DPPH จะทำให้ค่าที่คำนวณได้ มีค่าแตกต่างกันแล้ว หน่วยที่ใช้ในการคำนวณก็ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองเช่นกัน เช่น สารสกัดผักแปม มีค่า AOA เท่ากับ 24.84 ต่อมิลลิกรัม ในขณะที่ Park และคณะ (2006) รายงานเป็น ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (67.67 เปอร์เซ็นต์) และ Sithisarn และคณะ (2008) รายงานเป็น ค่า IC_{50} (100.81 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนสารสกัดหญ้าหวานมีค่า AOA เท่ากับ 4.19 ต่อมิลลิกรัม แต่ Tadhani และคณะ (2007) รายงานเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าเท่ากับ 33.17 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สารสกัดผักแส้ว มีค่า AOA เท่ากับ 3.44 ต่อมิลลิกรัม แต่ รุ่งโรจน์ (2551) รายงานเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง มีค่าเท่ากับ 86.05 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองนี้พบว่า สายพันธุ์ของพืช ชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และตัวทำละลาย มีผลต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH อย่างไรก็ตาม วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH นี้มีข้อจำกัด คือ อนุมูลอิสระของ DPPH มีความคงตัวที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดขึ้นในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะหรือจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ รวมถึงโครงสร้างทางเคมียังแสดงว่าอิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระจะถูกบดบังด้วยวงเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร ทำให้สารต้านอนุมูลมีฤทธิ์แรงแต่มีขนาดใหญ่ซึ่งสารบางตัวไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาได้หรืออาจเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ช้า ทั้งๆที่สารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในพืชอาจมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลเปอร์ออกซีได้ (โอภา, 2549) ซึ่งแม้ว่าวิธีวิเคราะห์นี้อาจมีข้อจำกัด แต่เป็นวิธีที่สามารถใช้ประเมินศักยภาพของ สารต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นที่นิยมใช้แพร่หลาย และ จากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดพืช 2 ชนิด คือ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันปลา และทะโล้ มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธี DPPH ได้สูงกว่า 100 ต่อมิลลิกรัม ดังนั้นจึงมีศักยภาพเป็นแหล่งของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีจากธรรมชาติได้

4.1.2.2 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล ด้วย วิธี 2-Deoxyribose assay (2-DR)

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล ด้วยวิธี 2-DR เป็นการวัดความสามารถของสารประกอบที่มีพืชในการให้อิเล็กตรอนแก่อิออนเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เกิดเป็นอิออนเฟอร์รัส (Fe^{2+}) แล้วกระตุ้นปฏิกิริยา Fenton ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้หยุดการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลลง ซึ่งอนุมูลอิสระนี้ จะทำให้เกิดการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซี-ไรโบส ซึ่งสามารถวัดการสลายตัวของน้ำตาลนี้จากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูภายใต้สภาวะที่กำหนด (Aruoma และคณะ, 1997) ดังนั้นถ้าสารสกัดพืชสามารถให้อิเล็กตรอนแก่ อิออนเฟอร์ริก (Fe^{3+}) จะทำให้การสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสลดลง (Aruoma และคณะ, 1997) เมื่อคำนวณ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ($OH^{\cdot}$) ของสารสกัดพืช ในหน่วยต่อมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า สารสกัดผักแปมมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลได้ดีที่สุด โดยมีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล เท่ากับ 4.81 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) รองลงมาได้แก่ สารสกัดทะโล้ มีค่าเท่ากับ 4.70 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ของสารสกัดจากพืชอื่นๆ ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.23-2.39 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ยกเว้นสารสกัดพืชจำนวน 4 ชนิด ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลต่ำมาก โดยมีค่า 2-DR ต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักพืชแห้ง) ได้แก่ สารสกัดผักชี ผักเสี้ยวแก้ว ดอกนางเลว และบอนแบ้ว ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล อาจเนื่องจากสารกลุ่มโพลีฟีนอลและฟลาโว-นอยด์ ที่พบทั่วไปในพืชทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อิออนของโลหะ ทำให้หยุดการกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Croft, 1998)

จากการทบทวนวรรณกรรมไม่สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบได้ชัดเจน เนื่องจากรีเอเจนต์และความยาวคลื่นที่ใช้ในการทดสอบแตกต่างกัน แต่สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเกี่ยวกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของพืชได้ เช่น สารสกัดเมี่ยงป่า มีค่า 2-DR เท่ากับ 2.30 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Manian และคณะ (2008) ใช้รีเอเจนต์ Nash และวัดการสลายตัวของสารสกัดเมทานอลจากเมี่ยงป่าที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม ที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร มีค่า 2-DR เท่ากับ 21.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดผักชี มีค่า 2-DR ต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.98 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Shyamala และคณะ (2005) ที่ใช้รีเอเจนต์และความยาวคลื่นเดียวกันกับ Manian และคณะ (2008) รายงานว่า สารสกัดผักชีที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลต่ำเท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของวิธี 2-DR คือ สารประกอบบางชนิดสามารถจับกับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้ หรือสารประกอบบางชนิดสามารถยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสได้ (Gutteridge, 1987; Aruoma และ Halliwell, 1988) ซึ่งแม้ว่าวิธีวิเคราะห์นี้อาจมีข้อจำกัด แต่เป็นวิธีที่สามารถใช้ประเมินศักยภาพของสารต้านอนุมูลอิสระรวมกับวิธีอื่นๆ ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า สารสกัดผักแปมและสารสกัดทะโล้ มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้ดีที่สุด

4.1.2.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS)

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย วิธี TBARS เป็นการติดตามการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ด้วยการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาขั้นที่ 2 ของการออกซิเดชันไขมัน เช่น สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน โดยทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริค (thiobarbituric acid) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดง เมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (%antioxidant activity, AOA) แล้วจึงเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ แสดงในรูป anti-TBARS (มิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ดังนั้นหากสารสกัดพืชใด ให้ค่า anti-TBARS สูง แสดงว่า มีสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี จากตารางที่ 4.2 พบว่า สารสกัดติ้วขาวสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุด โดยมีค่า anti-TBARS เท่ากับ 19.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยโครงสร้าง *O*-diphenolic ของกรด 5-*O*-caffeoylquinic acid ซึ่งเป็นกรดคลอโรจีนิกชนิดหนึ่งในติ้วขาว สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมกับไอออนของโลหะ (เช่น อิออนของทองแดง หรืออิออนเฟอร์ริก) หรือ อนุมูลอิสระเกิดเป็น *O*-quinone ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนที่ 2 และกระตุ้นการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์อีกด้วย (Maisuthisakul และคณะ, 2007a; Maisuthisakul และ Charuchongkolwongse, 2007)

สารสกัดก่อข้าว และสารสกัดทะโล้ มีค่า anti-TBARS เท่ากับ 9.95 และ 5.37 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากพืชอื่นๆ มีค่า anti-TBARS อยู่ระหว่าง 0.13-2.21 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยสารสกัดบอนแบ้วมีความสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ต่ำที่สุดของพืชที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.2) สารสกัดผักแปมมีค่า anti-TBARS เท่ากับ 2.21 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Sithisarn และคณะ (2008) รายงานว่า มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในสมองหนูทดลอง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 23.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้ เนื่องจาก แสดงผลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังทดสอบในระบบอิมัลชันที่แตกต่างกันด้วย แต่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของสารสกัดพืชได้

นอกจากนี้ ยังพบรายงานวิจัยที่ใช้สนับสนุนความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในสารสกัดพืชอื่นๆอีก เช่น สารสกัดส้มจี๊ มีค่า anti-TBARS เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยสารสำคัญที่พบในส้มจี๊สามารถลดระดับ TBARS และยับยั้งการบาดเจ็บของระบบประสาทอันเนื่องมากจากปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 2 ของปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมันของหนูทดลองได้ (Ansari และคณะ, 2008) นอกจากนี้ ยังพบรายงานการใช้สารสกัดเชียงดาในการลดการเกิดสภาวะเครียดในหนูทดลอง (Ananthan และคณะ, 2004) โดยค่า anti-TBARS ที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนสารสกัดผักชีลาว มีค่า anti-TBARS เท่ากับ 0.34 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จัดว่ามีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ต่ำ ซึ่ง Bahramikia และคณะ (2009) รายงานว่า สารสกัดผักชีลาวเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตับหนูทดลองได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดเมี่ยงป่า มีค่า anti-TBARS เท่ากับ 1.21 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบรายงานของ Aqil และคณะ (2006) ที่พบว่า สารสกัดจากใบเมี่ยงที่ใช้ทำชาสามารถเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดีในหลายๆวิธี และยังสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในระบบอิมัลชันของกรดลิโนเลอิกได้ดีกว่าบีเอชที และโทโคฟีรอล ในขณะที่ Katsube และคณะ (2004) รายงานว่า สารสกัดจากใบเมี่ยงที่ใช้ทำชามีค่าเท่ากับ 191.4 ไมโครโมลสมมูลย์ของ EGCG ต่อกรัม

อย่างไรก็ตาม วิธี anti-TBARS นี้มีข้อจำกัด คือ วิธีนี้ไม่เฉพาะเจาะจง ซึ่งการเกิดออกซิเดชัน ไม่จำเป็นต้องได้เป็นมาลอนไดอัลดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบประเภทอัลคานาล (alkanals) อัลคีนาล (alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกได้ และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตรได้เช่นเดียวกับมาลอน-ไดอัลดีไฮด์ นอกจากนี้สาร TBARS ที่เกิดจากกรดไทโอบาร์บิทูริกเป็นปฏิกิริยาที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับ มาลอนไดอัลดีไฮด์ สารหลายชนิด เช่น น้ำตาล สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกเกิดเป็นสารมีสีได้เช่นเดียวกัน (โอภา, 2549) ซึ่งแม้ว่าวิธีวิเคราะห์นี้อาจมีข้อจำกัด แต่ก็ยังเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินศักยภาพของสารกันหืนร่วมกับวิธีอื่น ซึ่งในการทดลองนี้ พบว่า สารสกัดพืช 2 ชนิด คือ ติ้วขาว และก่อข้าว มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังนั้น จึงมีศักยภาพเป็นแหล่งของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ดีจากธรรมชาติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี พบว่า พืชอาจแสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันได้แตกต่างกัน หรือคล้ายคลึงกัน ขึ้นกับองค์ประกอบของพืชแต่ละชนิดและกลไกการยับยั้ง เช่น สารสกัดผักมันปลามีความสามารถในการ

ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด (DPPH) แต่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (2-DR) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (anti- TBARS) ได้ในระดับปานกลาง ส่วนสารสกัดพืชที่ให้ผลคล้ายคลึงกันได้แก่ สารสกัดทะโล้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงในทั้ง 3 วิธีการทดสอบ ตรงกันข้ามกับสารสกัดบอนแบ้วที่ให้ผลต่ำที่สุดในทุกวิธีการทดสอบ

4.1.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆที่พบในสารสกัดจากพืช

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC) กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธี ในสารสกัดพืชทั้ง 22 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและวิธี DPPH มีความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.957 ส่วนวิธี 2-DR มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ (0.521) โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แต่ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับ วิธี anti-TBARS ($p>0.01$) แสดงว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสกัดจากพืช มีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH ได้ดี สอดคล้องกับรายงานของ Pyo และคณะ (2004) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด กับความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH ของสารสกัด Swiss chard ในระดับสูง หรือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.943 เช่นเดียวกับรายงานของ Shyu และคณะ (2009) และ Maisuthisakul และคณะ (2007b) ที่พบในสารสกัดดอกผักชีลาว (r=0.9166) และพืชพื้นบ้านของไทยจำนวน 26 ชนิด (r=0.83) ตามลำดับ ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า สารโพลีฟีนอลในสารสกัดพืชทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจนอะตอมหรือจับกับโปรตอน ซึ่งเป็นกลไกสำคัญ ในการต้านออกซิเดชัน (Shyamala และคณะ, 2005) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของสารโพลีฟีนอลในการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ (Pyo และคณะ, 2004) สอดคล้องกับรายงานของ Maisuthisakul และคณะ (2008) ที่รายงานว่า สารสกัดจากพืชที่มีปริมาณโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบสูง จะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH สูง

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดอาจแสดงศักยภาพในการจับกับไอออนของโลหะ เพื่อยับยั้งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลได้ไม่ดี สังเกตจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.521 สอดคล้องกับรายงานของ Wu และคณะ (2011) ที่พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำ ระหว่าง ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด กับความสามารถในการจับกับไอออนของโลหะ เพื่อยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลของพืชประจำท้องถิ่นในวงศ์ *Lisgustrum* ของไต้หวันจำนวน 5 ชนิด หรือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.36 ในทางตรงกันข้าม Kubola และคณะ (2008) รายงานว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดมะระ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับวิธี 2-DR โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.884 เช่นเดียวกันกับรายงานของ Kalaivani และ Mathew (2010) ที่รายงานว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากใบของ *Acacia nilotica* (L.) Wild.

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ex Delile มีความสัมพันธ์ที่ดี กับวิธี 2-DR (r=0.785) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสารโพลีฟีนอลในสารสกัดพืชอาจแสดงศักยภาพในการจับกับไอออนของโลหะ เพื่อยับยั้งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลได้ดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารโพลีฟีนอลในสารสกัดพืชที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนหรือโปรตอนโดยจะไปเร่งให้มีการเปลี่ยนแปลงไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ (Mathew และ Abraham, 2006) นอกจากนี้วิธี 2-DR ไม่ได้ใช้วัดอนุมูลไฮดรอกซิลเพียงอย่างเดียว แต่สามารถวัดอนุมูลอิสระชนิดอื่นที่เกิดจากปฏิกิริยาจลนศาสตร์ที่ไม่สามารถจำแนกได้จากอนุมูลไฮดรอกซิลด้วย (Al-Laith, 2010)

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

	TPC	2-DR	Anti-TBARS
2-DR	0.521**		
Anti-TBARS	0.106	0.203*	
DPPH ($1/EC_{50}$)	0.957**	0.556**	0.172*

หมายเหตุ ** หมายถึง ค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.01$)

* หมายถึง ค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS (anti-TBARS) มีค่าเท่ากับ 0.106 แสดงว่า สารโพลีฟีนอลทั้งหมดมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ไม่ดี ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Ramkumar และคณะ (2009) และ Kalaivani และ Mathew (2010) ที่รายงานว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมีส่วนสำคัญต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ด้วย วิธี TBARS ของสารสกัดจากใบของ *Gymnema montanum* H. และ สารสกัดจากใบ *Acacia nilotica* (L.) Wild. *ex* Delile ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสาร โพลีฟีนอลทั้งหมดและค่าที่ได้จากวิธี TBARS มีค่าเท่ากับ 0.773 และ 0.895 ตามลำดับ

จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก พืชแต่ละสายพันธุ์ประกอบด้วยชนิดและปริมาณสารโพลีฟีนอลที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงว่า มีโครงสร้างและตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิล และหมู่แทนที่ต่างๆบนโครงสร้างของสารโพลีฟีนอลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้พืชมีความจำเพาะต่อการทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้แตกต่างกัน (Tabart และคณะ, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแต่ละวิธี พบว่า วิธี DPPH กับวิธี 2-DR มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.556 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Kalaivani และ Mathew (2010) ที่พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันทั้ง 2 วิธีของสารสกัดจากใบ *Acacia nilotica* (L.) Wild. *ex* Delile มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (r= 0.668) ในขณะที่ Wu และคณะ (2011) ก็รายงานเช่นเดียวกันในพืชประจำท้องถิ่นในวงศ์ *Lisgustrum* ของไต้หวันจำนวน 5 ชนิด (r=0.54) ความสัมพันธ์ที่ต่ำระหว่างวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ เนื่องมาจาก กลไกที่ใช้ในการทดสอบของทั้ง 2 วิธีแตกต่างกัน โดยวิธี DPPH อาศัยการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนร่วมกับการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมเพื่อทำลายอนุมูล DPPH ส่วนวิธี 2-DR อาศัยการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน เข้าทำปฏิกิริยากับอิออนของโลหะ เพื่อหยุดการกระตุ้นการสร้างอนุมูล OH

ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการต่างๆ กับ วิธี anti-TBARS พบว่า มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก ($p>0.05$) ซึ่งแตกต่างจาก นราพร (2552) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างวิธี anti-TBARS กับวิธี DPPH (r=0.125) วิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (r=0.136) และวิธี Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) (r=0.119) ของสารสกัดพืชป่า 49 ตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจาก วิธี anti-TBARS ใช้กลไกในการทดสอบแตกต่างจากวิธีอื่นๆ โดยอาศัยกลไกหลายอย่างร่วมกัน เช่น การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมจากสารต้านออกซิเดชันไปยังอนุมูลเปอร์ออกซิล หรืออัลคอกซิล เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน อีกทั้งการทดลองนี้ สกัดสารสำคัญของพืชด้วยเอทานอลจึงได้สารสำคัญที่มีขั้วมาก ซึ่งสารโพลีฟีนอลที่มีขั้วต่ำหรือละลายได้ดีในไขมันจะมีสมบัติในการต้านออกซิเดชันของไขมันได้ดี (Larguerre และคณะ, 2007)

4.2 คัดเลือกชนิดของพืชที่มีความเป็นไปได้ทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อแพตตี้หมูที่เติมผงพืช

พืชพื้นบ้านจำนวน 22 ตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้ มีกลิ่นรสที่แตกต่างกัน และการเติมลงในแพตตี้หมูมีผลทำให้กลิ่นรสของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงกำหนดการเติมผงพืชที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ของแพตตี้หมู จากนั้น นำตัวอย่างแพตตี้หมูทั้ง 22 ตัวอย่าง มาคัดเลือก โดยใช้การประเมินความแตกต่างโดยรวม (Overall difference test) ตามวิธีการจัดลำดับคุณภาพ (quality test) ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตามวิธีการของ Meilgard และคณะ (1999) พบว่า แพตตี้หมูที่เติมบอนแบ้ว ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ แพตตี้หมูที่เติมทะโล้ ติ้วขาว เมี่ยงป่า และส้มจี๊ ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในระดับปานกลาง ส่วนแพตตี้หมูที่เติม พืชอื่นๆ มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าพืชทั้ง 5 ชนิดที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น (ไม่ได้แสดงผลในตาราง)โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพตตี้หมูที่เติมพืชที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมระดับต่ำที่สุด ได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมมันปลาก่อข้าว ผักไผ่ ผักชีลาว และผักแปม ทั้งนี้อาจเนื่องจาก การเติมผงพืชในแพตตี้หมูแล้ว ทำให้สี กลิ่น และรสชาติ ของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เช่น มีสีเขียวคล้ำ กลิ่นเหม็นเขียว มีรสฝาดหรือขม หรือหลายๆ การเปลี่ยนแปลงร่วมกัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับคุณภาพ จากผลการทดลองดังกล่าวจึงคัดเลือกพืชที่สามารถใช้เติมในตัวอย่างแพตตี้หมูได้จำนวน 5 ตัวอย่างได้แก่ เมี่ยงป่า ทะโล้ บอนแบ้ว ส้มจี๊ และติ้วขาว ซึ่งเป็นแพตตี้หมูที่เติมผงพืชแล้วมีคุณภาพด้านสี และเนื้อสัมผัส ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (ตัวอย่างที่ไม่เติมสารสกัดจากพืช) แต่มียังคงกลิ่นและรสชาติเฉพาะของพืชชนิดนั้น และยังเป็นที่ยอมรับโดยรวม ที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

จากนั้นนำตัวอย่างแพตตี้หมูที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 5 ชนิดนี้ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-points hedonic scale ต่อไป โดยพิจารณาคุณภาพด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแพตตี้หมูเติมผงพืชชนิดต่างๆ เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะประสาทสัมผัส	แพตตี้หมู					
	ควบคุม	เมี่ยงป่า	ทะโล้	บอนแบ้ว	ส้มจี๊	ติ้วขาว
สี	5.6±0.9^{a}	3.9±1.4^{b}	5.0±1.2^{a}	5.4±0.9^{a}	3.2±1.3^{c}	3.5±1.2^{bc}
กลิ่นรส	4.4±1.2^{a}	3.8±1.4^{ab}	4.1±1.2^{ab}	4.2±1.3^{a}	3.4±1.2^{b}	4.0±1.4^{ab}
รสชาติ	5.2±0.8^{a}	3.3±1.7^{b}	4.0±1.2^{b}	5.1±1.1^{a}	3.7±1.6^{b}	3.8±1.6^{b}
เนื้อสัมผัส	3.9±1.3^{ab}	3.6±1.0^{b}	3.5±0.9^{b}	4.3±1.3^{a}	3.7±1.2^{b}	3.7±1.3^{b}
ความชอบโดยรวม	5.2±1.2^{a}	3.4±1.5^{b}	4.0±1.2^{b}	5.1±1.1^{a}	3.5±1.5^{b}	3.8±1.6^{b}

หมายเหตุ - พิจารณาอักษรภาษาอังกฤษ ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

คะแนนเฉลี่ยค่าสีของแพตตี้หมูเติมผงบอนแบ้ว (5.4±0.9) และที่เติมผงทะโล้ (5.0±1.2) มีค่าต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม (5.6±0.9) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.4) ทั้งนี้เนื่องจาก ผงบอนแบ้วมีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งเมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูแล้วจะอยู่ในเฉดสีเดียวกับเนื้อที่ผ่านการปรุงสุก ทำให้แยกความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ส่วนผงทะโล้ นั้นมีสีเขียวเข้มกว่าเล็กน้อย เมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูและผ่านการปรุงสุกแล้ว แพตตี้หมูยังคงมีสีเขียวอ่อนๆ แต่อยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ สำหรับผงติ้วขาวจะมีสีเขียวแกมแดง เมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูแล้ว ทำให้มีสีน้ำตาลคล้ำ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ จึงมีคะแนนเฉลี่ยสีค่าเท่ากับ 3.5±1.2 ส่วนผงเมี่ยงป่า และส้มจี๊ ที่มีสีเขียวเข้ม เมื่อผ่านการปรุงสุกแล้ว ทำให้แพตตี้หมูมีสีเขียวมะกอกคล้ำๆ เนื่องจากผงพืชทั้ง 2 ชนิด มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อถูกทำลายด้วยความร้อนจะเปลี่ยนจากสีเขียวของคลอโรฟิลล์ให้เป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ที่มีสีเขียวมะกอก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... การค้า

คล้ำๆ เนื่องจากมีการสูญเสียแมกนีเซียมและไฟทอลที่เป็นองค์ประกอบ (Schwartz และ Elbe, 1983; Steet และ Tong, 1996; Vongsawasdi และคณะ, 2010) เป็นผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับต่ำกว่าทะโล้ซึ่งเป็นพืชสีเขียวเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ที่เป็นองค์ประกอบในพืชแตกต่างกัน

สำหรับคะแนนในด้านกลิ่นรสนั้น พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงพืชเกือบทุกชนิด ยกเว้น ผงส้มจี๊ มีคะแนนทางด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในขณะเดียวกันแพตตี้หมูที่เติมผงพืชทุกชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) การที่แพตตี้หมูที่เติมผงส้มจี๊ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด อาจเนื่องจากส้มจี๊อาจมีกลิ่นเหม็นเขียวของพืชที่เด่นชัดกว่าพืชชนิดอื่น ส่วนการทดสอบทางด้านรสชาติ พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากบอนแบ้วมีรสชาติที่อ่อน จึงไม่ทำให้รสชาติของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงไปจากตัวควบคุม ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงพืชอื่นๆ มีรสชาติของพืชแต่ละชนิดเด่นชัด จึงทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม สำหรับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสพบว่า ตัวอย่างควบคุมไม่มีความแตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมผงพืชทุกชนิด แต่แพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้ว จะได้รับคะแนนสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมพืชอื่นๆ ทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ทดสอบที่ชิมให้การยอมรับแพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วในทุกๆด้านของการทดสอบประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับแพตตี้หมูควบคุม ($p>0.05$) จึงส่งผลให้ตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าการเติมพืชชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนแพตตี้หมูที่เติมทะโล้มีคะแนนความชอบโดยรวมรองลงมา มีค่าเท่ากับ 4.0±1.2 และมีคะแนนเฉลี่ยในทุกๆด้านที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับแพตตี้หมูควบคุม ยกเว้นการยอมรับด้านรสชาติ นอกจากนี้ การทดสอบทางประสาทสัมผัสครั้งนี้เป็นการเติมผงพืช 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)ของแพตตี้หมู อาจทำให้เกิดลักษณะที่แตกต่าง ทั้งทางด้านสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส จนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับต่ำ ดังนั้นหากลดความเข้มข้นของพืช หรือ การเติมในรูปของสารสกัด อาจลดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสลงได้ ส่งผลให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดีขึ้น

จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาจากปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (ภาพที่ 4.1) ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีการต่างๆ (ตารางที่ 4.2) ของพืชทั้ง 5 ชนิด รวมกับ การทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ว (ตารางที่ 4.4) พบว่า บอนแบ้วมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีการต่างๆต่ำที่สุด จึงไม่เหมาะสมในการเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติ แม้ว่าจะได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ และไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ทะโล้นั้นมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด สูงกว่าพืชอีก 4 ชนิด และมีค่า anti-TBARS สูงในระดับปานกลาง และติ้วขาว มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และค่า AOA (DPPH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำกว่าเมี่ยงป่า และส้มจี้ แต่มีค่า 2-DR ใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังมีค่า anti-TBARS สูงที่สุดในกลุ่มพืชทั้ง 5 ชนิด จึงได้คัดเลือกทะโล้ และติ้วขาว มาใช้ในการศึกษาความสามารถในการต้านการหืนของพืชบดและสารสกัดจากพืชในแพตตี้หมูปรุงสุกต่อไป

4.3 ผลของการใช้พืชบดและสารสกัดจากพืช ในแพตตี้หมูปรุงสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ทะโล้และติ้วขาวมีศักยภาพเป็นแหล่งสารกันหืนในแพตตี้หมูปรุงสุกได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของพืช (ทะโล้และติ้วขาว) ลักษณะการเติมพืช 2 แบบ (การเติมตัวอย่างพืชบดและการเติมสารสกัดเข้มข้น) ปริมาณการใช้พืชบด 3 ระดับ (300, 500 และ 700 พีพีเอ็ม) ปริมาณการใช้สารสกัดพืช 3 ระดับ (190, 320 และ 450 พีพีเอ็ม) อุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ (4 และ -18 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาการเก็บรักษา (7 ระยะ) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี ค่า TBARS และค่า *p*-Av สำหรับแพตตี้หมูที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนั้น สุ่มตัวอย่างทุกๆ 4 วันเป็นเวลา 32 วัน ส่วนแพตตี้หมูที่เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 120 วัน ส่วนตัวอย่างควบคุมนั้นมี 3 ตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างที่ไม่เติมสารสกัดจากพืช ตัวอย่างเติมบีเอชทีที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง และตัวอย่างที่เติมคาทิชิน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแพตตี้หมูปรุงสุกระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง

1) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงพืช และสารสกัดติ้วขาวและทะโล้ ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงดังตารางที่ 4.5 การเติมผงติ้วขาวและสารสกัดเข้มข้น พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น ระหว่าง 6.15-6.21 และ 6.25-6.27 ตามลำดับ ทั้งนี้ การเติมสารสกัดเข้มข้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าผงพืชเล็กน้อย อาจเนื่องจาก ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้นนั้น ได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดให้เป็นกลางก่อนนำมาเติมลงในตัวอย่างแพตตี้หมู

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูทุกตัวอย่างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ตัวอย่างที่เติมบีเอชที มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.11-6.28 ดังนั้นอาจเนื่องจาก แพตตี้หมูนี้ผ่านการให้ความร้อนในการปรุงสุก ทำให้สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ และลดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารลงได้ อีกทั้งการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างลงได้ (นิธิยา, 2544) ดังนั้นจึงพบการเปลี่ยนแปลงของค่าดังกล่าวเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ Das และคณะ (2008) ที่รายงานว่า การเติมถั่วเหลืองบดและถั่วเหลืองเต็มเมล็ดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้แพะปรุงสุก สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง1

ความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้เข้มข้น ในวันที่ 0 พบว่า แพตตี้หมูกลุ่มที่เติมทะโล้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างบีเอชทีและตัวอย่างที่เติมคาทิชิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.06-6.16 ส่วนตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมสารกันหืนอื่นๆ มีค่าระหว่าง 6.20-6.24 แต่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.5) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเวลา 32 วัน พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.09-6.23 และไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้เข้มข้นในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันมากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่า ผงพืชและสารสกัดพืชไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเปลี่ยนแปลงไป สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง2

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่เติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชทั้ง 2 ชนิด ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมสารกันหืนอื่นๆ และเมื่อผ่านการเก็บรักษาไว้ 32 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Choe และคณะ (2010) ที่พบว่า การเติมผงจากใบดอกบัว และผงจากใบบาร์เล่ย์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อบดปรุงสุก ที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิแช่เย็น เป็นเวลา 10 วันให้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	6.23±0.01 $^{b\text{-}d, A}$	6.18±0.01 $^{cd, B}$	6.16±0.01 $^{de, C}$
บีเอชที		100	6.20±0.03 $^{d, A}$	6.21±0.03 $^{bc, A}$	6.17±0.04 $^{cd, A}$
คาทิชิน		100	6.24±0.01 $^{a\text{-}d, A}$	6.24±0.01 $^{ab, A}$	6.23±0.01 $^{a\text{-}c, B}$
ติ้วขาว	ผง	300	6.15±0.01 $^{e, A}$	6.15±0.05 $^{d, A}$	6.14±0.04 $^{de, A}$
		500	6.15±0.03 $^{e, A}$	6.17±0.01 $^{cd, A}$	6.11±0.01 $^{f, B}$
		700	6.21±0.01 $^{cd, A}$	6.18±0.00 $^{cd, B}$	6.19±0.01 $^{cd, B}$
	สารสกัด	190	6.26±0.08 $^{ab, A}$	6.22±0.08 $^{bc, A}$	6.22±0.10 $^{bc, A}$
		320	6.27±0.01 $^{a, A}$	6.25±0.02 $^{ab, B}$	6.25±0.01 $^{ab, B}$
		450	6.25±0.01 $^{a\text{-}c, A}$	6.29±0.08 $^{a, A}$	6.28±0.07 $^{a, A}$
ทะโล้	ผง	300	6.12±0.11 $^{a, A}$	6.13±0.09 $^{a\text{-}c, A}$	6.15±0.07 $^{a, A}$
		500	6.07±0.18 $^{a, A}$	6.10±0.14 $^{bc, A}$	6.22±0.03 $^{a, A}$
		700	6.06±0.06 $^{a, B}$	6.10±0.04 $^{c, AB}$	6.13±0.03 $^{a, A}$
	สารสกัด	190	6.12±0.16 $^{a, A}$	6.13±0.11 $^{bc, A}$	6.25±0.06 $^{a, A}$
		320	6.12±0.22 $^{a, A}$	6.16±0.16 $^{bc, A}$	6.30±0.03 $^{a, A}$
		450	6.16±0.22 $^{a, A}$	6.19±0.19 $^{bc, A}$	6.33±0.03 $^{a, A}$

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

2) อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูที่เติมผงพืช และสารสกัดพืชได้แก่ ติ้วขาว และทะโล้ ตลอดการเก็บรักษา 120 วัน ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างเก็บรักษา อยู่ในช่วง 6.00-6.34 (ตารางที่ 4.6) โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่อุณหภูมิดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากแพตตี้หมูได้ผ่านการให้ความร้อนจนสุก จึงทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้เอนไซม์ และจุลินทรีย์ที่อาจหลงเหลือ ไม่สามารถทำงาน หรือเจริญได้ เนื่องจากอุณหภูมิไม่เหมาะสม และมีปริมาณน้ำอิสระต่ำ (นิธิยา, 2544) สำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว ทุกๆ 15 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง3

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	60	120
ควบคุม		-	6.23±0.01 $^{b\text{-}d, A}$	6.18±0.01 $^{cd, B}$	6.16±0.01 $^{de, C}$
บีเอชที		100	6.20±0.03 $^{d, A}$	6.21±0.03 $^{bc, A}$	6.17±0.04 $^{cd, A}$
คาทิชิน		100	6.24±0.01 $^{a\text{-}d, A}$	6.24±0.01 $^{ab, A}$	6.23±0.01 $^{a\text{-}c, B}$
ติ้วขาว	ผง	300	6.15±0.01 $^{e, A}$	6.12±0.02 $^{d, B}$	6.12±0.03 $^{de, B}$
		500	6.15±0.03 $^{e, A}$	6.12±0.02 $^{cd, B}$	6.15±0.01 $^{f, A}$
		700	6.21±0.01 $^{cd, A}$	6.13±0.01 $^{cd, C}$	6.15±0.01 $^{cd, B}$
	สารสกัด	190	6.26±0.08 $^{ab, A}$	6.23±0.09 $^{bc, A}$	6.22±0.08 $^{bc, A}$
		320	6.27±0.01 $^{a, A}$	6.24±0.02 $^{ab, B}$	6.26±0.01 $^{ab, A}$
		450	6.25±0.01 $^{a\text{-}c, B}$	6.28±0.08 $^{a, AB}$	6.34±0.07 $^{a, A}$
ทะโล้	ผง	300	6.12±0.11 $^{a, A}$	6.14±0.01 $^{a\text{-}c, A}$	6.05±0.10 $^{a, A}$
		500	6.07±0.18 $^{a, A}$	6.08±0.09 $^{bc, A}$	6.00±0.17 $^{a, A}$
		700	6.06±0.06 $^{a, A}$	6.09±0.02 $^{c, A}$	6.02±0.08 $^{a, A}$
	สารสกัด	190	6.12±0.16 $^{a, A}$	6.14±0.08 $^{bc, A}$	6.05±0.18 $^{a, A}$
		320	6.12±0.22 $^{a, A}$	6.17±0.11 $^{bc, A}$	6.07±0.2 $^{a, A}$
		450	6.16±0.22 $^{a, A}$	6.18±0.13 $^{bc, A}$	6.09±0.22 $^{a, A}$

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

ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.6 และให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองในติ้วขาว คือ พบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทะโล้ทุกๆ 15 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง4

จากผลการทดลอง แสดงว่า การเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ 4 และ-18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 32 และ 120 วัน ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส น่าจะชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถลดปฏิกิริยาเคมี เอนไซม์ และจุลินทรีย์ในอาหารลงได้

4.3.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

แพตตี้หมูมีค่าเฉลี่ยของ L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าสีแดง) และ b^* (ค่าสีเหลือง) เท่ากับ 75.13±0.30, 7.62±0.14 และ 6.82±0.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) และพบว่า การเติมคาทิชินทำให้ค่าความสว่างกว่าตัวอย่างควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ค่า a^* ในแพตตี้ที่เติมบีเอชที และคาทิชินมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการเติมผงพืชและสารสกัดพืชในแพตตี้หมู ส่งผลให้ค่าค่าความสว่าง a^* และ b^* เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกๆ ความเข้มข้น โดยการเติมผงติ้วขาวในแพตตี้หมูทำให้ค่าความสว่างลดลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผงทะโล้ สารสกัดทะโล้ และ สารสกัดติ้วขาวตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงและสารสกัดติ้วขาวทำให้ค่าความสว่างในแพตตี้หมูลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Han และคณะ (2006) ที่พบว่า การเติม Bokbunja-Pyun ในเนื้อหมูบดปรุงสุก มีผลต่อการลดลงของค่า L^* อีกทั้งยังพบว่าการเติมสารสกัดติ้วขาวมีค่าความสว่างสูงกว่าผงติ้วขาวในแพตตี้หมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากขั้นตอนการเตรียมสารสกัดเข้มข้นนั้น ได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดให้เป็นกรด อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัว (Koca และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเข้มข้นของผงทะโล้ และสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมู ไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่า a^* ของแพตตี้หมูที่เติมพืชพบว่า มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม และผงทะโล้ 700 พีพีเอ็ม โดยส่วนใหญ่ การเพิ่มปริมาณผงพืชทั้ง 2 ชนิด ทำให้ค่า a^* ลดลง ส่วนการเพิ่มปริมาณสารสกัดพืชมีผลทำให้ค่า a^* เพิ่มขึ้นในแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว แต่การเพิ่มปริมาณสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูทำให้มีค่า a^* ลดลง สำหรับค่า b^* พบว่า แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 320 พีพีเอ็ม และสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Jo และคณะ (2003) ที่รายงานว่า ค่า b^* ของหมูบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรุงสุก ที่เติมผงชาเขียวสกัด 0.1 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าตัวควบคุม โดยส่วนใหญ่การเพิ่มปริมาณผงพืช และสารสกัดจากพืชมีผลทำให้ค่า b^* มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นการเติมผงทะโล้

ตารางที่ 4.7 พารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	พารามิเตอร์สี		
			L^*	a^*	b^*
ควบคุม		-	75.13±0.30 [a]	7.62±0.14 [d]	6.82±0.38 [c]
บีเอชที		100	75.36±0.22 [a]	7.98±0.11 [c]	6.54±0.16 [c]
คาทิชิน		100	74.30±0.80 [b]	7.89±0.10 [c]	6.44±0.23 [c]
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59 [e]	7.46±0.20 [d]	8.52±0.26 [b]
		500	66.22±±1.01 [f]	6.91±0.17 [e]	10.73±0.23 [a]
		700	65.26±0.55 [g]	6.87±0.23 [e]	10.49±0.25 [a]
	สารสกัด	190	71.11±0.54 [d]	8.40±0.25 [b]	6.62±0.58 [c]
		320	72.46±0.52 [c]	8.67±0.31 [a]	6.69±0.56 [c]
		450	70.23±1.71 [e]	8.87±0.45 [a]	8.48±1.29 [b]
ทะโล้	ผง	300	70.07±0.97 [b]	8.35±0.09 [a]	6.34±0.26 [f]
		500	69.04±1.30 [b]	7.57±0.80 [c]	7.22±0.37 [d]
		700	69.07±2.28 [b]	7.02±0.50 [d]	6.81±0.19 [de]
	สารสกัด	190	70.67±0.60 [b]	8.09±0.36 [ab]	7.88±0.74 [c]
		320	69.61±0.89 [b]	8.35±0.28 [a]	8.31±0.24 [b]
		450	70.22±3.14 [b]	6.78±0.54 [d]	10.08±0.64 [a]

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

อย่างไรก็ตาม เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวจะมีสีเขียว และเมื่อผ่านการให้ความร้อนจะมีสีคล้ำกว่าตัวอย่างควบคุมมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างที่ลดลง ในขณะที่ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนการใช้สารสกัดติ้วขาวจะทำให้แพตตี้หมูมีสีคล้ำกว่าเล็กน้อย สำหรับแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ จะมีสีออกเหลือง และมีความสว่างกว่าแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวเล็กน้อย สอดคล้องกับค่าความสว่างที่มีค่าสูงกว่าแพตตี้ที่เติมติ้วขาวเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างแพตตี้ที่เติมผงและสารสกัดทะโล้มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพืช ซึ่งสอดคล้องกับค่า b^* ที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่าความสว่างของแพตตี้หมูควบคุม บีเอชที และ คาทิชิน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน (ตารางที่ 4.8) แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากรงควัตถุไมโอโกลบินที่มีในเนื้อสัตว์เกิดการออกซิเดชันเปลี่ยนไปเป็นเมทไมโอโกลบิน และเมื่อผ่านกระบวนการปรุงสุกเมทไมโอโกลบินเกิดการเสียสภาพธรรมชาติไป และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมทไมโอโกลบินเกิดเป็นสารออกซิไดซ์โพรไพริน (oxidized prophyrins) ซึ่งมีสีเขียวเหลืองอ่อนๆ (เยาวลักษณ์, 2536)

ส่วนแพตตี้หมูที่เติมพืชและสารสกัดจากพืชเกือบทุกตัวอย่างมีค่าความสว่างคงที่ ($p> 0.05$) ในระหว่างเก็บรักษา ยกเว้นการเติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม ที่มีค่าความสว่างลดลงเล็กน้อย ($p<0.05$) และการเติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 450 พีพีเอ็ม ที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.8) แสดงว่า รงควัตถุคลอโรฟิลล์ในพืชหรือสารสกัดจากพืชอาจเปลี่ยนรูปไปเป็นฟีโอไฟตินได้ ด้วยการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมในตำแหน่งของ แมกนีเซียมอะตอมของวงแหวนพอร์ไฟริน (porphyrin) ทำให้มีความคงตัวของสีมากกว่า (Lopez-Ayerra และคณะ, 1998) นอกจากนี้ ติ้วขาวมีองค์ประกอบของกรดคลอโรจีนิกที่ทำหน้าที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ และ คีเลทโลหะ (Maisuthisakul และคณะ, 2007a) ส่วนทะโล้มีองค์ประกอบของเควอซีติน (Joshi, 2006) ซึ่งอาจทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lakhanpal และ Rai, 2007) ซึ่งความสามารถดังกล่าว อาจช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเป็นสาเหตุหนึ่งของการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ รงควัตถุ หรือยับยั้งการเกิดสารประกอบที่มีสีอื่นๆ ได้ นอกจากนี้การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ยังเกิดได้จากการทำปฏิกิริยาร่วมกันของหลายสาเหตุ เช่น เอนไซม์ กรดอ่อน แสง ออกซิเจน และความร้อน (Koca และคณะ, 2006) สำหรับการเพิ่มปริมาณผงพืชหรือสารสกัดพืช ในแพตตี้หมู พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของแพตตี้หมูในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง5 และ ง6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าความสว่าง (L^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		% ความเข้มข้น (โดยน้ำหนัก)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	75.13±0.30 $^{a, C}$	76.98±0.42 $^{a, B}$	78.24±0.49 $^{a, A}$
บีเอชที		100	75.36±0.22 $^{a, B}$	75.37±0.79 $^{b, B}$	77.64±0.81 $^{a, A}$
คาทิชิน		100	74.30±0.80 $^{b, B}$	74.37±0.33 $^{c, B}$	75.73±0.53 $^{b, A}$
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59 $^{e, A}$	69.84±0.63 $^{f, A}$	68.94±0.59 $^{e, B}$
		500	66.22±±1.01 $^{f, A}$	67.15±0.79 $^{g, A}$	66.54±0.74 $^{f, A}$
		700	65.26±0.55 $^{g, A}$	64.94±0.34 $^{h, A}$	65.09±0.89 $^{g, A}$
	สารสกัด	190	71.11±0.54 $^{d, C}$	72.98±1.13 $^{d, B}$	76.23±0.89 $^{b, A}$
		320	72.46±0.52 $^{c, A}$	70.87±1.72 $^{e, B}$	73.28±1.20 $^{c, A}$
		450	70.23±1.71 $^{e, B}$	71.00±0.88 $^{e, AB}$	71.96±0.99 $^{d, A}$
ทะโล้	ผง	300	70.07±0.97 $^{b, A}$	69.92±0.56 $^{dc, A}$	69.47±1.03 $^{d, A}$
		500	69.04±1.30 $^{b, A}$	69.80±0.51 $^{dc, A}$	69.26±1.57 $^{d, A}$
		700	69.07±2.28 $^{b, A}$	69.07±1.68 $^{e, A}$	68.74±1.79 $^{d, A}$
	สารสกัด	190	70.67±0.60 $^{b, AB}$	71.42±1.41 $^{c, A}$	69.89±0.82 $^{d, B}$
		320	69.61±0.89 $^{b, A}$	69.17±1.56 $^{e, A}$	69.51±0.12 $^{d, A}$
		450	70.22±3.14 $^{b, A}$	70.76±2.41 $^{cd, A}$	71.12±1.74 $^{c, A}$

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

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของแพตตี้หมูในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน พบว่า แพตตี้หมูควบคุม และบีเอชที มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.9) มีค่า a^* ลดลง 2.5-2.82 สอดคล้องกับรายงานของ Choe และคณะ (2010) ที่พบว่า การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการลดลงของค่า a^* ของหมูบดปรุงสุก ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ตามที่กล่าวมาแล้ว (เยาวลักษณ์, 2536) ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ผงพืชและสารสกัดพืชทุกตัวอย่างมีค่า a^* ลดลงเล็กน้อย ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัด ติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ที่มีค่า a^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม แพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดมีค่า a^* ในระหว่างเก็บรักษาสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างบีเอชที ดังนั้นแสดงว่า การเติมพืชในแพตตี้หมูสามารถทำให้ค่า a^* มีค่าคงที่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเก็บรักษาได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที เนื่องจากสารสำคัญในติ้วขาวและทะโล้มีสมบัติในการให้อิเล็คตรอน ซึ่งอาจช่วยยับยั้งการสร้างเมทไมโอโกลบินในแพตตี้หมูได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการเติมสารสกัดเปลือกส้มในแบบจำลองเนื้อสัตว์ ของ Jo และคณะ (2003)

ตารางที่ 4.9 ค่าสีแดง (a^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	7.62±0.14 $^{d, A}$	4.92±0.18 $^{f, C}$	5.12±0.21 $^{e, B}$
บีเอชที		100	7.98±0.11 $^{c, A}$	7.53±0.17 $^{d, B}$	5.16±0.25 $^{e, C}$
คาทิชิน		100	7.89±0.10 $^{c, B}$	8.39±0.31 $^{b, A}$	7.51±0.25 $^{b, C}$
ติ้วขาว	ผง	300	7.46±0.20 $^{d, B}$	7.90±0.13 $^{c, A}$	7.72±0.24 $^{b, A}$
		500	6.91±0.17 $^{e, A}$	7.09±0.43 $^{e, A}$	6.82±0.14 $^{c, A}$
		700	6.87±0.23 $^{e, B}$	7.39±0.20 $^{d, A}$	6.48±0.18 $^{d, C}$
	สารสกัด	190	8.40±0.25 $^{b, A}$	7.91±0.41 $^{c, B}$	6.64±0.17 $^{cd, C}$
		320	8.67±0.31 $^{a, A}$	8.86±0.44 $^{a, A}$	8.53±0.28 $^{a, A}$
		450	8.87±0.45 $^{a, A}$	8.34±0.08 $^{b, B}$	8.41±0.58 $^{a, B}$
ทะโล้	ผง	300	8.35±0.09 $^{a, A}$	8.25±0.69 $^{a, A}$	8.53±0.51 $^{a, A}$
		500	7.57±0.80 $^{c, A}$	6.96±0.84 $^{bc, AB}$	6.18±0.84 $^{c, B}$
		700	7.02±0.50 $^{d, A}$	6.62±0.88 $^{c, AB}$	6.05±1.01 $^{c, B}$
	สารสกัด	190	8.09±0.36 $^{ab, AB}$	8.38±0.17 $^{a, A}$	7.80±0.83 $^{b, B}$
		320	8.35±0.28 $^{a, A}$	8.20±0.23 $^{a, A}$	8.51±0.52 $^{a, A}$
		450	6.78±0.54 $^{d, A}$	7.20±0.80 $^{bc, A}$	7.38±0.47 $^{b, A}$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 32 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.10) ส่วนแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดมีค่า b^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุม แต่มีค่า b^* คงที่ ในระหว่างเก็บรักษา ($p>0.05$) ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว ที่มีค่า b^* ลดลง ($p<0.05$) และแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ 500 และ 700 พีพีเอ็ม ที่มีค่า b^* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมู ในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.11 โดยค่า ΔE เป็นค่าที่คำนวณได้จากความแตกต่างของค่าสี L^*, a^* และ b^* ซึ่งหากค่า ΔE มีค่าสูง แสดงว่า ตัวอย่างแพตตี้หมูมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างเก็บรักษามาก จากการทดลอง พบว่า แพตตี้หมูตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่า ΔE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.79-2.27 เป็น 1.68-4.43 ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตด้วยตาเปล่า ที่พบว่า แพตตี้หมูกลุ่มนี้ มีความแตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชในระหว่างการเก็บรักษาอย่างชัดเจน ในขณะที่แพตตี้ที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชมีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 และมีค่าค่อนข้างคงที่ในระหวางการเก็บรักษา ($p<0.05$) แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* เล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษา อาจเนื่องจาก สารสำคัญในพืชสามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งจะช่วยในการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ได้ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ที่มีค่า ΔE เพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าพารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูที่เติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ มีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* และ ΔE ค่อนข้างคงที่ ($p>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Pereira และคณะ (2010) ที่พบว่าการเติมสารสกัดจากเม็ดมะม่วง ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์สี (L^* a^* และ b^*) ของผลิตภัณฑ์โบโลน่าที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ให้มีค่าคงที่ ส่วนความเข้มข้นของผงพืชและสารสกัดพืชที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	6.82±0.38 $^{c, C}$	9.60±0.41 $^{b, A}$	8.63±0.26 $^{c, B}$
บีเอชที		100	6.54±0.16 $^{c, C}$	6.99±0.28 $^{ef, B}$	8.17±0.46 $^{d, A}$
คาทิชิน		100	6.44±0.23 $^{c, B}$	6.71±0.20 $^{fg, A}$	6.32±0.20 $^{f, B}$
ติ้วขาว	ผง	300	8.52±0.26 $^{b, A}$	7.71±0.20 $^{d, B}$	7.94±0.28 $^{d, B}$
		500	10.73±0.23 $^{a, A}$	9.20±0.31 $^{c, B}$	8.99±0.30 $^{b, B}$
		700	10.49±0.25 $^{a, A}$	10.39±0.22 $^{a, A}$	9.48±0.26 $^{a, B}$
	สารสกัด	190	6.62±0.58 $^{c, A}$	6.54±0.36 $^{g, A}$	6.29±0.22 $^{f, A}$
		320	6.69±0.56 $^{c, A}$	6.67±0.38 $^{g, A}$	6.71±0.33 $^{e, A}$
		450	8.48±1.29 $^{b, A}$	7.18±0.21 $^{e, B}$	7.98±0.51 $^{d, AB}$
ทะโล้	ผง	300	6.34±0.26 $^{f, A}$	6.21±0.40 $^{e, A}$	6.10±0.47 $^{e, A}$
		500	7.22±0.37 $^{d, B}$	6.93±0.45 $^{cd, B}$	8.61±0.49 $^{bc, A}$
		700	6.81±0.19 $^{de, B}$	6.88±0.85 $^{cd, B}$	8.00±0.69 $^{d, A}$
	สารสกัด	190	7.88±0.74 $^{c, AB}$	7.27±0.40 $^{c, B}$	8.47±0.85 $^{b-d, A}$
		320	8.31±0.24 $^{b, AB}$	8.57±0.30 $^{b, A}$	8.07±0.28 $^{cd, B}$
		450	10.08±0.64 $^{a, A}$	9.52±0.28 $^{a, B}$	9.35±0.31 $^{a, B}$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
			L^*	a^*	b^*	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม		-	75.13±0.30	7.62±0.14	6.82±0.38	2.27±0.60 ^{D}	3.16±0.58 ^{C}	3.19±0.65 ^{C}	4.32±0.42 ^{AB}	3.48±0.36 ^{C}	4.11±0.36 ^{AB}	3.73±0.86 ^{BC}	4.43±0.62 ^{A}
บีเอชที		100	75.36±0.22	7.98±0.11	6.54±0.16	0.98±0.28 ^{E}	1.96±0.46 ^{DE}	1.32±0.55 ^{DE}	1.07±0.30 ^{E}	1.45±0.73 $^{C-E}$	2.22±0.36 ^{B}	1.62±0.45 ^{CD}	4.03±0.59 ^{A}
คาทิชิน		100	74.30±0.80	7.89±0.10	6.44±0.23	0.79±0.39 ^{D}	1.06±0.58 $^{B-D}$	0.92±0.63 ^{D}	1.02±0.34 ^{CD}	1.82±0.87 ^{A}	1.10±0.70 $^{A-D}$	1.77±0.59 ^{AB}	1.68±1.01 $^{A-C}$
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	1.10±0.31 ^{A}	1.24±0.53 ^{A}	1.40±0.66 ^{A}	1.12±0.17 ^{A}	1.43±0.36 ^{A}	1.41±0.62 ^{A}	1.20±0.24 ^{A}	1.24±0.44 ^{A}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	1.44±0.42 $^{A-C}$	1.06±0.65 $^{B-D}$	1.55±0.69 ^{AB}	0.90±0.35 ^{D}	0.99±0.38 ^{CD}	1.29±0.39 $^{A-D}$	1.61±0.50 ^{A}	1.45±0.36 $^{A-C}$
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	2.24±0.90 ^{A}	2.50±0.84 ^{A}	2.37±0.81 ^{A}	2.19±0.62 ^{A}	1.82±0.77 ^{A}	1.87±0.40 ^{A}	2.39±0.43 ^{A}	2.36±0.70 ^{A}
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	1.79±1.02 ^{BC}	2.56±1.90 ^{B}	2.27±0.70 ^{BC}	2.15±1.28 ^{BC}	2.79±2.06 ^{B}	1.02±0.62 ^{C}	2.73±0.73 ^{B}	5.51±0.83 ^{A}
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.07±0.47 ^{C}	1.50±0.77 ^{BC}	1.04±0.41 ^{C}	2.45±1.31 ^{AB}	1.77±0.60 ^{BC}	1.35±0.80 ^{BC}	3.11±1.94 ^{A}	1.80±0.72 ^{BC}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	3.27±2.14 ^{A}	3.43±1.35 ^{A}	2.88±2.14 ^{A}	1.93±1.29 ^{A}	3.04±1.92 ^{A}	2.46±1.04 ^{A}	3.46±1.90 ^{A}	2.41±1.85 ^{A}
ทะโล้	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	1.26±0.63 ^{AB}	1.63±0.61 ^{A}	1.07±0.38 ^{AB}	0.97±0.25 ^{B}	1.16±0.63 ^{AB}	1.02±0.31 ^{AB}	1.10±0.73 ^{AB}	1.06±0.61 ^{AB}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	2.08±0.92 ^{A}	2.36±01.06 ^{A}	2.15±0.76 ^{A}	1.49±0.77 ^{A}	1.95±1.07 ^{A}	2.06±1.32 ^{A}	1.82±0.82 ^{A}	2.28±0.51 ^{A}
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	1.65±0.33 ^{BC}	1.86±1.14 $^{A-C}$	1.48±0.25 ^{C}	1.43±0.42 ^{C}	2.50±0.31 ^{A}	2.44±0.83 ^{A}	2.19±0.34 ^{AB}	1.94±0.59 $^{A-C}$
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	1.12±0.40 ^{C}	1.07±0.46 ^{C}	1.36±0.76 ^{BC}	1.68±0.74 $^{A-C}$	1.46±0.70 $^{A-C}$	2.38±1.06 ^{A}	2.14±1.08 ^{AB}	1.70±1.09 $^{A-C}$
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.00±0.31 ^{BC}	1.10±0.63 ^{BC}	1.11±0.43 ^{BC}	1.00±0.56 ^{BC}	1.92±0.32 ^{A}	1.67±0.58 ^{AB}	1.68±1.41 ^{AB}	0.77±0.16 ^{C}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	1.58±0.93 ^{A}	1.78±0.99 ^{A}	1.75±0.87 ^{A}	1.39±1.14 ^{A}	1.94±0.71 ^{A}	1.91±1.25 ^{A}	2.26±1.23 ^{A}	1.95±1.11 ^{A}

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

2) อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ค่าความสว่างของแพตตี้หมูทุกตัวอย่างตลอดการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา120 วัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.12) ทั้งนี้เนื่องจาก การเก็บรักษาเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไมโอโกลบินไปเป็นเมทไมโอโกลบิน (Varnam และ Sutherland, 1995) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมพืชและสารสกัดพืชทุกๆ 15 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วันตามแผนการทดลองนั้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ ง11 และ ง12

ตารางที่ 4.12 ค่าความสว่าง (L^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	60	120
ควบคุม		-	75.13±0.30 $^{a, B}$	75.69±0.51 $^{a, A}$	76.05±0.42 $^{a, A}$
บีเอชที		100	75.36±0.22 $^{a, A}$	74.83±0.48 $^{b, B}$	75.46±0.23 $^{b, A}$
คาทิชิน		100	74.30±0.80 $^{b, B}$	75.43±0.33 $^{a, A}$	75.65±0.26 $^{ab, A}$
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59 $^{e, A}$	70.02±0.63 $^{f, A}$	70.05±0.65 $^{f, A}$
		500	65.26±0.55 $^{g, B}$	67.57±0.68 $^{g, A}$	67.60±0.84 $^{g, A}$
		700	66.22±1.01 $^{f, A}$	66.00±0.83 $^{h, A}$	66.30±0.42 $^{h, A}$
	สารสกัด	190	71.11±0.54 $^{d, C}$	74.25±0.58 $^{c, B}$	74.89±0.45 $^{c, A}$
		320	72.46±0.52 $^{c, C}$	73.47±0.28 $^{d, A}$	72.96±0.39 $^{d, B}$
		450	70.23±1.71 $^{e, B}$	71.91±0.59 $^{e, A}$	72.24±0.53 $^{e, A}$
ทะโล้	ผง	300	70.07±0.97 $^{b, B}$	71.08±0.50 $^{c, A}$	70.46±0.45 $^{d, B}$
		500	69.04±1.30 $^{b, A}$	70.15±0.99 $^{d, A}$	69.64±0.68 $^{e, A}$
		700	69.07±2.28 $^{b, A}$	68.28±0.58 $^{f, A}$	68.77±0.48 $^{f, A}$
	สารสกัด	190	70.67±0.60 $^{b, C}$	71.30±0.77 $^{c, B}$	72.26±0.24 $^{c, A}$
		320	69.61±0.89 $^{b, B}$	70.01±0.68 $^{d, B}$	70.84±0.43 $^{d, A}$
		450	70.22±3.14 $^{b, A}$	69.16±0.54 $^{e, A}$	69.57±0.42 $^{e, A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ส่วนค่า a^* ของแพตตี้หมูในระหว่างเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า a^* ของแพตตี้หมูควบคุม มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.13) ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที คาทิชิน และสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชทั้ง 2 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* เล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจาก สารต้านออกซิเดชันมีสมบัติในการให้อิเล็คตรอน ซึ่งจะช่วยยับยั้งการสร้างเมทไมโอโกลบินดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ค่าa^* ของแพตตี้หมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของแพตตี้หมูได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.13 ค่าสีแดง (a^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	60	120
ควบคุม		-	7.62±0.14 $^{d, A}$	6.21±0.08 $^{e, C}$	5.37±0.08 $^{e, G}$
บีเอชที		100	7.98±0.11 $^{c, A}$	7.94±0.05 $^{b, AB}$	7.52±0.08 $^{c, D}$
คาทิชิน		100	7.89±0.10 $^{c, B}$	7.48±0.09 $^{c, DE}$	7.28±0.09 $^{c, F}$
ติ้วขาว	ผง	300	7.88±0.25 $^{b, A}$	7.49±0.22 $^{c, C}$	7.49±0.22 $^{c, C}$
		500	7.40±0.09 $^{c, BC}$	7.44±0.30 $^{c, BC}$	7.44±0.30 $^{c, BC}$
		700	7.01±0.27 $^{d, A-C}$	6.85±0.29 $^{d, C}$	6.85±0.29 $^{d, C}$
	สารสกัด	190	8.19±0.25 $^{a, AB}$	7.93±0.35 $^{b, BC}$	7.93±0.35 $^{b, BC}$
		320	8.21±0.12 $^{a, CD}$	8.36±0.23 $^{a, B-D}$	8.36±0.23 $^{a, B-D}$
		450	8.15±0.25 $^{a, C}$	8.38±0.23 $^{a, BC}$	8.38±0.23 $^{a, BC}$
ทะโล้	ผง	300	8.35±0.09 $^{a, A}$	8.50±0.21 $^{a, A}$	8.11±0.18 $^{a, BC}$
		500	7.57±0.80 $^{c, A}$	7.72±0.23 $^{bc, AB}$	7.43±0.17 $^{bc, A-C}$
		700	7.02±0.50 $^{d, A}$	7.57±0.26 $^{c, A}$	7.25±0.13 $^{d, BC}$
	สารสกัด	190	8.09±0.36 $^{ab, AB}$	7.97±0.48 $^{b, B}$	8.23±0.10 $^{a, AB}$
		320	8.35±0.28 $^{a, A}$	7.84±0.17 $^{b, BC}$	7.30±0.13 $^{cd, E}$
		450	6.78±0.54 $^{d, A}$	7.52±0.24 $^{c, A}$	6.42±0.21 $^{e, E}$

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

เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืช มีค่าคงที่ตลอดการเก็บรักษา 120 วัน (ตารางที่ 4.14) ในขณะที่แพตตี้หมูควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินให้ผลเช่นเดียวกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คือ มีค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของผงพืชและสารสกัดพืช มีผลทำให้ค่า b^* ในแพตตี้หมูมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	60	120
ควบคุม		-	6.82±0.38 $^{c, C}$	7.61±0.10 $^{d, B}$	8.50±0.07 $^{c, A}$
บีเอชที		100	6.54±0.16 $^{c, C}$	7.28±0.09 $^{f, B}$	7.79±0.06 $^{d, A}$
คาทิชิน		100	6.44±0.23 $^{c, C}$	7.03±0.13 $^{g, B}$	7.53±0.09 $^{e, A}$
ติ้วขาว	ผง	300	8.52±0.26 $^{b, A}$	8.39±0.26 $^{c, A}$	8.48±0.16 $^{c, A}$
		500	10.49±0.25 $^{a, A}$	10.15±0.24 $^{b, B}$	10.42±0.34 $^{b, AB}$
		700	10.73±0.23 $^{a, B}$	10.77±0.41 $^{a, B}$	11.27±0.31 $^{a, A}$
	สารสกัด	190	6.62±0.58 $^{c, B}$	7.37±0.28 $^{ef, A}$	6.84±0.30 $^{f, B}$
		320	6.69±0.56 $^{c, B}$	7.56±0.18 $^{de, A}$	7.50±0.13 $^{e, A}$
		450	8.48±1.29 $^{b, A}$	7.61±0.15 $^{d, B}$	7.75±0.18 $^{d, AB}$
ทะโล้	ผง	300	6.34±0.26 $^{f, B}$	6.65±0.18 $^{f, A}$	6.74±0.14 $^{e, A}$
		500	7.22±0.37 $^{d, A}$	6.71±0.20 $^{f, B}$	6.60±0.16 $^{ef, B}$
		700	6.81±0.19 $^{de, A}$	6.76±0.21 $^{f, A}$	6.53±0.21 $^{f, B}$
	สารสกัด	190	7.88±0.74 $^{c, A}$	7.50±0.37 $^{cd, A}$	7.43±0.18 $^{d, A}$
		320	8.31±0.24 $^{b, B}$	8.80±0.15 $^{b, A}$	8.49±0.16 $^{b, B}$
		450	10.08±0.64 $^{a, A}$	10.44±0.39 $^{a, A}$	10.28±0.32 $^{a, A}$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.15 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของแพตตี้หมูควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ให้ผลเช่นเดียวกันกับแพตตี้หมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีค่า ΔE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชมีค่า ΔE ค่อนข้างคงที่ ($p<0.05$) ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว 500 พีพีเอ็ม และแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 450 พีพีเอ็ม ส่วนแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าพารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชที่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ-18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* และ ΔE ค่อนข้างคงที่ ($p>0.05$) ตลอดการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์สีแพตตี้หมูได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถชะลออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
			L^*	a^*	b^*	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม		-	75.13±0.30	7.62±0.14	6.82±0.38	1.22±0.19 ^{F}	2.40±0.32 ^{CD}	2.34±0.28 ^{CD}	1.84±0.30 ^{E}	2.21±0.16 ^{D}	2.50±0.19 ^{BC}	2.69±0.30 ^{B}	3.01±0.27 ^{A}
บีเอชที		100	75.36±0.22	7.98±0.11	6.54±0.16	0.62±0.20 ^{D}	0.68±0.29 ^{D}	0.54±0.22 ^{D}	1.01±0.30 ^{C}	1.13±0.40 $^{A-C}$	1.30±0.22 ^{AB}	1.06±0.20 ^{BC}	1.37±0.19 ^{A}
คาทิชิน		100	74.30±0.80	7.89±0.10	6.44±0.23	1.28±0.92 ^{B}	1.35±0.62 ^{B}	1.62±0.51 ^{AB}	1.41±0.39 ^{AB}	1.57±0.38 ^{AB}	1.79±0.48 ^{AB}	1.79±0.40 ^{AB}	2.00±0.56 ^{A}
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	0.86±0.44 ^{A}	0.91±0.39 ^{A}	0.98±0.54 ^{A}	0.89±0.30 ^{A}	0.87±0.27 ^{A}	0.85±0.46 ^{A}	0.90±0.58 ^{A}	0.81±0.55 ^{A}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	1.14±0.62 ^{C}	1.52±0.68 ^{BC}	2.62±0.83 ^{A}	2.42±0.72 ^{A}	2.24±0.85 ^{AB}	2.15±0.43 ^{AB}	2.49±0.82 ^{A}	2.49±1.13 ^{A}
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	0.98±0.61 ^{A}	1.10±0.70 ^{A}	1.33±0.57 ^{A}	1.03±0.52 ^{A}	1.09±0.58 ^{A}	0.88±0.33 ^{A}	1.04±0.49 ^{A}	0.97±0.37 ^{A}
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	2.43±0.77 ^{C}	2.77±0.86 ^{BC}	3.28±0.94 $^{A-C}$	3.40±0.72 ^{AB}	3.56±0.94 ^{AB}	3.23±0.81 $^{A-C}$	3.59±0.69 ^{AB}	3.87±0.86 ^{A}
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.42±0.54 ^{A}	0.86±0.36 ^{B}	1.24±0.44 ^{AB}	1.58±0.49 ^{A}	1.55±0.59 ^{A}	1.31±0.33 ^{AB}	1.26±0.63 ^{AB}	1.18±0.41 ^{AB}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	1.77±1.19 ^{A}	2.07±1.51 ^{A}	2.34±1.51 ^{A}	2.45±1.74 ^{A}	2.53±1.99 ^{A}	2.62±1.83 ^{A}	2.52±1.58 ^{A}	2.70±1.83 ^{A}
ทะโล้	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	0.62±0.17 ^{B}	0.90±0.57 ^{AB}	0.80±0.41 ^{AB}	1.31±0.83 ^{A}	0.96±0.59 ^{AB}	1.11±0.64 ^{AB}	0.89±0.28 ^{AB}	1.16±0.59 ^{AB}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	1.32±0.87 ^{A}	1.64±0.88 ^{A}	1.75±1.01 ^{A}	1.76±1.11 ^{A}	1.39±0.93 ^{A}	1.33±0.48 ^{A}	1.39±0.57 ^{A}	1.63±1.03 ^{A}
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	2.16±1.18 ^{A}	2.39±0.94 ^{A}	2.71±1.03 ^{A}	2.22±0.84 ^{A}	2.48±0.52 ^{A}	2.45±0.72 ^{A}	2.42±0.95 ^{A}	2.20±0.43 ^{A}
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	2.05±0.75 ^{A}	0.97±0.43 ^{B}	1.17±0.47 ^{B}	1.23±0.36 ^{B}	2.01±0.41 ^{A}	1.87±0.56 ^{A}	1.77±0.50 ^{A}	1.90±0.58 ^{A}
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.19±0.48 ^{BC}	1.37±0.41 ^{BC}	1.01±0.33 ^{C}	1.15±0.45 ^{BC}	1.69±0.60 ^{AB}	2.27±0.87 ^{A}	1.80±0.70 ^{AB}	1.80±0.69 ^{AB}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	3.59±2.02 ^{A}	3.76±2.36 ^{A}	3.36±1.83 ^{A}	3.15±1.13 ^{A}	3.45±0.86 ^{A}	2.85±1.05 ^{A}	3.33±1.94 ^{A}	2.81±1.06 ^{A}

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

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแพตตี้หมูปรุงสุกระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.2.1 ค่า TBARS

การวิเคราะห์ค่า TBARS เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการวัดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไทโอบาร์บิทูริคกับไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ ซึ่งความเข้มของสีชมพูแดงแปรผันโดยตรงกับสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และรายงานค่าเป็นมิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ต่อกิโลกรัม สำหรับการทดสอบการหืนของแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดจากพืช ได้ทดลองเก็บไว้ที่ อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

1) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผงติ้วขาว สารสกัดติ้วขาวเข้มข้น ผงทะโล้ และสารสกัดทะโล้เข้มข้น ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์ค่า TBARS ทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 32 วัน

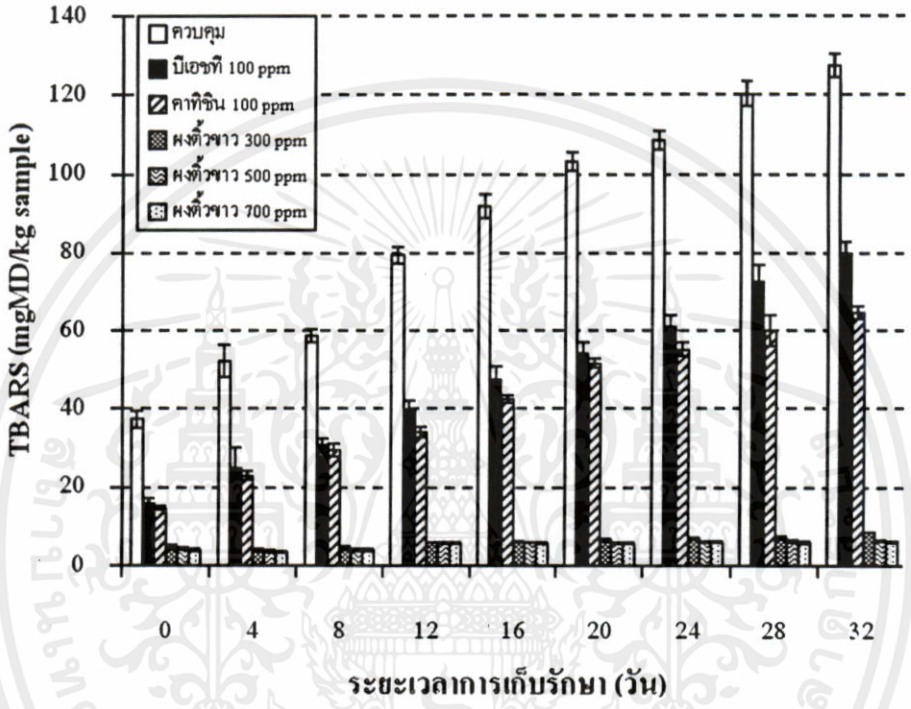
- ติ้วขาว

ในวันที่ 0 ตัวอย่างควบคุม(ไม่เติมพืชบด) มีค่า TBARS สูงที่สุด (37.34 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่าเท่ากับ 15.79 และ 14.77 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่า TBARS ระหว่าง 4.04-4.77 มิลลิกรัมมาโลน-ไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.2) แสดงให้เห็นว่า ผงติ้วขาว สามารถยับยั้ง การเกิดออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูได้ ตั้งแต่ขั้นตอนการบดผสม การบ่มเนื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 6-8 ชั่วโมง และการให้ความร้อนในการปรุงสุก

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการบดผสม ไปจนถึงการปรุงสุก โดยขั้นตอนการบดผสมนี้ จะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไขมันในเนื้อสัมผัสกับออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น และการบ่มเนื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนั้น เป็นการชะลอการเกิดออกซิเดชัน แต่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในอาหาร เช่น เอนไซม์ไลเปส หรือเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (http://www.nsru.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less12_5.html, 2551) ยังคงมีกิจกรรมอยู่ รวมทั้งยังสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หรือปฏิกิริยาทางเคมีได้ อาจส่งผลทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ สภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น สภาวะที่มีออกซิเจน จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมากขึ้นด้วย (Juntachote และคณะ, 2006) อีกทั้งในขั้นตอนการให้ความร้อนในกระบวนการปรุงสุกนั้น ทำให้โครงสร้างของกล้ามเนื้อเกิดการสลายตัวและ เป็นตัวกระตุ้นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำให้เกิดการหืนในเนื้อปรุงสุก โดยความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างของฮีม (haem) ทำให้อิออนของเหล็กถูกปลดปล่อยออก (Fernandez-Lopez และคณะ, 2003) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเติมผงติ้วขาวในแพตตี้หมู สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนการเตรียมแพตตี้หมูได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.2 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 32 วัน ค่า TBARS ในตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมพืชบด) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้ สามารถใช้ในการตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยตัวอย่างควบคุมมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นจาก 37.34±2.15 เป็น 127.35±2.99 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม อีกทั้งยังพบว่า การเติมบีเอชที และคาทิชินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการเติมวัตถุกันหืนทั้งสอง เป็นการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในแพตตี้หมูที่เติม คาทิชินมีค่าต่ำกว่าในแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าคาทิชินมีประสิทธิภาพดีกว่าบีเอชที สอดคล้องกับ Shahidi และ Alexander (1998) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานว่า คาทิชิน 200 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี TBARS ดีกว่าบีเอชที 200 พีพีเอ็ม ในแบบจำลองเนื้อสัตว์

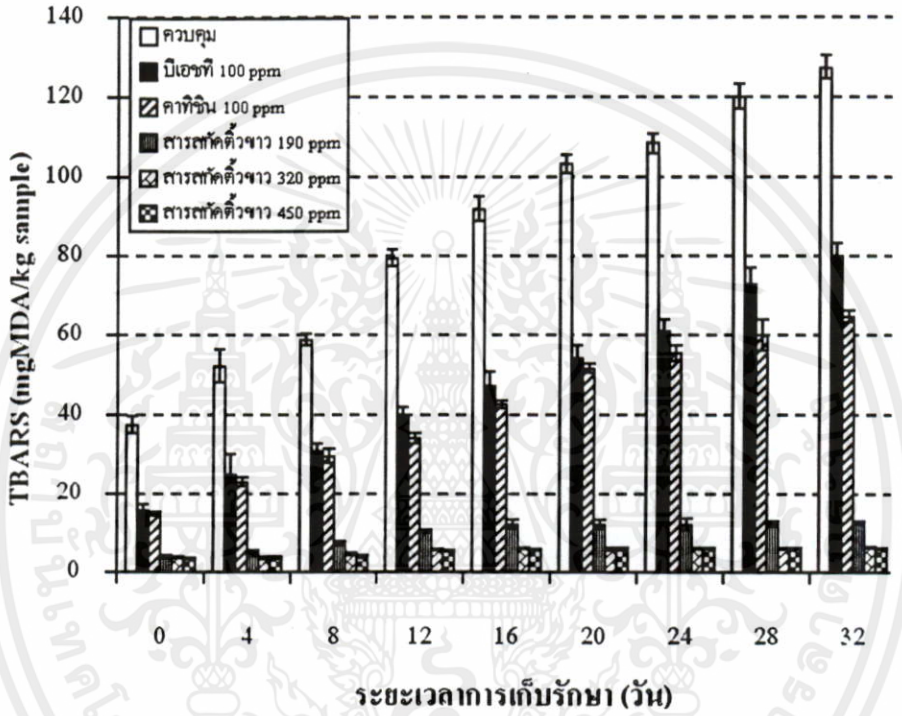
จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ผงติ้วขาวสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูปรุงสุกตลอดระยะเวลาการเก็บ 32 วัน โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นตัวอย่างที่เติมผงติ้วขาว 700 พีพีเอ็ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก โครงสร้าง *O*-diphenolic ของกรดคลอโรจีนิก ชนิด 5-คาเฟ-โออิลควินิก (5-*O*-caffeoylquinic acid) ที่พบในติ้วขาว สามารถทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจนอะตอมกับไอออนของโลหะ (ทองแดง (Cu^{2+}), เหล็ก (Fe^{2+})) หรืออนุมูลอิสระ ได้เป็น *O*-quinone ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนการเพิ่มจำนวน และยังกระตุ้นการสลายตัวของ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์อีกด้วย (Maisuthisakul และคณะ, 2007a; Maisuthisakul และ Charuchongkolwongse, 2007) สำหรับการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของค่า TBARS จาก 4.04 เป็น 6.24 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องจาก สารประกอบจำพวก อัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน เช่น เฮกซานอล (Allen และ Hamilton, 1994) เป็นสารระเหย จึงอาจระเหยออกจากตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษา และการวิเคราะห์ตัวอย่างได้

นอกจากนี้ พบว่า การเติมผงติ้วขาวเข้มข้น 300, 500 และ 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.2) แสดงว่า การเติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม นั้น เพียงพอต่อการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเพิ่มปริมาณผงติ้วขาว จาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม ไม่ทำให้ผงติ้วขาวแสดงสมบัติเป็นโปรออกซิแดนซ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Rey และคณะ (2005) ที่รายงานว่า การเติมสารกันหืนจากคราวเบอร์รี บีทรูท และวิลโลว์เฮิร์บ ที่ระดับความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก เช่นเดียวกับรายงานของ Juntachote และคณะ (2007a) ที่ทดสอบใน หมูบดปรุงสุก อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและประสิทธิภาพของสารต้านการหืนด้วย (Juntachote และคณะ, 2006)

การใช้ติ้วขาวในรูปสารสกัดในแพตตี้หมูปรุงสุก พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ผงพืช (ภาพที่ 4.3) โดยสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกได้ดีกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่า TBARS เท่ากับ 12.73, 80.03 และ 64.70 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็มในแพตตี้หมู พบว่า สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูได้ โดยค่า TBARS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดติ้วขาวในแพตตี้หมูปรุงสุกสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ สอดคล้องกับการใช้สารสกัดพืชในการยับยั้งการหืนของเนื้อสัตว์ เช่น สารสกัดโรสแมรี่ เปลือกองุ่น ชาเขียว และกาแฟ สามารถยับยั้งการหืนในแพตตี้หมูปรุงสุก ภายใต้สภาวะการเก็บแบบที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน (Nissen และคณะ, 2004)



ภาพที่ 4.3 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งการหืนระหว่างผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวในแพตตี้หมู ปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตาราง 4.16) พบว่า ในวันที่ 0 แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น มีค่า TBARS อยู่ในช่วง 3.36-4.77 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นค่าสูงสุด และต่ำสุด โดยแพตตี้หมูที่เติมผงพืช 300 พีพีเอ็มที่มีค่า TBARS สูงกว่าที่เติมสารสกัดติ้วขาว 450 พีพีเอ็มเล็กน้อย แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารสกัดพืชนั้น ได้จากการสกัด และทำให้เข้มข้น จึงมีปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการหืนมากกว่า อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม มีค่า TBARS เพิ่มสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวตัวอย่างอื่นๆ ทั้งนี้อาจ เกิดจากการสูญเสียองค์ประกอบที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันไป โดยทั่วไป

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

ตามธรรมชาตินั้น เซลล์ (intact cell) ทำหน้าที่ในการป้องกันสารสำคัญจากสภาพแวดล้อมทำให้ยากแก่การสลายตัว หรือ สูญเสียสมบัติในการต้านการหืน แต่ในการสกัดสารสำคัญนั้น สารจะถูกสกัดออกจากเซลล์ และเมื่อสัมผัสกับสภาพแวดล้อมจึงเกิดการสลายตัว หรือ สูญเสียสมบัติในการต้านการหืนได้ง่ายกว่า (Xu และ Chang, 2008) สอดคล้องกับรายงานของ Juntachote และคณะ (2007a) ที่พบ การเติมผงกะเพรามีศักยภาพดีกว่าสารสกัดกะเพราในหมูบดปรุงสุก

- ทะโล้

การเติมผงทะโล้ในแพตตี้หมูปรุงสุก และเก็บไว้ในวันที่ 0 พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับการเติมผงติ้วขาว โดยผงทะโล้สามารถยับยั้งการหืนของไขมันในขั้นตอนการเตรียมและการปรุงสุก มีค่า TBARS ระหว่าง 3.62-4.36 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.4) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ที่มีค่า TBARS ระหว่าง 14.77-37.34 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เนื่องจาก ในใบทะโล้ประกอบด้วย สารกลุ่มฟลาโวนอยด์อะไกลโคน (flavonoid aglycone) ชนิด ฟลาโวนอล และเควอซีติน (Joshi, 2006) โดยสารประกอบกลุ่มนี้สามารถจับกับอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมันได้ (Lakhanpal และ Kumar Rai, 2007)

การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่า TBARS ของตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ แพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้เข้มข้นต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า TBARS ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 6.10-7.06 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม อีกทั้งยังพบว่า การเพิ่มปริมาณผงทะโล้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS และการใช้ผงทะโล้เข้มข้น 300 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 32 วันได้ดี

สำหรับการเติมสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมู พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกัน โดยการเติมสารสกัดทะโล้ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ทั้งในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.6) ดังนั้น การเติมสารสกัดทะโล้ที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม จึงเป็นความเข้มข้นที่ต่ำสุด ที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมู ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไว้ได้นาน 32 วัน

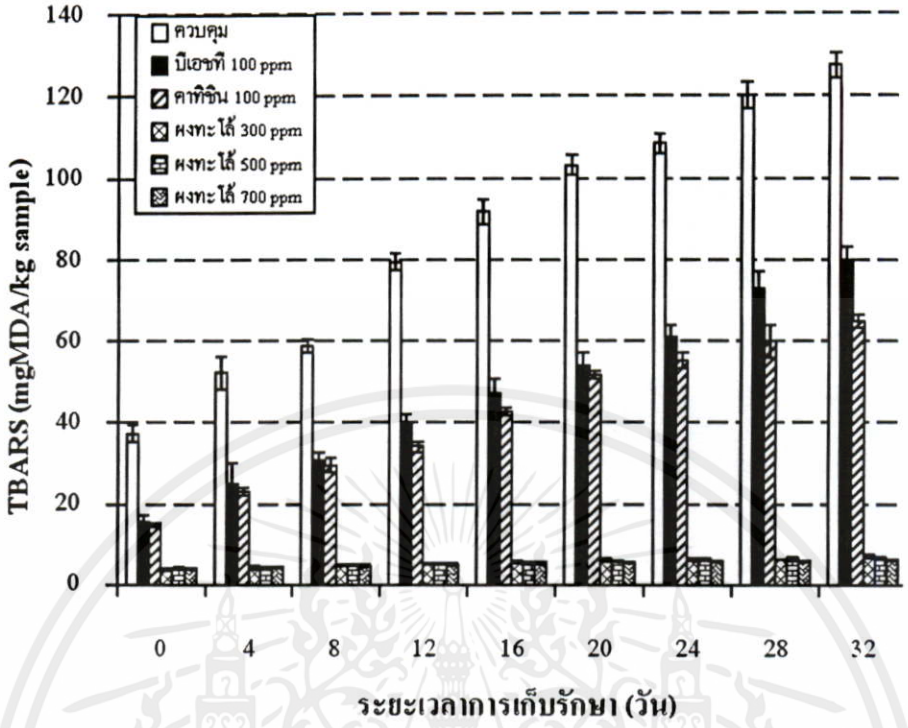
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

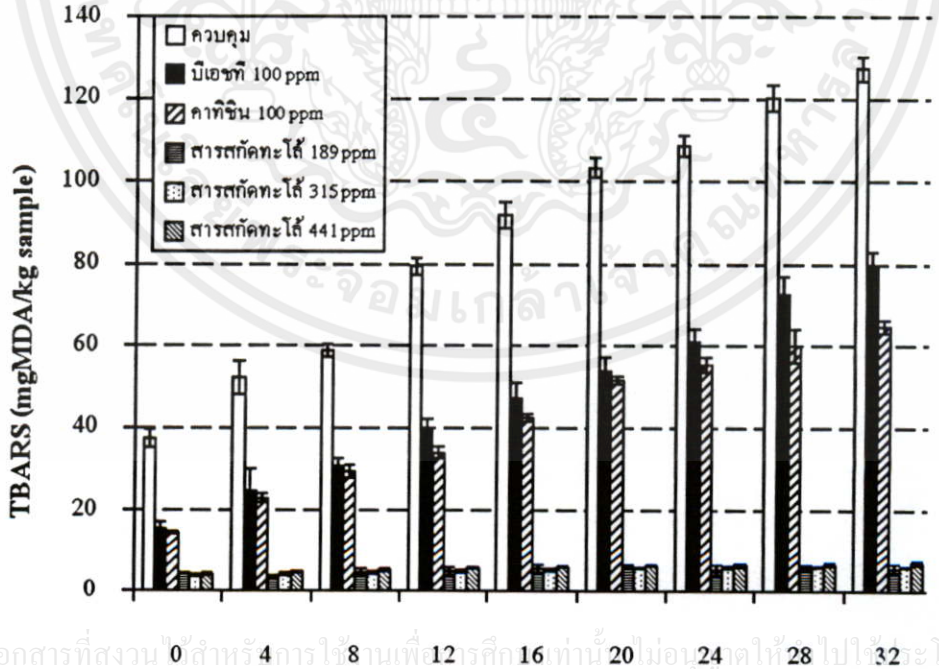
ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	$4.77\pm0.66^{e, A}$	$4.38\pm0.40^{d, B}$	$4.04\pm0.33^{e, B-D}$	$3.76\pm0.29^{f, CD}$	$4.00\pm0.26^{f, C-E}$	$3.89\pm0.21^{g, E}$	$3.93\pm0.28^{d, C-E}$	$3.72\pm0.19^{e, B-D}$	$3.36\pm0.23^{d, C-D}$	$4.36\pm0.13^{g, C-E}$	$3.62\pm0.32^{d, DE}$	$4.11\pm0.34^{f, BC}$
4	$3.91\pm0.39^{f, CD}$	$3.65\pm0.28^{f, DE}$	$3.48\pm0.26^{f, E}$	$4.19\pm0.36^{e, A}$	$4.26\pm0.17^{f, E}$	$4.19\pm0.24^{f, E}$	$4.83\pm0.56^{d, C}$	$3.46\pm0.23^{f, BC}$	$3.50\pm0.22^{d, C}$	$3.48\pm0.36^{f, BC}$	$3.92\pm0.35^{d, CD}$	$4.61\pm0.20^{e, AB}$
8	$4.46\pm0.56^{e, C}$	$4.04\pm0.25^{e, D}$	$3.98\pm0.25^{e, D}$	$4.85\pm0.27^{d, A}$	$4.98\pm0.15^{e, C}$	$4.73\pm0.22^{e, D}$	$7.18\pm0.45^{c, B-C}$	$4.49\pm0.27^{d, B}$	$3.80\pm0.28^{c, B-C}$	$4.51\pm0.92^{e, BC}$	$4.46\pm0.28^{c, C}$	$4.97\pm0.24^{e, B}$
12	$6.02\pm0.11^{d, B}$	$5.81\pm0.33^{c, B}$	$5.74\pm0.17^{cd, BC}$	$5.17\pm0.25^{d, A}$	$5.13\pm0.20^{e, BC}$	$4.94\pm0.30^{e, D}$	$10.37\pm0.48^{b, DE}$	$5.69\pm0.26^{c, DE}$	$5.34\pm0.27^{b, EF}$	$4.62\pm0.86^{d, DE}$	$4.78\pm0.35^{bc, F}$	$5.42\pm0.22^{d, CD}$
16	$6.15\pm0.25^{d, B}$	$6.02\pm0.09^{c, B}$	$5.82\pm0.23^{b-d, BC}$	$5.72\pm0.31^{c, A}$	$5.42\pm0.11^{d, B}$	$5.39\pm0.31^{d, BC}$	$12.15\pm1.16^{a, BC}$	$6.01\pm0.14^{ab, CD}$	$5.73\pm0.19^{a, CD}$	$5.23\pm0.90^{c, BC}$	$5.09\pm0.35^{b, D}$	$5.67\pm0.21^{cd, BC}$
20	$6.64\pm0.31^{c, B}$	$5.87\pm0.09^{c, CD}$	$5.66\pm0.18^{d, CD}$	$6.07\pm0.49^{bc, A}$	$5.81\pm0.15^{c, CD}$	$5.62\pm0.15^{cd, CD}$	$12.22\pm1.07^{a, C}$	$5.84\pm0.24^{bc, CD}$	$5.72\pm0.25^{a, CD}$	$5.77\pm0.35^{b, CD}$	$5.44\pm0.30^{a, D}$	$6.00\pm0.15^{bc, C}$
24	$6.93\pm0.36^{bc, B}$	$6.09\pm0.23^{bc, C}$	$6.01\pm0.14^{a-c, C}$	$6.22\pm0.24^{b, A}$	$6.22\pm0.29^{b, C}$	$5.81\pm0.22^{bc, C}$	$12.08\pm1.51^{a, C}$	$6.02\pm0.17^{ab, C}$	$5.91\pm0.24^{a, C}$	$4.98\pm1.18^{b, C}$	$5.55\pm0.24^{a, C}$	$6.15\pm0.46^{b, C}$
28	$7.25\pm0.30^{b, B}$	$6.37\pm0.24^{ab, C}$	$6.09\pm0.29^{ab, C-E}$	$6.30\pm0.13^{b, A}$	$6.41\pm0.43^{ab, C-F}$	$5.91\pm0.12^{ab, EF}$	$12.41\pm0.67^{a, CD}$	$6.03\pm0.23^{ab, C}$	$5.87\pm0.11^{a, D-F}$	$5.65\pm0.71^{ab, C-E}$	$5.67\pm0.11^{a, F}$	$6.41\pm0.42^{b, C}$
32	$8.59\pm0.11^{a, B}$	$6.52\pm0.20^{a, DE}$	$6.24\pm0.22^{a, E-G}$	$7.06\pm0.37^{a, A}$	$6.52\pm0.31^{a, E-G}$	$6.10\pm0.21^{a, GH}$	$12.73\pm0.38^{a, C}$	$6.22\pm0.20^{a, C}$	$5.96\pm0.18^{a, FG}$	$5.30\pm1.18^{a, EF}$	$5.73\pm0.11^{a, H}$	$6.82\pm0.58^{a, CD}$

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

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



ภาพที่ 4.4 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ความสามารถในการยับยั้งการหืนของผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว แสดงดัง ตารางที่ 4.16 โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS จากวันที่ 0 เป็นวันที่ 32 ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็มเพิ่มขึ้นจาก 3.93 เป็น 12.73 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นจาก 4.77 เป็น 8.59 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม แสดงว่า การเติมผงติ้วขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนได้ดีกว่าสารสกัด ทั้งนี้อาจเนื่องจาก การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในระหว่างการสกัด หรือ การเก็บรักษา ดังที่ได้อภิปรายไว้แล้ว แต่การเพิ่มความเข้มข้นของทั้ง ผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเป็น 500 และ 450 พีพีเอ็ม พบว่า ค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่าง 2.14-2.6 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ดังนั้น การเติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวที่ความเข้มข้น 500 และ 320 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูได้ อย่างไรก็ตาม การใช้สารสกัดติ้วขาว อาจทำให้ลักษณะปรากฏของแพตตี้หมูดีกว่าการใช้ผงติ้วขาว เนื่องจาก สารสกัดติ้วขาวได้ผ่านขั้นตอนการทำลายสีเขียวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำให้มีสีใกล้เคียงกับสีของตัวอย่างควบคุมมากกว่าแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่มีสีน้ำตาลคล้ำ

นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการยับยั้งการหืนของผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ พบว่า ให้ผลคล้ายคลึงกับการเติมติ้วขาว แต่การเติมสารสกัดทะโล้ที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม ให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า โดยมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ระหว่าง 0.94 -2.71 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ดังนั้น การเติมสารสกัดทะโล้เข้มข้น 190 พีพีเอ็ม หรือผงทะโล้เข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูได้

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 300 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม มีผลให้ค่า TBARS สูงกว่าและการใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 500 และ 700 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็ม ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม อีกทั้งยัง พบว่า การใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 500 และ 700 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

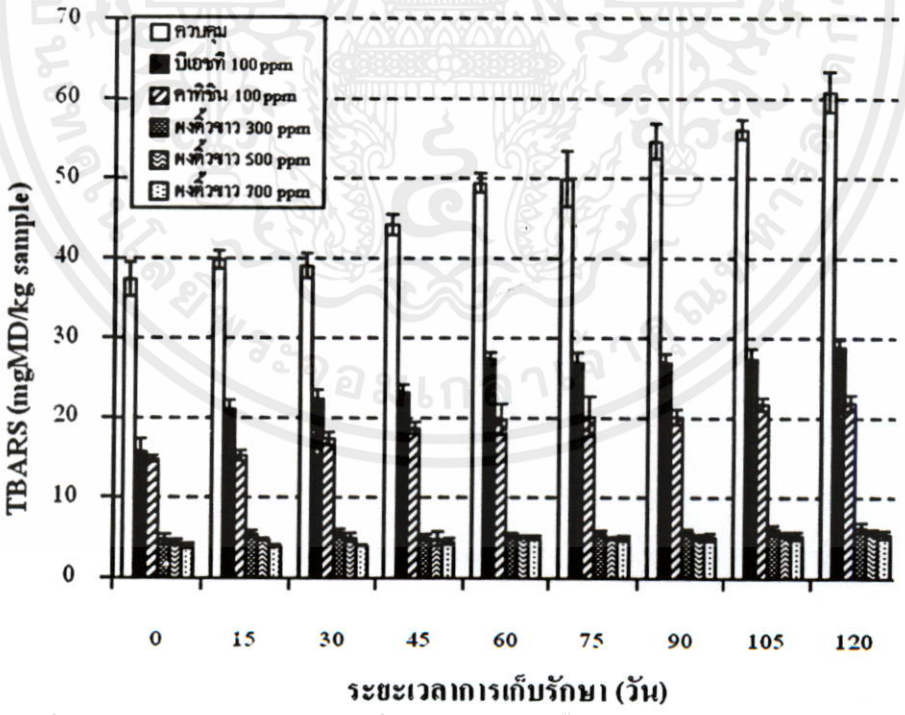
2) อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

การประเมินความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันจากการวิเคราะห์ค่า TBARS ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงพืชความเข้มข้น 300-700 พีพีเอ็ม และสารสกัดจากพืชเข้มข้น 190-450 พีพีเอ็ม แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ปิดผนึก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน โดยการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 15 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

- ติ้วขาว

ค่า TBARS ในระหว่างเก็บรักษาแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่า ค่า TBARS ของตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมผงพืชในวันที่ 0 และมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา 120 วัน แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ของตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมสารกันหืนทั้ง 2 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสมีอัตราที่ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.6) โดยมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเท่ากับ 60.77±2.57, 28.86±0.98 และ 21.88±1.03 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า การใช้คาทิชินให้ผลดีกว่าบีเอชที ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเช่นกัน การออกซิเดชันของไขมันสามารถเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะหากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น (initiation) แล้วจะสามารถเกิดปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวน (propagation) ได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย (Kobus-Cisowska และคณะ, 2010) ดังนั้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จึงเป็นเพียงการชะลอปฏิกิริยาเท่านั้น (นิธิยา, 2544)

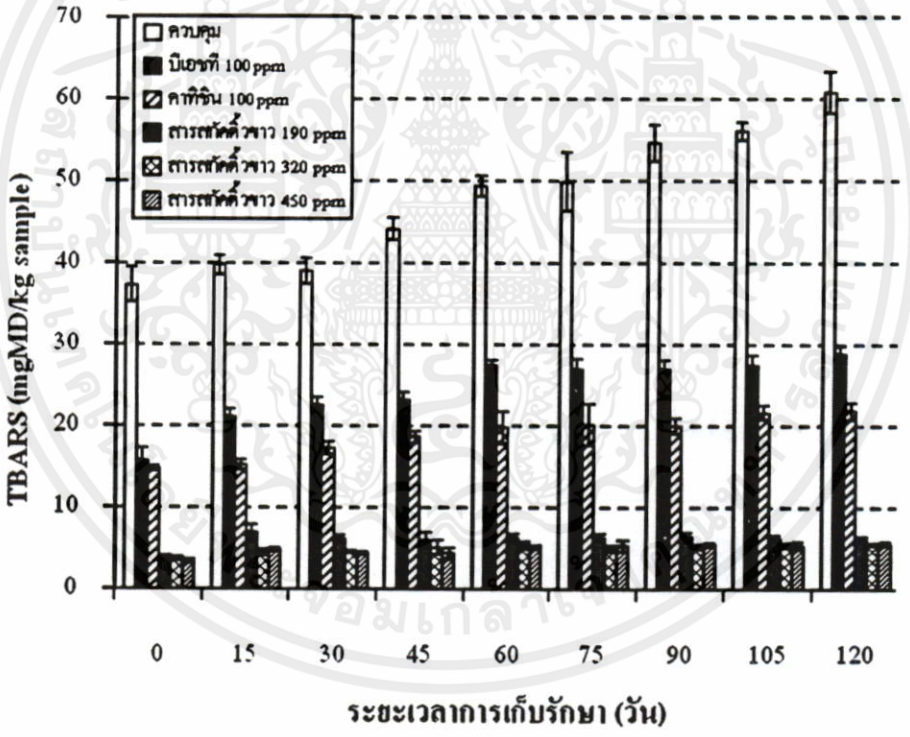


ภาพที่ 4.6 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการเติมผงติ้วขาวสามารถยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยพบการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เพียงเล็กน้อย หรือจาก 4.04-4.77 เป็น 5.42-6.31 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของผงติ้วขาวจาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.5$) (ภาพที่ 4.6) อย่างไรก็ตาม การเติมผงติ้วขาวเข้มข้น 0300 พีพีเอ็ม ก็มีประสิทธิภาพเพียงพอในการยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูปรุงสุกที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าว

สำหรับความสามารถในการยับยั้งออกซิเดชันของไขมัน ของสารสกัดติ้วขาวให้ผลเช่นเดียวกับผงติ้วขาว (ภาพที่ 4.7) โดยพบว่า สารสกัดติ้วขาวสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีในทุกความเข้มข้น แต่มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันในทุกๆความเข้มข้นที่ทดสอบ ดังนั้น การเติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูปรุงสุกที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 วันได้



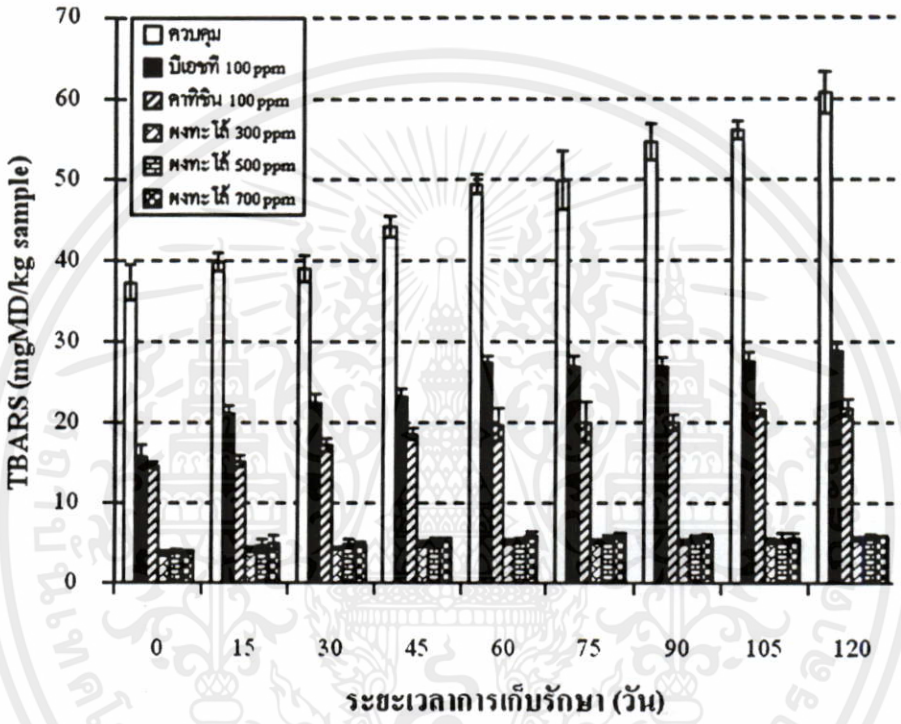
ภาพที่ 4.7 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทะโล้

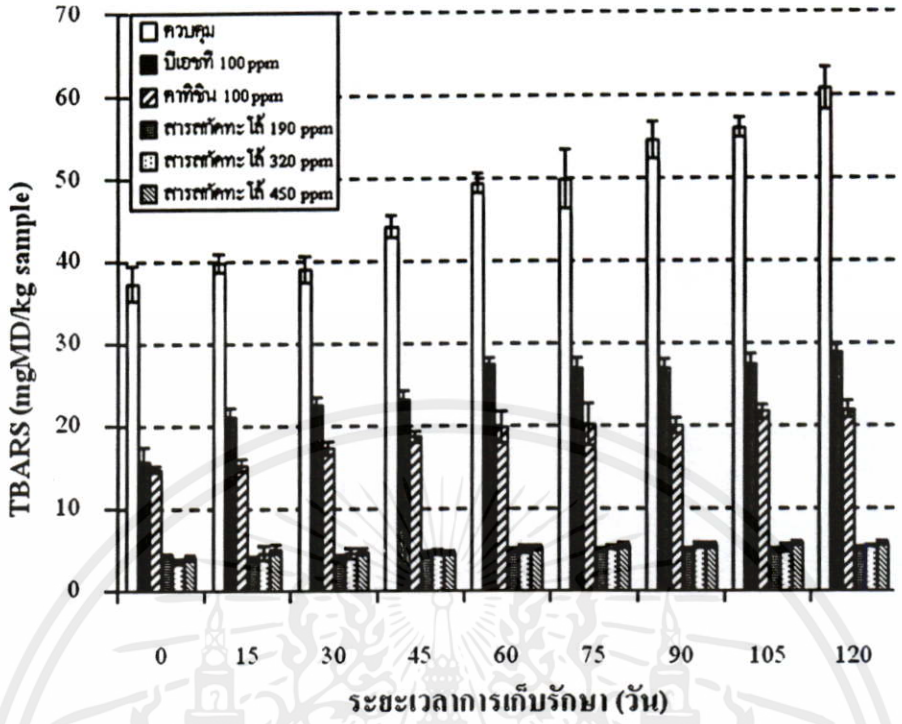
การเติมผงทะโล้ในแพตตี้หมู ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งออกซิเดชันของไขมัน ได้เช่นเดียวกับการทดลองของผงพืชและสารสกัดพืช ทั้งในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน และการเพิ่มปริมาณผงพืชจาก 300 เป็น 700

พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.8) ส่วนการเติมสารสกัดทะโล้ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับการเติมผงทะโล้ และไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละความเข้มข้น ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.9) ดังนั้น การเติมผงทะโล้ 300 พีพีเอ็มหรือสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูปรุงสุกที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวได้



ภาพที่ 4.8 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดทะโล้เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

การประเมินความสามารถในการยับยั้งออกซิเดชันของผงพืชทั้ง 2 ชนิด ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน (ตารางที่ 4.17) พบว่า การเติมผงติ้วขาวมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS อยู่ระหว่าง 1.38-1.54 มิลลิกรัมมาโลน-ไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ในขณะที่การเติมสารสกัดติ้วขาวมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นระหว่าง 1.84-2.28 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการเติมผงทะโล้ในแพตตี้หมูให้ผลให้ทิศทางตรงกันข้าม โดยการเติมสารสกัด และผงทะโล้มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 0.7-1.81 และ 1.82-2.03 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน จากผลการทดลองแสดงว่า การเติมพืชทั้ง 2 ชนิด ไม่ว่าจะอยู่ในรูปผงพืช หรือสารสกัดจากพืชนั้น ให้ผลเช่นเดียวกัน และการเติมผงพืชและสารสกัดพืชที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ ที่ระดับ 300 และ 190 พีพีเอ็มตามลำดับ จะให้ผลให้การยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ดีในการเก็บแพตตี้หมูปรุงสุกที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.77±0.66$^{c, A}$	4.38±0.40$^{d, B}$	4.04±0.33$^{e, B-D}$	3.76±0.29$^{e, CD}$	4.00±0.26$^{e, C-E}$	3.89±0.21$^{e, E}$	3.93±0.28$^{c, C-E}$	3.72±0.19$^{d, B-D}$	3.36±0.23$^{d, CD}$	4.36±0.13$^{c, C-E}$	3.62±0.32$^{d, DE}$	4.11±0.34$^{e, BC}$
15	5.45±0.40$^{cd, B}$	4.84±0.18$^{cd, B-D}$	3.99±0.18$^{e, E}$	4.18±0.35$^{d, A}$	4.76±0.82$^{b, C-E}$	5.10±0.8$^{cd, B-D}$	6.91±1.01$^{a, DE}$	4.52±0.38$^{c, B-D}$	4.87±0.28$^{bc, BC}$	3.89±0.31$^{c, E}$	4.60±0.91$^{c, CD}$	5.07±0.57$^{bc, BC}$
30	5.61±0.49$^{b-c, B}$	5.00±0.55$^{bc, C}$	4.06±0.13$^{e, E}$	4.36±0.15$^{d, A}$	4.95±0.49$^{b, CD}$	4.91±0.30$^{d, C-E}$	6.25±0.45$^{ab, DE}$	4.61±0.23$^{bc, C}$	4.49±0.17$^{c, C}$	4.02±0.36$^{c, E}$	4.56±0.58$^{c, CD}$	4.73±0.39$^{cd, CD}$
45	5.06±0.38$^{d-e, B-D}$	4.89±0.94$^{b-d, B-D}$	4.57±0.40$^{b, CD}$	4.88±0.41$^{c, A}$	5.24±0.48$^{ab, B-D}$	5.42±0.29$^{bc, D}$	6.02±0.94$^{b, B-D}$	5.13±0.87$^{ab, BC}$	4.42±0.68$^{c, AB}$	4.51±0.37$^{b, CD}$	4.70±0.36$^{bc, B-D}$	4.64±0.30$^{d, B-D}$
60	5.24±0.34$^{c-e, BC}$	5.16±0.17$^{bc, BC}$	5.02±0.24$^{a, BC}$	5.16±0.28$^{bc, A}$	5.36±0.31$^{ab, B}$	6.11±0.39$^{a, BC}$	6.37±0.46$^{ab, BC}$	5.44±0.46$^{a, B}$	5.18±0.25$^{ab, A}$	4.82±0.34$^{ab, C}$	5.03±0.41$^{a-c, BC}$	5.14±0.29$^{bc, BC}$
75	5.60±0.38$^{b-d, BC}$	4.94±0.14$^{bc, D}$	5.01±0.35$^{a, D}$	5.28±0.23$^{ab, A}$	5.60±0.47$^{a, D}$	6.05±0.31$^{a, CD}$	6.35±0.42$^{ab, CD}$	5.02±0.45$^{a-c, BC}$	5.33±0.66$^{ab, AB}$	4.97±0.29$^{a, D}$	5.22±0.21$^{ab, CD}$	5.51±0.28$^{ab, C}$
90	5.79±0.30$^{a-c, B}$	5.12±0.33$^{bc, CD}$	5.12±0.43$^{a, CD}$	5.13±0.31$^{bc, A}$	5.67±0.28$^{a, CD}$	5.86±0.23$^{ab, BC}$	6.43±0.54$^{ab, B}$	5.24±0.30$^{a, B}$	5.55±0.24$^{a, CD}$	5.05±0.21$^{a, D}$	5.53±0.31$^{a, BC}$	5.51±0.37$^{ab, BC}$
105	6.07±0.59$^{ab, AB}$	5.43±0.31$^{ab, C}$	5.29±0.46$^{a, CD}$	5.31±0.30$^{ab, A}$	5.62±0.67$^{a, C}$	5.76±0.54$^{ab, CD}$	6.31±0.33$^{ab, CD}$	5.47±0.31$^{a, BC}$	5.40±0.43$^{a, BC}$	4.85±0.33$^{ab, D}$	5.24±0.47$^{ab, CD}$	5.78±0.27$^{a, BC}$
120	6.31±0.52$^{a, A}$	5.76±0.27$^{a, C-E}$	5.42±0.44$^{a, E}$	5.62±0.26$^{a, AB}$	5.82±0.31$^{a, C-E}$	5.92±0.11$^{ab, C-E}$	6.21±0.36$^{ab, C-E}$	5.56±0.19$^{a, CD}$	5.58±0.24$^{a, BC}$	5.06±0.23$^{a, F}$	5.43±0.14$^{a, DE}$	5.73±0.23$^{a, C-E}$

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

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

4.3.2.2 ค่า *p*-Av

การวิเคราะห์ออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av เป็นการวัดสารกลุ่มอัลดีไฮด์จำพวก 2-อัลคีนาล และ 2,4- ไดอีนาล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Aruoma และ Cuppet, 2001) เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี ซึ่งมีความไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยาสูง และเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดการแตกตัวเป็นคาร์บอร์นิล และในขณะที่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวออกซิเจนสามารถสร้างกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยตัวเอง 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 สำหรับการทดสอบการหืนของแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดจากพืช ได้ทดลองเก็บไว้ที่ อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

1) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ความสามารถในการยับยั้งการหืนในแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชทั้ง 2 ชนิด จากการวิเคราะห์ค่า *p*-Av ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

- ติ้วขาว

ผลการทดลองในวันที่ 0 พบว่า ค่า *p*-Av ของตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที คาทิชิน และ ติ้วขาว มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า *p*-Av อยู่ระหว่าง 3.63±0.19 ถึง 5.13±0.36 (ภาพที่ 4.10) ซึ่งแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ค่า TBARS ที่พบว่า ตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีทีเอช และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมพืชอย่างมาก (14.77±0.38 5 ถึง 37.34±2.15 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่แตกต่างกัน ซึ่งทั้ง 2 วิธีเป็นการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนเหมือนกัน โดยวิธี TBARS เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ส่วนวิธี *p*-Av วิเคราะห์สารกลุ่มอัลดีไฮด์ จำพวก 2-อัลคีนาล (2-alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงกว่า จึงอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแตกต่างกัน

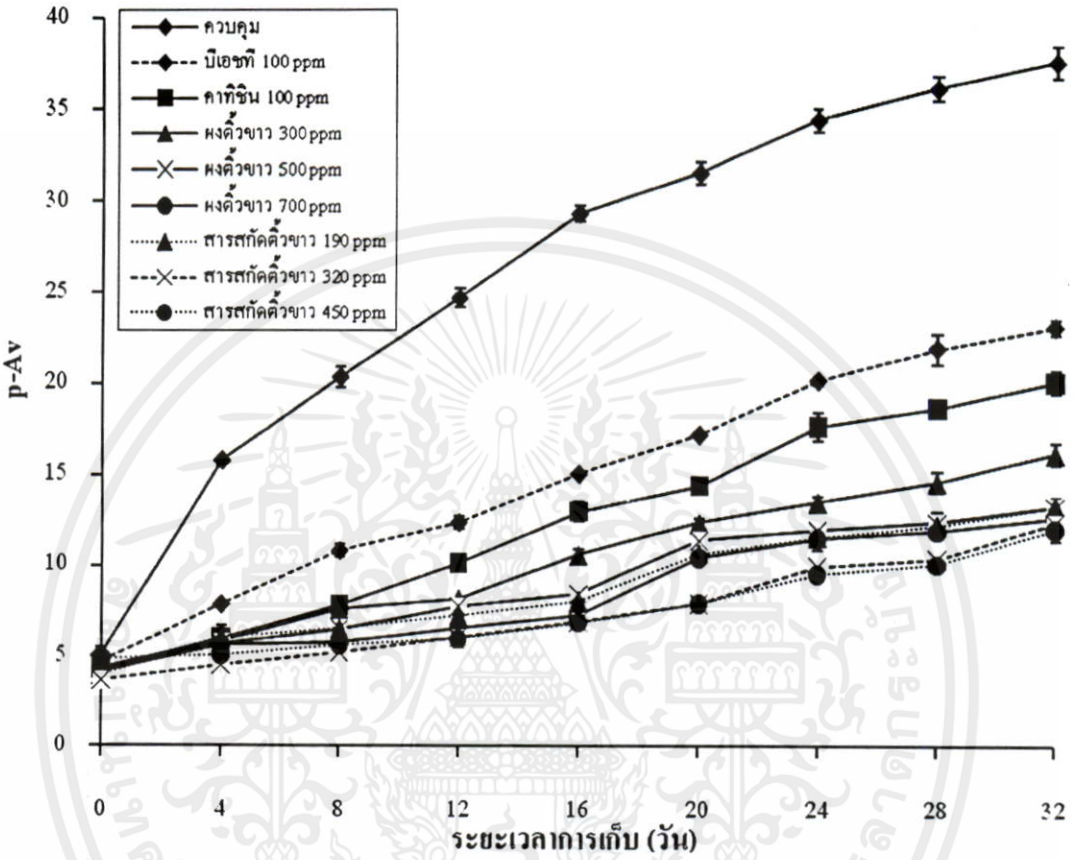
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นและสูงกว่าแพตตี้หมูตัวอย่างอื่นๆ โดยมีค่า *p*-Av เท่ากับ 37.42±0.85 ในวันที่ 32 (ภาพที่ 4.10) แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้สามารถใช้ตรวจสอบการหืนในตัวอย่างแพตตี้หมูปรุงสุกได้ นอกจากนี้ยังพบว่า แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า TBARS ที่บีทีเอชมีศักยภาพต่ำกว่าคาทิชิน สำหรับแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว พบว่า ค่า *p*-Av ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างวันที่ 0-8 กับแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ($p>0.05$) แต่ในวันที่ 12 (ภาพที่ 4.10) พบว่า ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินจะเพิ่มสูงกว่าและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว อีกทั้งพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การเติมพืชในแพตตี้หมูสามารถชะลอการหืนได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชิน ซึ่งการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อาจเนื่องมาจากโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในติ้วขาวทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นแรก และป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ขั้นต่อเนื่องของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระนี้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างฟีนอลิกหรือองค์ประกอบภายในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก (Pereira de Abreu และคณะ, 2010)

จากผลการทดลอง (ภาพที่ 4.10) พบว่า การเติมพืชทั้งรูปของผงพืชและสารสกัดพืชลงในแพตตี้หมู สามารถชะลอการหืนได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น การเติมผงติ้วขาวเข้มข้น 300 พีพีเอ็มที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av สูงกว่าในวันที่ 16 ส่งผลให้มีแนวโน้มการหืนสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมผงพืชที่ความเข้มข้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในผงติ้วขาวอาจถูกใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ หรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ตลอดจนเสื่อมสลายในระหว่างการเก็บรักษา จนทำให้ความสามารถในการต้านการหืนของไขมันลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณผงติ้วขาวจาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีขึ้น แต่การเติมผงติ้วขาว 500 และ 700 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการเติมในรูปสารสกัดติ้วขาวลงในแพตตี้หมูนั้นให้ผลเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มปริมาณสารสกัดจาก 190 เป็น 450 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ได้ แต่สามารถยับยั้งได้ดีกว่าเล็กน้อยเท่านั้น และไม่มีความแตกต่างของเส้นแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่า การเติมสารสกัดติ้วขาวมีผลทำให้เส้นแนวโน้มการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่าการเติมในรูปผงพืชที่ความเข้มข้นเดียวกัน และการเติมผงติ้วขาวที่ระดับ 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเทียบเท่าการเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 190 พีพีเอ็มในแพตตี้หมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมผงติ้วขาว 500 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก สามารถชะลอการหืนของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที หรือคาทิชิน 100 พีพีเอ็ม



ภาพที่ 4.10 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

- ทะโล้

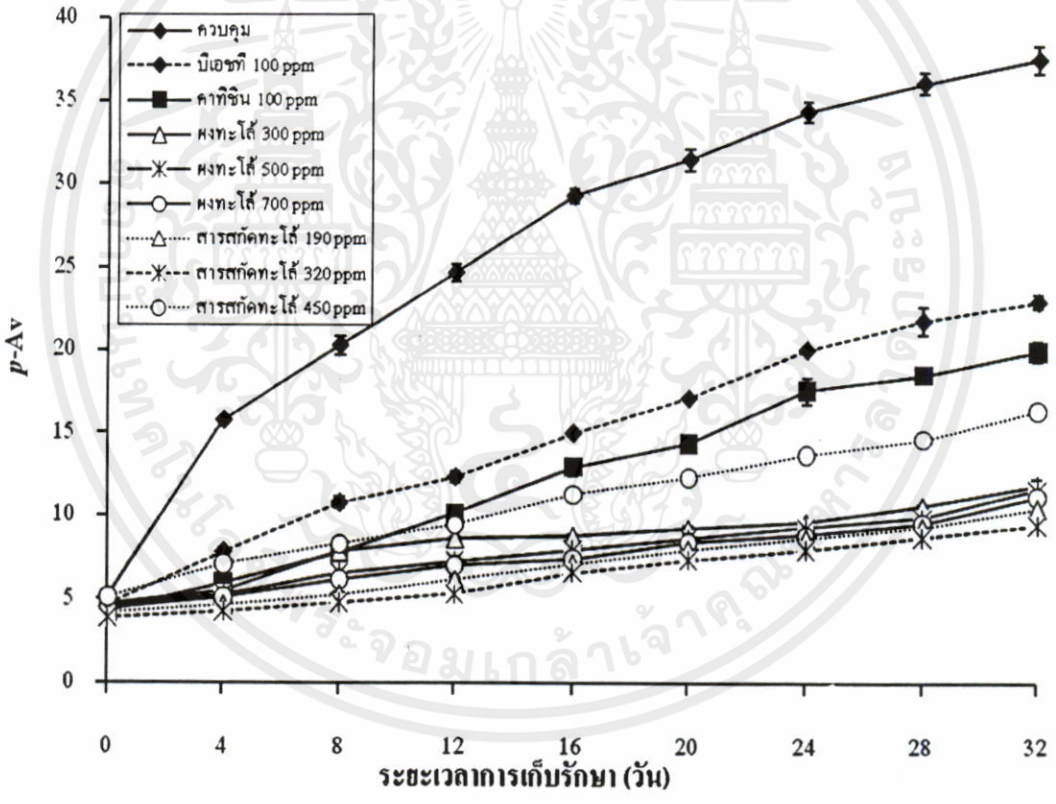
ผลการทดลองในการเติมผงและสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูให้ผลเช่นเดียวกับติ้วขาว โดยพบว่า การเติมทะโล้ทั้ง 2 รูปแบบสามารถชะลอการเกิดค่า *p*-Av ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และ คาทิชิน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.11) แต่การเติมพืชในแพตตี้หมูจะให้ผลที่แตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม

การเพิ่มปริมาณผงทะโล้จาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av โดยมีค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นเป็น 11.17-11.88 ในระหว่างการเก็บรักษา 32 วัน (ภาพที่ 4.11) แสดงว่า การเติมผงทะโล้ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีประสิทธิภาพในการชะลอการหืนเท่ากัน ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มปริมาณสารสกัดทะโล้จาก 190 เป็น 320 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

450 พีพีเอ็ม ส่งผลให้ค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นเป็น 10.50, 9.51 และ 16.38 ตามลำดับ และการเติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av แตกต่างจากการเติมสารสกัดทะโล้ 190 และ 320 พีพีเอ็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดทะโล้เป็น 450 พีพีเอ็ม ส่งผลต่อการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากการสกัดเป็นการแยกสารสำคัญทำให้สารมีความเข้มข้นสูง จนอาจแสดงสมบัติเป็นโปรออกซิแดนซ์ได้ นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจาก การเติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นสูงๆ หรือลักษณะของไอออนของโลหะทรานส์ อาจเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วขึ้น (Simic และคณะ, 2007)

จากผลการทดลอง การเติมผงทะโล้ 300 พีพีเอ็มหรือสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก สามารถชะลอการหืนของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีทีเอช หรือคาทิชิน 100 พีพีเอ็ม



ภาพที่ 4.11 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ประสิทธิภาพในการต้านการหืนของไขมันด้วยวิธี *p*-Av พบว่า ผงทะโล้และสารสกัดทะโล้มีแนวโน้มการต้านการหืนได้ดีกว่าการใช้ติ้วขาวในรูปแบบและความเข้มข้นเดียวกัน ยกเว้น การใช้สารสกัดทะโล้เข้มข้น 450 พีพีเอ็มที่มีผลให้การยับยั้งต่ำกว่าสารสกัดติ้วขาวที่ความเข้มข้นดังกล่าว (ตารางที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

ตารางที่ 4.18 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.36±0.29^{I,C}	4.24±0.10^{I,CD}	4.13±0.08^{h,D}	4.77±0.03^{h,B}	4.63±0.05^{i,B}	4.42±0.04^{i,C}	3.93±0.20^{h,E}	3.63±0.19^{i,F}	4.82±0.16^{g,B}	4.21±0.05^{i,CD}	3.89±0.15^{i,E}	5.14±0.05^{i,A}
4	5.82±0.17^{h,BC}	5.71±0.08$^{h,B-C}$	5.58±0.12^{g,CD}	5.54±0.13^{g,CD}	5.35±0.05^{h,DE}	5.13±0.01^{h,E}	6.04±0.65^{g,B}	4.51±0.23^{h,FG}	5.05±0.28^{g,E}	4.68±0.01^{h,F}	4.28±0.03^{h,G}	7.12±0.10^{h,A}
8	7.56±0.27^{g,B}	6.48±0.17^{g,C}	5.78±0.87^{g,D}	7.88±0.40^{f,B}	6.57±0.13^{g,C}	6.21±0.07^{g,C}	6.51±0.39^{g,C}	5.21±0.05^{g,EF}	5.60±0.50^{f,DE}	5.32±0.10^{g,E}	4.83±0.11^{g,E}	8.33±0.17^{g,A}
12	8.13±0.03^{f,C}	7.72±0.46^{f,D}	6.54±0.18^{f,F}	8.66±0.10^{e,B}	7.31±0.01^{f,E}	7.04±0.05^{f,E}	7.24±0.06^{f,E}	6.00±0.56^{f,G}	5.92±0.12^{f,G}	6.19±0.13^{f,G}	5.32±0.00^{f,H}	9.47±0.11^{f,A}
16	10.57±0.34^{e,B}	8.40±0.20^{e,D}	7.25±0.29^{e,F}	8.80±0.08^{e,C}	7.96±0.17^{e,E}	7.44±0.00^{e,F}	8.02±0.33^{e,E}	6.87±0.12^{e,GH}	6.83±0.23^{e,GH}	7.13±0.14^{e,FG}	6.61±0.10^{e,H}	11.30±0.30^{e,A}
20	12.32±0.23^{d,A}	11.37±0.21^{d,B}	10.39±0.1^{d,D}	9.26±0.14^{d,E}	8.65±0.11^{d,F}	8.39±0.12^{d,F}	10.66±0.12^{d,C}	7.85±0.28^{d,G}	7.83±0.35^{d,G}	8.00±0.14^{d,G}	7.38±0.13^{d,H}	12.30±0.25^{d,A}
24	13.44±0.30^{c,A}	11.91±0.21^{c,B}	11.45±0.19^{c,C}	9.63±0.13^{c,DE}	9.30±0.24^{c,E}	8.83±0.04^{c,F}	11.56±0.72^{c,C}	9.90±0.08^{c,D}	9.46±0.25^{c,E}	8.66±0.04^{c,F}	7.98±0.06^{c,G}	13.69±0.12^{c,A}
28	14.53±0.57^{b,A}	12.33±0.58^{b,B}	11.86±0.38^{b,C}	10.62±0.08^{b,D}	9.92±0.10^{b,EF}	9.59±0.02^{b,FG}	12.20±0.60^{b,BC}	10.29±0.44^{b,DE}	10.00±0.18^{b,EF}	9.35±0.07^{b,G}	8.74±0.25^{b,H}	14.65±0.00^{b,A}
32	16.06±0.57^{a,A}	13.18±0.54^{a,B}	12.60±0.37^{a,C}	11.88±0.34^{a,D}	11.60±0.25^{a,D}	11.17±0.20^{a,E}	13.24±0.17^{a,B}	12.29±0.30^{a,C}	11.93±0.65^{a,D}	10.50±0.28^{a,F}	9.51±0.16^{a,G}	16.38±0.02^{a,A}

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

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

2) อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

การประเมินความสามารถในการต้านการหืนของ ไขมันในแพตตี้หมูปรุงสุก ด้วยวิธี *p*-Av ของผงพืชความเข้มข้น 300-700 พีพีเอ็ม และสารสกัดพืชที่ความเข้มข้น 190-450 พีพีเอ็ม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

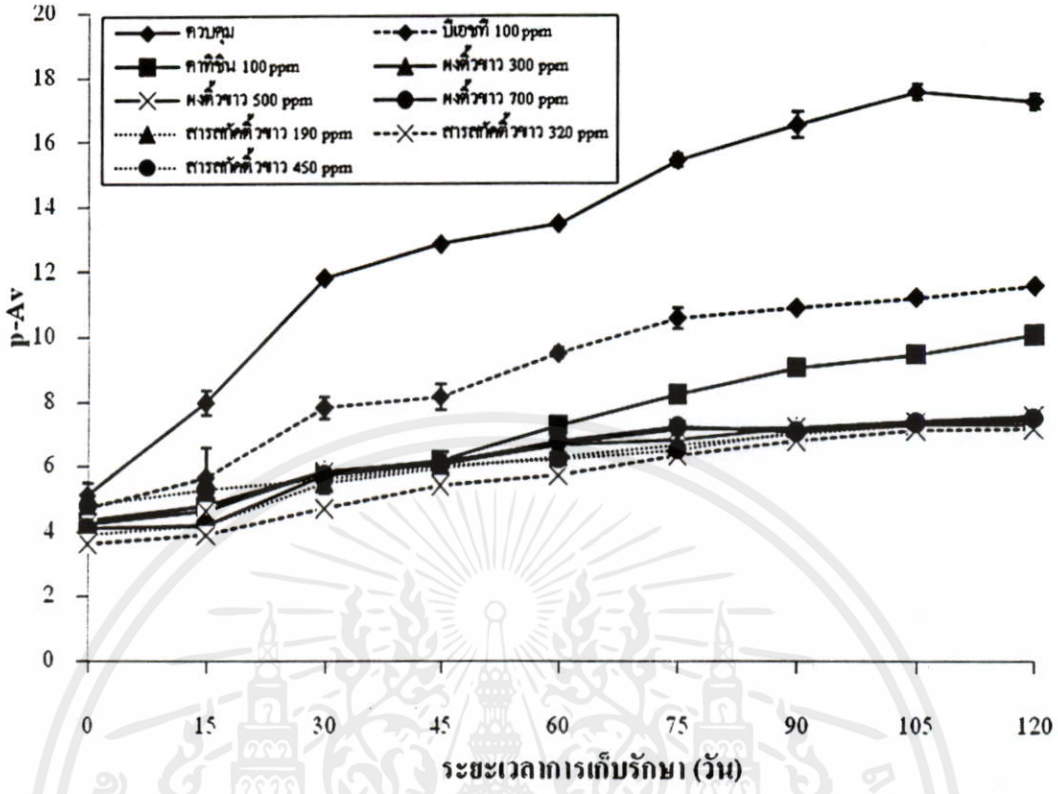
- ติ้วขาว

ผลการทดลองให้ผลสอดคล้องกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่า ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูทุกตัวอย่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษา 120 วัน และแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวทั้ง 2 รูปแบบในทุกความเข้มข้น มีค่า *p*-Av ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และเติมคาทิชิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (120 วัน) มีค่า *p*-Av ต่ำกว่า การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (32 วัน) เป็นอย่างมาก โดยมีค่า *p*-Av ของแพตตี้ที่เติมสารสกัดจากพืชอยู่ระหว่าง 7.17-7.56 และ 11.93-16.06 ตามลำดับ แสดงว่า การลดอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา สามารถลดการเกิดออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหารได้

ผลการวิเคราะห์ค่า *p*-Av ในแพตตี้หมูที่เติมพืช และคาทิชิน พบว่า ค่า *p*-Av มีค่าไม่แตกต่างกันในช่วง 0-45 วัน การเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ในแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินปริมาณเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่าค่า *p*-Av ในแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวในวันที่ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4.12 พบว่า ตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที มีค่า *p*-Av สูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน และแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวอย่างชัดเจน ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ ยังพบว่า ในช่วง 45 วันแรกของการเก็บรักษา ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าให้เห็นว่า ผงติ้วขาวมีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ในแพตตี้หมูที่อุณหภูมินี้นาน 45 วัน และหลังจากวันที่ 45 พบว่า การเติมผงติ้วขาวในแพตตี้หมูสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของสารกลุ่มอัลดีไฮด์ได้ดีกว่าคาทิชิน 100 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

เมื่อเปรียบเทียบค่า *p*-Av ของการเติมผงติ้วขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูได้ดีที่สุด คือ การเติมผงติ้วขาวความเข้มข้น 700 พีพีเอ็ม โดยมีค่า *p*-Av วันสุดท้ายของการเก็บรักษา เท่ากับ 7.27±0.06 แต่อย่างไรก็ตาม การเติมผงติ้วขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า *p*-Av ของแพตตี้หมู ตลอดการเก็บรักษา120 วัน ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดลอง พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวแต่ละความเข้มข้น มีค่า *p*-Av ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า *p*-Av ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เท่ากับ 7.42±0.02, 7.56±0.02 และ 7.27±0.06 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถเติมผงติ้วขาวที่ระดับความเข้มข้นใดก็ได้ในแพตตี้หมู เพื่อให้มีค่า *p*-Av ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน

สำหรับผลของการเติมสารสกัดติ้วขาวในแพตตี้หมู ที่มีต่อค่า *p*-Av แสดงผลดังภาพที่ 4.12 พบว่า การเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น มีผลทำให้ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 120 วัน เช่นเดียวกับการเติมผงติ้วขาว แต่จะเห็นได้ว่า ในช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษา แพตตี้หมูที่เติม สารสกัดติ้วขาว 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av สูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ดังนั้นแสดง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือการกระทำอื่นใดที่ละเมิดลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ว่า สารสกัดติ้วขาวเริ่มมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดสารอัลดีไฮด์ในแพตตี้หมูได้ดีกว่าคาทิชิน เมื่อแพตตี้หมูมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 วันเป็นต้นไป และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการชะลอการเกิดสารอัลดีไฮด์ในแพตตี้หมู ด้วยวิธี *p*-Av ของ สารสกัดติ้วขาวที่เติมในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาวทุกระดับความเข้มข้นมีค่า *p*-Av ในระหว่างเก็บรักษา อยู่ระหว่าง 3.63-7.49 โดยในวันแรกของการเก็บรักษา แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av เท่ากับ 4.82±0.16 ซึ่งสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 320 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยมีค่า *p*-Av เท่ากับ 3.93±0.20 และ 3.63±0.19 ตามลำดับ

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาวแต่ละความเข้มข้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 120 วัน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การเติมสารสกัดติ้วขาว 320 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.17±0.08 ดังนั้นแสดงว่า การเติมสารสกัดติ้วขาว 320 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีที่สุด นอกจากนี้ การเติมสารสกัดติ้วขาวยังให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ได้ดีกว่าการเติมบีเอชที และคาทิชินในแพตตี้หมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 120 วันได้อีกด้วย

จากการทดลอง พบว่า ตัวอย่างที่เติมติ้วขาวทั้ง 2 รูปแบบ มีค่า *p*-Av ในระหว่างเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 3.63-4.82 ซึ่งการเติมติ้วขาวทั้งในรูปแบบบดเป็นผงหรือในรูปสารสกัดเข้มข้นสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที (ภาพที่ 4.12) ส่วนแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่า *p*-Av ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับตัวอย่างที่เติมติ้วขาว ใน 45 วันแรกของการเก็บรักษา แต่ภายหลังจากนั้น แพตตี้หมูที่เติมคาทิชินมีค่า *p*-Av สูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาว และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ของผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ค่า *p*-Av ของตัวอย่างที่เติมติ้วขาวทั้งรูปแบบบดเป็นผงและสารสกัดเข้มข้น มีค่าเท่ากับ 4.13-4.36 และ 3.63-4.82 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า การเติมผงติ้วขาวมีค่า *p*-Av สูงกว่าการเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น ดังนั้นแสดงว่า สารสกัดติ้วขาวเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดสารอัลดีไฮด์ตั้งแต่เริ่มต้นผลิตแพตตี้หมูได้ดีกว่าผงติ้วขาว เนื่องจาก ในกระบวนการสกัดและทำให้เข้มข้น สามารถสกัดสารสำคัญที่ทำหน้าที่ในยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมันได้ดี ซึ่งมีการให้ความร้อนร่วมในการสกัดด้วย อย่างไรก็ตาม ในการทดลองพบว่า การเติมสารสกัดติ้วขาว 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av สูงกว่าตัวอย่างที่เติมผงติ้วขาว ดังนั้นแสดงว่า การสกัดพืชมีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.12 จะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แพตตี้หมูทุกตัวอย่าง มีแนวโน้มของค่า *p*-Av เพิ่มขึ้น โดย แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 320 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av ต่ำที่สุด แสดงว่า การเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 320 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดสารอัลดีไฮด์ในแพตตี้หมูปรุงสุก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม การเติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม ก็เพียงพอต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินได้ โดยมีค่า *p*-Av ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมถึง 2.32 เท่า และต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชทีและแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน 1.56 เท่า และ 1.35 เท่า ตามลำดับ

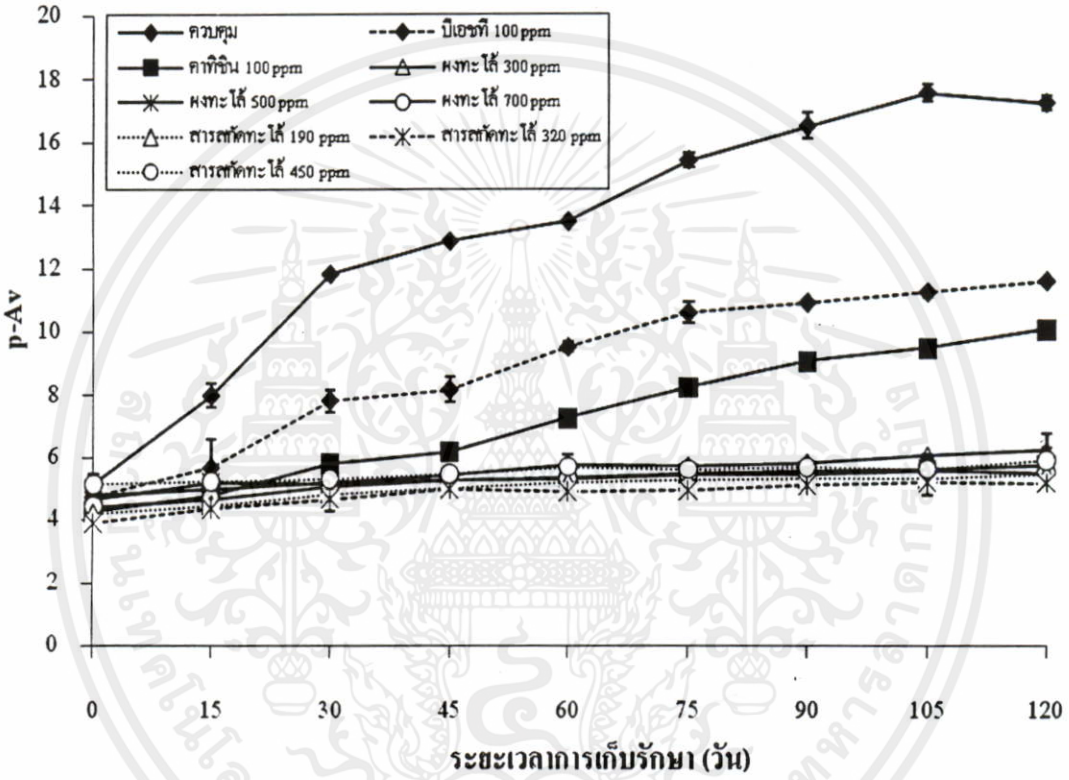
- ทะโล้

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ของผงทะโล้ แสดงดังภาพที่ 4.13 โดยในวันที่ 0 และวันที่ 15 ของการเก็บรักษาแพตตี้หมู พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ความเข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av เท่ากับ 4.77-4.96 และ 4.63-5.18 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ที่มีค่า *p*-Av เท่ากับ 4.27-4.78 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า คาทิชินมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดสารอัลดีไฮด์ในระหว่างการเก็บรักษาแพตตี้หมูปรุงสุกที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าตัวอย่างที่เติมผงทะโล้เข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 15 วัน และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่าแนวโน้มค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา โดยตัวอย่างที่เติมผงทะโล้ความเข้มข้น 300 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av ในระหว่างเก็บรักษาสูงกว่าที่ระดับ 500 และ 700 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่า *p*-Av เท่ากับ 6.20±0.57, 5.74±0.11 และ 5.49±0.04 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงว่า ประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ของผงทะโล้ ขึ้นกับความเข้มข้นของผงทะโล้ที่เติมด้วย ซึ่งถ้าเติมผงทะโล้ในปริมาณมาก ประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av สูงตามด้วย อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นที่ระดับ 300 พีพีเอ็ม เป็นความเข้มข้นต่ำสุด ที่สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วย วิธี *p*-Av ในแพตตี้หมูได้ดีกว่าการเติมบีเอชทีและคาทิชิน ตลอดการเก็บรักษา 120 วัน

สำหรับค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ พบว่า ให้ผลแตกต่างจากการเติมผงทะโล้ โดยแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม มีความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ได้สูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินในช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 4.13) นอกจากนี้ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 190 และ 320พีพีเอ็ม ตามลำดับ มีค่า *p*-Av ในวัน 120 เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.89±0.40, 5.45±0.17 และ 5.17±0.03 ตามลำดับ แสดงว่า ประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ไม่ได้แปรผันตามความเข้มข้นของสารสกัดทะโล้ที่เติมในแพตตี้หมู อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของสารกันหืนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสารต้านการหืนด้วย (Juntachote และคณะ, 2007) ดังนั้น การเติมสารสกัดทะโล้ที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม ก็สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีกว่าการเติมบีเอชที และคาทิชน



ภาพที่ 4.13 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

จากภาพที่ 4.13 พบว่า การเติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูปรุงสุกสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม ที่มีค่า *p*-Av มากกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินในวันที่ 0 และ 15 มีค่า *p*-Av เท่ากับ 5.14±0.05 และ 5.22±0.12 ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av ต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นแสดงว่าสารสกัดทะโล้เข้มข้น 450 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ไขมันด้วยวิธี *p*-Av ในแพตตี้หมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ระหว่างการเติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมู พบว่าตลอดการเก็บรักษาทั้ง 120 วัน แพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ มีค่า *p*-Av อยู่ในช่วง 4.22-6.20 ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ มีค่า *p*-Av ระหว่าง 3.89-5.89 แสดงว่า การเติมสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูได้ดีกว่าการเติมผงทะโล้ อย่างไรก็ตาม นอกจากรูปแบบของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชที่เติมจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วย วิธี *p*-Av แล้ว ยังขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นหรือปริมาณสารสำคัญที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชด้วย

การประเมินความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ของ ติ้วขาวและทะโล้ทั้งในรูปแบบบดเป็นผงและสารสกัดเข้มข้น แต่ละระดับความเข้มข้น พบว่า ทะโล้ทั้งแบบบดเป็นผงและสารสกัดเข้มข้น มีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี *p*-Av ได้ดีกว่าติ้วขาว ทุกระดับความเข้มข้น ดังภาพที่ 4.13 โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การเติมทะโล้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า *p*-Av ในระหว่างเก็บรักษาต่ำกว่าการเติมติ้วขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ ค่า *p*-Av ในแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชทั้ง 2 ชนิด พบว่า การวิเคราะห์สารประกอบที่เกิดขึ้น จากการหืนของไขมันด้วยการติดตามค่า TBARS พบการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย มีค่า ระหว่าง 0.7-3.82 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยวิธี *p*-Av พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณมากกว่า ซึ่งความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์นั้นได้อภิปรายไว้ข้างต้นแล้ว แต่จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า การเกิดออกซิเดชันของไขมันเป็นปฏิกิริยาที่ไม่เฉพาะเจาะจง ทำให้ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจวิเคราะห์การหืนของไขมันในหลายๆ วิธี เพื่อเป็นการยืนยันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมทะโล้ในแพตตี้หมูปรุงสุกสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันด้วยการติดตามค่า TBARS และ *p*-Av ได้ดีกว่าการเติมติ้วขาวในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TBARS หรือ anti-TBARS ในข้อ 4.1.2.3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันดังกล่าว เป็นการใช้ระบบอิมัลชันของกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นตัวแทนของไขมันชนิดต่างๆ ในอาหาร ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีไขมันหลากหลายชนิด และประกอบด้วยองค์ประกอบอื่นๆ รวมทั้งมีปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น แสง และ ความร้อน จึงส่งผลให้วิถีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูแตกต่างจากการวิเคราะห์ในหลอดทดลอง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ตารางที่ 4.19 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.36±0.29$^{g, C}$	4.24±0.10$^{h, CD}$	4.13±0.08$^{g, D}$	4.77±0.03$^{f, B}$	4.63±0.05$^{e, B}$	4.42±0.04$^{f, C}$	3.93±0.2$^{h, E}$	3.63±0.19$^{h, F}$	4.82±0.16$^{g, B}$	4.21±0.05$^{e, CD}$	3.89±0.15$^{e, E}$	5.14±0.05$^{d, A}$
15	4.81±0.16$^{f, BC}$	4.64±0.18$^{g, CD}$	4.21±0.11$^{f, F}$	4.96±0.02$^{ef, B}$	5.18±0.23$^{d, A}$	4.67±0.03$^{e, CD}$	4.20±0.14$^{g, F}$	3.89±0.13$^{g, G}$	5.31±0.12$^{f, A}$	4.47±0.09$^{d, DE}$	4.37±0.24$^{d, EF}$	5.22±0.12$^{cd, A}$
30	5.87±0.16$^{e, A}$	5.84±0.27$^{f, A}$	5.76±0.21$^{e, AB}$	5.20±0.28$^{de, D}$	5.13±0.30$^{d, D}$	5.06±0.09$^{d, DE}$	5.49±0.33$^{f, BC}$	4.71±0.19$^{f, F}$	5.63±0.05$^{e, AB}$	4.84±0.06$^{e, EF}$	4.66±0.40$^{e, F}$	5.30±0.34$^{cd, CD}$
45	6.05±0.13$^{d, A}$	6.15±0.16$^{e, A}$	6.11±0.26$^{d, A}$	5.42±0.01$^{d, BC}$	5.25±0.25$^{cd, C}$	5.26±0.05$^{c, C}$	5.96±0.08$^{c, A}$	5.41±0.0$^{e, BC}$	6.04±0.36$^{d, A}$	5.04±0.16$^{bc, D}$	4.97±0.17$^{ab, D}$	5.49±0.15$^{bc, B}$
60	6.66±0.14$^{c, A}$	6.71±0.12$^{d, A}$	6.79±0.09$^{c, A}$	5.76±0.33$^{c, C}$	5.36±0.08$^{b-d, D}$	5.30±0.28$^{bc, D}$	6.32±0.13$^{d, B}$	5.73±0.15$^{d, C}$	6.23±0.05$^{d, B}$	5.20±0.45$^{ab, D}$	4.90±0.04$^{bc, D}$	5.70±0.20$^{ab, C}$
75	6.80±0.02$^{c, B}$	7.15±0.09$^{c, A}$	7.22±0.20$^{ab, A}$	5.73±0.05$^{c, E}$	5.47±0.07$^{a-c, FG}$	5.45±0.06$^{a-c, FG}$	6.68±0.15$^{c, BC}$	6.35±0.12$^{c, D}$	6.52±0.03$^{c, CD}$	5.28±0.21$^{ab, G}$	4.93±0.14$^{ab, H}$	5.62±0.18$^{ab, EF}$
90	7.19±0.11$^{b, A}$	7.18±0.08$^{c, A}$	7.07±0.03$^{b, A}$	5.81±0.05$^{bc, C}$	5.58±0.18$^{ab, DE}$	5.44±0.08$^{a-c, EF}$	6.97±0.02$^{b, AB}$	6.79±0.01$^{b, B}$	7.08±0.17$^{b, A}$	5.32±0.01$^{ab, FG}$	5.11±0.04$^{ab, G}$	5.68±0.22$^{ab, CD}$
105	7.28±0.05$^{ab, AB}$	7.38±0.10$^{b, A}$	7.25±0.03$^{a, AB}$	6.06±0.03$^{ab, C}$	5.62±0.11$^{ab, D}$	5.56±0.05$^{a, D}$	7.27±0.05$^{a, AB}$	7.12±0.01$^{a, B}$	7.36±0.05$^{a, A}$	5.31±0.32$^{ab, E}$	5.19±0.43$^{a, E}$	5.62±0.30$^{ab, D}$
120	7.42±0.02$^{a, ACD}$	7.56±0.02$^{a, A}$	7.27±0.06$^{a, CD}$	6.20±0.57$^{a, E}$	5.74±0.11$^{a, F}$	5.49±0.04$^{ab, G}$	7.31±0.14$^{a, ACD}$	7.17±0.08$^{a, BC}$	7.49±0.03$^{a, A}$	5.45±0.17$^{a, G}$	5.17±0.03$^{ab, H}$	5.89±0.40$^{a, F}$

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

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

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

สารสกัดพืชแห้งด้วยสารระเหยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์จำนวน 22 ชนิด มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.39-2.70 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยสารสกัดพืชที่มีความเข้มข้นสูงสุด ได้แก่ ทะโล้ สารสกัดพืชมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.936-228.7 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยสารสกัดมันปลา มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดพืชพื้นบ้านทั้งหมด 3 วิธี คือ DPPH, 2-DR และ TBARS พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยแต่ละวิธีมีค่าอยู่ในช่วง 0.4858-122.4 ต่อมิลลิกรัม, 0.2498-4.808 และ 0.1300-19.29 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยสารสกัดพืชที่มีความสามารถสูงสุดในแต่ละวิธี คือ สารสกัดมันปลา ผักแปม และติ้วขาว ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันสูงกับวิธี DPPH ($r=0.957$) และมีความสัมพันธ์กับวิธี 2-DR ค่อนข้างต่ำ ($r=0.521$) แสดงว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากพืชส่วนใหญ่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสัมพันธ์กับวิธีการวิเคราะห์ วิธีอื่น($p>0.05$) ดังนั้น สารสกัดพืชแต่ละชนิด จะมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในแต่ละวิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน และควรใช้วิธีการทดสอบหลายวิธีในการประเมินศักยภาพของสารสกัดจากพืช

การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแพตตี้หมูที่เติมผงพืช 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สามารถคัดเลือกพืช 5 ชนิด จากพืชทั้งหมด ที่มีคะแนนความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบสูงที่สุด ได้แก่ เมี่ยงป่า ทะโล้ บอนแบ้ว ส้มจี๊ และติ้วขาว เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า แพตตี้หมูที่เติมบอนแบ้ว เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทั้งในด้านสี กลิ่น และรสชาติใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันร่วมกับการยอมรับทางประสาทสัมผัส สามารถคัดเลือก ติ้วขาวและทะโล้ในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาแพตตี้หมูที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาทำให้พารามิเตอร์สี

ของแพตตี้หมูควบคุมและที่เติมบีเอชที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะค่า L^* และ ΔE โดยเพิ่มสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัด ติ้วขาวและทะโล้ในแพตตี้หมูปรุงสุก และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมผงพืชและสารสกัดพืชทั้ง 2 สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี TBARS ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมแพตตี้หมู โดยมีค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมพืชทั้ง 2 ต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชิน อีกทั้งยังสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ได้ดีกว่าในทุกความเข้มข้นในทุกอุณหภูมิที่ศึกษา ส่วนค่า *p*-Av นั้นพบว่ามีค่าเริ่มต้นใกล้เคียงกัน และการเติมสารสกัดพืชให้ผลเช่นเดียวกับค่า TBARS นอกจากนี้ยังพบว่า ทะโล้มีแนวโน้มชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าติ้วขาวทั้งในรูปแบบผง และสารสกัดที่ความเข้มข้นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ส่วนความเข้มข้นที่สามารถใช้ชะลอการหืนของแพตตี้หมู ของพืชในรูปแบบผง และสารสกัด คือ 300 และ 190 พีพีเอ็ม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเติมผงพืชทำให้แพตตี้หมูมีสีเขียวคล้ำหรือมีกลิ่นเหม็นเขียวของพืช ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านประสาทสัมผัส ดังนั้นเพื่อให้ผู้ทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสมากขึ้น อาจเติมเครื่องเทศเพื่อดับกลิ่นให้กับผลิตภัณฑ์ หรือสกัดสารสำคัญจากพืชออกมาใช้เติมหรือจุ่มเคลือบผลิตภัณฑ์ เพื่อลดสีหรือกลิ่นเฉพาะของพืช

5.2.2 การทดลองนี้มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ ซึ่งแม้ว่า ตรวจสอบไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเฉพาะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน แต่ผลิตภัณฑ์อาจเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ เนื่องจาก มีสี กลิ่นและลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงควรทดสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาเพิ่มเติม

5.2.3 การเติมพืชพื้นบ้านในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อื่นๆ เช่น ไส้อั่ว ไส้ขนมจีบ และไส้ซาลาเปา เป็นต้น อาจช่วยยับยั้งการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา กาวีวงศ์. 2544. **"การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงจากปลา: การใช้เครื่องเทศเป็นสารกันหืน."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ก่องกานดา ชยามฤต. 2540. **สมุนไพรไทย ตอนที่ 6**. ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าสำนักวิชาการป่าไม้กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ : ไดมอนด์ พริ้นติ้ง.

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

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2551. **การปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nsru.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less12_5.html.

ณฐนนท์ ตราชู. 2545. "กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดพุงทะลาย ขิง และผลส้มแขก." รายงานวิจัยประจำปี คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ. 2547. **พืชผักผลไม้ไทยมีคุณค่าเป็นทั้งอาหารและยา ตอน "ผักชี"**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio46-47/46-470027.htm.

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

นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชนา เจนวิถีสุข. 2545. **แอนติออกซิแดนท์: สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย**. เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์.

นันทวัน บุญยประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร, (บรรณาธิการ.) 2543. **สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (4)**. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ : ประชาชน.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

_____. 2548. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

นิรนาม. 2554. **ความหมายของพืชผักพื้นบ้าน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.krudang.com/ sheet/pak/kwammy.htm.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อป้องกันมิให้ละเมิดลิขสิทธิ์ และขอสงวนสิทธิ์ในการดำเนินคดีกับผู้ที่ละเมิดลิขสิทธิ์ โดยจะต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

พรรณี เด่นรุ่งเรือง. 2550. "การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นพืชวงศ์อบเชย." **Thai Journal of Biotechnology**. 8 :49-54.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2539. "กรดแอสคอร์บิค และกรดอิริทรอบิก/แอนติอ็อกซิแดนท์." **อาหาร.** 26(1) : 7-13.

ไมตรี สุทธจิตต์ และ ศิริวรรณ สุทธจิตต์. 2545. "แอนติออกซิแดนท์: สารป้องกันโรคและเสริมสุขภาพ." **วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** 21(1) : 57-62.

รุ่งโรจน์ เหน่คำ. 2551. **"สมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากผักกระถิน ผักแส้ว และผักคาวตอง"**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซต.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. **วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, จินตนา ศรีผุย และ ปฏิมากร พะสุวรรณ. 2549. "การใช้ประโยชน์จากเปลือกข้าว (แกลบ) เพื่อสกัดสารกันหืนจากธรรมชาติ." **อาหาร.** 36(4) : 315-326.

สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก. 2554. **สถิติการบริโภคเนื้อสุกรของโลก.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://hypnos.cpportal.net.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

_____. 2552ค. **องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๓.** มูลนิธิโครงการหลวง. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สุภามาศ มูสิกะ. 2550. **"สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและผลของน้ำตาลซูโครสต่อประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุริญญา โพธิดิษฐศิริ. 2547. **"การใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบ เปลือกและเมล็ดส้มเขียนหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์."** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง.

โอภา วัชระคุปต์. (บรรณาธิการ.) 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** นนทบุรี : พี.เอส.พริ้นท์.

Abd El-Alim, S.S., Lugasi, A., Hovari, J. and Dworschak, E. 1999. "Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage." **Journal of Science of Food and Agriculture**. 79 : 277-285.

Ahn, J., Grun, I. U. and Mustapha, A. 2007. "Effect of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef." **Food Microbiology**. 24 :7-14.

Aksu, M.I. and Kaya, M. 2005. "The effect of α-tocopherol and butylated hydroxyanisole on the colour properties and lipid oxidation of kavurma, a cooked meat product." **Meat Science**. 71 : 277-283.

Al-Laith, A.A.A. 2010. "Antioxidant components and antioxidant/antiradical activities of desert truffle (*Tirmania nivea*) from various Middle Eastern origins." **Journal of Food Composition and Analysis.** 23 : 15–22.

Allen, J.C. and Hamilton, R.J. 1994. **Rancidity in foods**. Blackie academic & professional

Amirdivani, S. and Baba, A.S. 2011. "Changes in yogurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and in vitro inhibition of angiotensin-1 enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology**. 44 : 1458-1464.

Ananthan, R., Latha, M., Ramkumar, K.M., Pari, L., Baskar, C. and Bai, V.N. 2004. "Modulatory effects of *Gymnema montanum* leaf extract on Alloxan-induced oxidative stress in Wistar rats." **Nutrition**. 20 : 280-285.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angelo, A.J. 1996. "Lipid oxidation in food." **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 36 : 175-224.

Ansari, M.N., Bhandari, U., Islam, F. and Tripathi, C.D. 2008. "Evaluation of antioxidant and neuroprotective effect of ethanolic extract of *Embelia ribes* Burm in focal cerebral ischemia/ reperfusion-induced oxidative stress in rats." **Fundamental and Clinical Pharmacology**. 22 : 305-314.

AOAC. 2000. Total Solid Content, Gravimetric method 966.02. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**. EUA.

AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 4th ed. **American Oil Chemists' Society**. AOCS Press. Champaign. Additions and Revisions. Method Cd 18–90.

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.

Aguirrezabal, M.M., Mateo, J., Dominguez, M.C. and Zumalacarregui, J.M. 2000. "The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages." **Meat Science**. 54 :77-81.

Aruoma, O.I. 1994. "Deoxyribose assay for detecting hydroxyl radicals." **Methods in Enzymology**. 233 : 57-66.

Aruoma, O. I. and Halliwell, B. 1988. "The iron-binding and hydroxyl radical scavenging action of anti-inflammatory drugs." **Xenobiotica**. 18 : 459-470.

Aruoma, O.I., Spencer, J.P.E., Warren, D., Jenner, P., Butler, J. and Halliwell, B. 1997. "Characterization of food antioxidants, illustrated using commercial garlic and ginger preparations." **Food Chemistry**. 60 : 149-156.

Aruoma, O.I. and Cuppett. Eds. 2001. Antioxidant Methodology : *in vivo* and *in vitro* concepts United States of America : AOCS Press.

Bahramikia, S., Ardestani, A. and Yazdanparast, R. 2009. "Protective effects of four Iranian medicinal plants against free radical-mediated protein oxidation." **Food Chemistry**. 115 : 37-42.

Balentine, C.W., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Duong, D.Q. and Pohlman, F.W. 2006. "The pre-and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and color during storage of ground beef." **Meat Science.** 73 : 413-421.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bekele, T. 2008. **"Antidiabetic activity and phytochemical screening of crude extracts of *Stevia rebaudiana* Bertoni and *Ajuga remota* Benth grown in Ethiopia on alloxan-induced diabetic mice."** Master of Science in Medicinal Chemistry. Addis Ababa University.

Bhandari, U., Ansari, M.N., Islam, F. and Tripathi, C.D. 2008. "The effect of aqueous extract of *Embelia ribes* Burm on serum homocysteine, lipids and oxidative enzymes in methionine induced hyperhomocysteinemia." **Indian Journal of Pharmacology**. 40 : 152-157.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 28 : 25-30.

Brenesa, A. and Roura, E. 2010. "Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action." **Animal Feed Science and Technology**. 158 : 1–14.

Brettonnet, A., Hewavitarana, A., DeJong, S. and Lanari, M.C. 2010. "Phenolic acids composition and antioxidant activity of canola extracts in cooked beef, chicken and pork." **Food Chemistry**. 121 : 927-933.

Buege, J.D. and Aust, S. 1978. "Microsomal lipid peroxidation." **Methods in Enzymology**. 30 : 303-310.

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.

Carpenter, R., O'Grady, M.N., O'Callaghan, Y.C., O'Brien, N.M. and Kerry, J.P. 2007. "Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork." **Meat Science**. 76 : 604-610.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Chew. Y.L. 2007. "Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia." **Food Chemistry**. 102 : 1214-1222.

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.

Chen, Y.H., Lin, Y.C. and Hsieh, C.L. 2007. "Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs." **Food Chemistry**. 104 : 1418-1424.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Choe, J.H., Jang, A., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Shim, S.Y. and Kim, C.J. 2010. "Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage." **Meat science**. 87 : 12-18.

Cray, J.I. and Crakel, R.L. 1992. Oxidative flavor changes in meat : their origin and prevention, pp. 145-168. *In D.E.* Johnston, M.K. Knight and D.A. Ledward (eds.). The chemistry of muscle-base foods. Royal Sosiety of Chemistry, Cambridge.

Croft, K.D. 1998. "The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids." **Annals of the New York Academy of Sciences.** 854 : 435-442.

Damasius J., Venskutonis, P.R., Ferracane, R. and Fogliano, V. 2011. "Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat." **Food Chemistry**. 126 : 149-156.

Das, A.K., Anjaneyula, A.S.R., Verma, A.R. and Kondaiah, N. 2008. "Physicochemical, textural, sensory characteristics and storage stability of goat meat patties extended with full-fat soy paste and soy granules." **International Journal of Food Science and Technology**. 43 : 383-392.

Dejong, S. and Lanari, M.C. 2009. "Extracts of olive polyphenols improve lipid stability in cooked beef and pork: Contribution of individual phenolics to the antioxidant activity of extract." **Food Chemistry**. 116 : 892-897.

Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., and Zervas, G. 2007. "Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils." **Food Chemistry.** 106 : 1188-1194.

Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry**. 3rd ed. New York : Marcel Dekker.

Fernandez, J., Perej-Alvarez, J. A. and Fernandez–Lopez, J. A. 1997. "Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat." **Food Chemistry**. 59 : 345–353.

Formanek, Z., Kerry, J.P., Higgins, F.M., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., and Farkas, J. 2001. "Addition of synthetic and natural antioxidants to α-tocopheryl acetate supplemented beef patties: Effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation." **Meat Science**. 58 : 337-341.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I. and Fletouris, D.J. 2007. "Effect of Rosemary extract,chitosan and α-tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers." **Meat Science**. 75 : 256-264.

Gokoglu, N., Topuz, O.K. and Yerlikaya, P. 2009. "Effects of pomegranate sauce on quality of marinated anchovy during refrigerated storage." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 42 : 113-118.

Guerraa, N.B., Melob, E.A. and Filho, J.M. 2005. "Antioxidant compounds from coriander (*Coriandrum sativum* L.) etheric extract." **Journal of Food Composition and Analysis**. 18 : 193-199.

Guhabakshi, D.N., Sensarma, P. and Pal, D.C. 2001. **A Lexicon Medicinal Plants of India. Calcutta**. India : Naya Prakashan.

Gutteridge, J.M.C. 1987. "Reactivity of hydroxyl radical and hydroxyl-like radical discriminated by release of thiobarbituric-acid-reactive material from deoxyribose nucleosides and benzoate." **The Journal of Biological Chemistry**. 224 : 761-767.

Han, J. and Rhee, K.S. 2005. "Antioxidant properties of selected Oriental non-culinary/ nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat." **Meat Science**. 70 : 25-33.

Han, S.K., Yang, H.S. and Rho, J.O. 2006. "A study on quality characteristics of Bokbunja-Pyun added with Rubi fruit juice." **Journal of East Asian Society Dietary Life**. 16 : 371-376.

Hassan, O. and Fan, L.S. 2005. "The anti-oxidation potential of polyphenol extract from cocoa leaves on mechanically deboned chicken meat (MDCM)." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 38 : 315-321.

Hossain, E., Sarkarb, D., Maitia, A., Chatterjeec, M., Mandald, S.C. and Gupta, J.K. 2010. "Anti-inflammatory effect of a methanolic extract of leaves of *Dregea volubilis*." **Journal of Ethnopharmacology**. 132 : 525–528.

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

Isabelle, M., Lee, B.L., Lim, M.T., Koh, W.P., Huang, D. and Ong, C.N. 2010. "Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore." **Food Chemistry**. 120 : 993-1003.

Jain, S.C., Menghani, E. and Jain, R. 2007. "Biomarkers as a tool for validation of herbs and spices." **Internet Journal of Food Safety**. 9 : 1-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jo. C., Kang, H.J., Lee, M., Lee, N.Y. and Byun, M.W. 2004. "The antioxidative potential of lyophilized citrus peel extract in different meat model systems during storage at 20°C." **Journal of Muscle Foods**. 15 : 95-107.

Jo. C., Son, J.H., Son, C.B. and Byun, M.W. 2003. "Functional properties of raw and cooked pork patties with add irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4°C." **Meat Science**. 64 : 13-17.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2003. **Butylated hydroxyanisole. in Combined Compendium of Food Additive Specifications**. [Online]. Available: http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/additive-068.pdf.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2003. **Butylated hydroxytoluene. in Combined Compendium of Food Additive Specifications**. [Online]. Available : http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/additive-069.pdf.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2003. **Propyl gallate. in Combined Compendium of Food Additive Specifications**. [Online]. Available : http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/additive-291.pdf.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2003. ***Tert*-Butylated hydroxyquinone. in Combined Compendium of Food Additive Specifications**. [Online]. Available: http://www.fao.org/ag/agn/jecfaadditives/specs/Monograph1/additive-459.pdf.

Joshi, K. 2006. "Leaf flavonoid aglycone patterns, ethnobotany and conservation of *Schima wallichii*." **An International Journal of Ecology**. 13(1) : 9-13.

Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S. and Bauer, F. 2006. "The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork." **Meat Science**. 72 : 446-456.

_____. 2007a. "The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 40 : 324-330.

_____. 2007b. "Antioxidative effect of added dried Holy basil and its ethanolic extracts on susceptibility of cooked ground pork to lipid oxidation." **Food Chemistry**. 100 : 129-135.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kalaivani, T. and Mathew, L. 2010. "Free radical scavenging activity from leaves of *Acacia nilotica* (L.) Wild. ex Delile, an Indian medicinal tree." **Food and Chemical Toxicology**. 48 : 298–305.

Kapoor, V.K., Chawla, A.S., Kumar, M. and Kumar, P. 1983. "Anti-inflammatory agent in Indian laboratories." **Indian Drugs**. 30 : 481-488.

Katsube, T., Tabata, H., Ohta, Y., Yamasaki, Y., Anuurad, E., Shiwaku, K. and Yamane, Y. 2004. "Screening for antioxidant activity in edible plants products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52 : 2391-2396.

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.

Kirthikar, K.R. and Basu, B.D. 1987. **Indian Medicinal Plants, vol. 2.** Lalit Mohan Basu. Allahabad. India.

Kobus-Cisowska, J., Flaczyk, E. and Jeszka, M. 2010. "Antioxidant activities of *Ginkgo Biloba* extracts : Application in freeze stored meat dumplings." **ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria.** 9 : 161-170.

Koca, N., Karadeniz, F. and Burdurlu, H.F. 2006. "Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas." **Food Chemistry**. 100 : 609–615.

Kong, B., Zhang, H. and Xiong, Y.L. 2010. "Antioxidant activity of spice extracts in a liposome system and in cooked pork patties and the possible mode of action." **Meat Science**. 8 : 772-778.

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.

Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2008. "Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts *in vitro*." **Food Chemistry**. 110 : 881–890.

Kumara Swamy, H.M., Krishna, V., Shankarmurthy, K., Abdul Rahiman, B., Mankani, K.L., Mahadevan, K.M., Harish, B.G. and Naika, R. 2007. "Wound healing activity of embelin isolated from the ethanol extract of leaves of *Embelia ribes* Burm." **Journal of Ethnopharmacology**. 109 : 529–534.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lakhanpal, P. and Rai, D.K. 2007. "Quercetin: A versatile flavonoid." **Internet Journal of Medical Update**. 2(2) : 22-37.

Lakshminarayana, R., Raju, M., Krishnakantha, T.P. and Baskaran, V. 2007. "Lutein and zeaxanthin in leafy greens and their bioavailability: Olive oil influences the absorption of dietary lutein and its accumulation in adult rats." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55 : 6395-6400.

Lara, M.S., Gutierrez, J.I., Timon, M. and Andres, A.I. 2011. "Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP." **Meat Science**. 88 : 481-488.

Larguerre, M., Lecomte, J., and Villeneuve, P. 2007. "Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges." **Progress in Lipid Research**. 46: 244-282.

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.

Lin, Y.S., Wu, S.S. and Lin, J.K. 2003. "Determination of tea polyphenols and caffeine in tea flowers (*Camellia sinensis*) and their hydroxyl radical scavenging and nitric oxide suppressing effects." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51 : 975-978.

Loliger, J.and Wille, H.J. 1993. "Natural antioxidant." **Oil & Fat International**. 9(2) : 18-22.

Lopez-Ayerra, B., Murcia, M.A. and Garcia-Carmona, F. 1998. "Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing." **Food Chemistry**. 61 : 113-118.

Madhavi, D. L., Deshpande, S. S. and Salunkhe, D.K. 1996. **Food antioxidant : Technological, Toxicological and Health Perspectives**. New York : Marcel Dekker.

Mahabusarakam, W., Nuangnaowarat, W. and Taylor, W.C. 2006. "Xanthone derivatives from *Cratoxylum cochinchinense* roots." **Phytochemistry**. 67 : 470–474.

Mahendrana, S., Thippeswamyb, B.S., Veerapurb, V.P. and Badamib, S. 2011. "Anticonvulsant activity of embelin isolated from *Embelia ribes*." **Phytomedicine**. 18 : 186–188.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maisuthisakul, P., Pasuk, S. and Ritthiruangdej, P. 2008. "Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants." **Journal of Food Composition and Analysis**. 21 : 229-240.

Maisuthisakul, P., Pongsawatmanit, R. and Gordon, M.H. 2006. "Antioxidant properties of Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer) extract in soybean oil and emulsion." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54 : 2719-2725.

_____. 2007a. "Characterization of the phytochemicals and antioxidant properties of extracts from Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer)." **Food Chemistry**. 100 : 1620-1629.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R. 2007b. "Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants." **Food Chemistry**. 100 : 1409-1418.

Maisuthisakul, P., Gordon, M.H., Pongsawatmanit, R. and Suttajit, M. 2007c. "Enhancing the oxidative stability of rice crackers by addition of the ethanolic extract of phytochemicals from *Cratoxylum formosum* Dyer." **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**. 16(1) : 37-42.

Mandal, S.C., Kumar, C.K.A., Majumder, A., Majumder, R. and Maity, B.C. 2000. "Antibacterial activity of Litsea glutinosa bark." **Fitoterapia**. 71 : 439-441.

Manian, R., Anusuya, N., Siddhuraju, P. and Manian, S. 2008. "The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L." **Food Chemistry**. 107 : 1000-1007.

Mantovaneli, I.C.C., Ferretti, E.C., Simões, M.R. and Da Silva, F.C. 2004. "The effect of temperature and flow rate on the clarification of the aqueous stevia-extract in a fixed-bed column with zeolites." **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. 21 : 449-458.

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.

Mathew, S. and Abraham, T.E. 2006 "In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies." **Food and Chemical Toxicology**. 44 : 198–206.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mc Carthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B., and Buckley, D.J. 2001. "Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties." **Meat Science**. 57 : 177-184.

McDonald, R.E. and Hultin, H.O. 1987. "Some characteristics of enzymic lipid peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeletal muscle." **Journal of Food Science**. 52 : 15-21, 27.

McGarvey, B.D., Attygalle, A.B., Starratt, A.N., Xiang, B., Schroeder, F.C., Brandle, J.E. and Meinwald, J. 2003. "New non-glycosidic diterpenes from the leaves of *Stevia rebaudiana*." **Journal of Natural Product**. 66 : 1395-1398.

Meilgaard, M., Civille, G.V, and Carr, B.T. 1999. **Sensory Evaluation Techniques**. 3rd edition. CRC Press, Boca Raton.

Mielnik, M.B., Aaby. K. and Skrede, G. 2003. "Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat." **Meat Science**. 65 : 1147-1155.

Mitsumoto, M., O'Grady, M.N., Kerry, J.P. and Buckley, D.J. 2005. "Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties." **Meat Science**. 69 : 773–779.

Moon, J.K. and Shibamoto, T. 2009. "Antioxidant assays for plant and food components." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 57 : 1655-1666.

Motamed, S.M. and Naghibi, F. 2010. "Antioxidant activity of some edible plants of Turkmen Sahra region in Northern Iran." **Food Chemistry**. 119 : 1637-1642.

Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Dominguez, J.M., Sineiro, J., Domingguez, H., Nunez, M.J. and Parajo, J.C. 2001. "Natural antioxidants from residual sources." **Food Chemistry.** 72 :145-171.

Muangman, T. 2005. **"Antioxidant activity and protective effects of *Gymnema Inodorum* Decne. on red blood cell hemolysis and DNA damage in TK6 human lymphoblastoid cells."** Master of Science Thesis Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital. Mahidol University.

Murakami, M., Shukla, Y.N., Jain, S.P. and Kumar, S. 2004. "Effect of thermal treatment on radical-scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds." **Journal of Food Science**. 69 : FCT7-FTC10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

Nanasombat, S. and Teckchuen, N. 2009. "Antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Thai local vegetables." **Journal of Medicinal Plants Research**. 3(5) : 443-449.

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

Nissen, L.R., Byerne, D.V., Bertelsen, G. and Skibsted, L.H. 2004. "The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis." **Meat Science**. 68 :485-495.

Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L. and Lacroix, M. 2006. "Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat." **Meat Science**. 73 : 236–244

Park, H.R., Park, E., Rim, A.R., Jeon, K.I., Hwang, J.W. and Lee, S.C. 2006. "Antioxidant activity of extracts from *Acanthopanax senticosus*." **African Journal of Biotechnology**. 5 : 2388-2396.

Phaiwan. 2008. **ตลาดเนื้อสัตว์โลก (วิเคราะห์ข่าว)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.the-thainews.com/analized/inter/int 100751_6.html.

Pilarski, R., Zieli'nski, H., Ciesiolka, D. and Gulewicz, K. 2006. "Antioxidant activity of ethanolic and aqueous extracts of *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC." **Journal of Ethnopharmacology.** 104 : 18-23.

Pereira de Abreu, D.A., Losada, P.P., Maroto, J. and Cruz, J.M. 2010. "Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)." **Food Research International**. 43 : 1277-1282.

Perry, L.M. 1981. **Medicinal Plants of East & Southeast Asia Attributed Properties and Uses**. Cambridge : The MIT press.

Phomkaivon, N. and Areekul, V. 2009. "Screening for antioxidant activity in selected Thai wild plants." **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 2 : 433-440.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Povichit, N., Phrutivorapongkul, A., Suttajit, M., Chaiyasut, C. and Leelapongpisid, P. 2010. "Phenolic content and *in vitro* inhibitory effects on oxidation and protein glycation of some Thai medicinal plants." **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**. 23 : 403-408.

Pyo, Y.H., Lee, T.C., Logendra, L., and Rosen, R.T. 2004. "Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) extracts." **Food Chemistry**. 85 : 19-26.

Rababah, T., Hettiarachchy, N.S., Horax, R., Cho, M.J., Davis, B. and Dickson, J. 2006. "Thiobarbituric acid reactive substances and volatile compounds in chicken breast meat infused with plant extracts and subjected to electron beam irradiation." **Poultry Science**. 85(6) : 1107-1113.

Rahmani, M.B., Kiew, R. Lajis, N.H., Othman, R. and Toia, R.F. 1985. "A contribution to the phytochemical survey of Peninsular Malaysia." **Pertanika Journal**. 8 : 347-357.

Ramkumar, K.M., Manjula, C., Sankar, L., Suriyanarayanan, S. and Rajaguru, P. 2009. "Potential *in vitro* antioxidant and protective effects of *Gymnema montanum* H. on alloxan-induced oxidative damage in pancreatic ß-cell, HIT-T15." **Food and Chemical Toxicology**. 47 : 2246-2256.

Racanicci, A.M., Danielsen, B., Menton, J.F.M., Regitano-d'rce, M.A.B. and Skibsted, L.H. 2004. "Antioxidant effect of dittany *(Origanum dictamnus)* in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus offcinalis*)." **European Food Research and Technology**. 218 : 521-524.

Rey, A.I., Hopia, A., Kivikari, R. and Kahkonen, M. 2005. "Use of natural food/ plant extracts: cloudberry (*Rubus Chamaemorus*), beetroot (*Beta Vulgaris* "Vulgaris") or willow herb (*Epilobium angustifolium*) to reduce lipid oxidation of cooked pork patties." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 38 : 363-370.

Robert, C.H. 1978. **Meat, poultry and seafood technology**. New Jersey, U.S.A. : Prentice-Hall.

Sangsrichan, S. and Ting, R. 2010. "Antioxidation and radical scavenging activities and tyrosinase inhibition of fresh tea leaves, *Camellia Sinensis*." **Science Journal Ubon Ratchathani University**. 1 : 76-81.

Savita, S. M., Sheela, K., Sunanda, S., Shankar, A. G., Ramakrishna, P. and Sakey, S. 2004. "Health implications of *Stevia rebaudiana*." **Journal of Human Ecology**. 15 : 191-194.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sayago-Ayerdi, S.G., Brenes, A. and Goni, I. 2009. "Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers." **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 42 : 971-976.

Schwartz, S.J. and von Elbe, J.H. 1983. "Kinetics of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables." **Journal of Food Science**. 48 : 1303–1306.

Shahidi, F., Janita, P.K. and Wanasundara, P.D. 1992. "Phenolic antioxidants." **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 32 : 67-103.

Shahidi, F. and Alexander, D.M. 1998. "Green tea catechins as inhibitors of oxidation of meat lipids." **Journal of Food Lipids**. 5(2) : 125-133.

Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M. and Corke, H. 2005. "Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of heir phenolic constituents." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53 : 7749-7759.

Shukla, S., Mehta, A., Bajpai, V.K. and b, Shukla, S. 2009. "In vitro antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic leaf extract of Stevia rebaudiana Bert." **Food and Chemical Toxicology**. 47 : 2338–2343.

Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. and Lester, P. 1999. "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteu reagent." **Methods in Enzymology**. 299 : 152-178.

Sithisarn, P., Jarikasem, S., Muensaen, S., Tungrithaiwanich, J. and Suntorntanasat, T. 2008. "Antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory effects of *Acanthopanax trifoliatus* leaf extracts from different extraction methods." **Academic conference: new drug and current therapy; natural sources and active compound discovery**. Bangkok. Thailand.

Sharma, P.C., Yelne, M.B. and Dennis, T.J. 2002. "Database on medicinal plants used in Ayurveda. vol. 4. Central Council for Research in Ayurveda and Sidha. New Delhi. India.

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.

Shyu, Y.S., Lin, J.T., Chang, Y.T., Chiang, C.J. and Yang, D.J. 2009. "Evaluation of antioxidant ability of ethanolic extract from dill (*Anethum graveolens* L.) flower." **Food Chemistry**. 115 : 515-521.

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

Simic, A., Manojlovic, D., Segan, D. and Todorovic, M. 2007. "Electrochemical behavior and antioxidant and prooxidant activity of natural phenolics." **Molecules**. 12 : 2327-2340.

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.

Steet, J.A. and Tong, C.H. 1996. "Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC." **Journal of Food Science**. 61 : 924–927.

Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M. 2009. "Effect of extraction solvent/ technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts." **Molecules**. 14 : 2167-2180.

Surveswaran, S., Cai, Y.Z., Corke, H. and Sun, M. 2007. "Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants." **Food Chemistry**. 102 : 938–953.

Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J.O. and Dommes, J. 2009. "Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests." **Food Chemistry**. 113(4): 1226-1233.

Tachakittirungrod, S., Okonogi, S. and Chowwanapoonpohn, S. 2007. "Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract." **Food Chemistry**. 103 : 381–388.

Tadhani, M.B., Patel, V.H. and Subhash, R. 2007. "*In vitro* antioxidant activities of *Stevia rebaudiana* leaves and callus." **Journal of Food Composition and Analysis**. 20 : 323-329.

Tang, S., Kerry, J.P., Sheehan, D. and Buckley, D.J. 2001a. "A comparative study of tea catechins and α-tocopherol as antioxidants in cooked beef and chicken meat." **European Food Research and Technology**. 213 : 286-289.

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.

Tangkanakul, P., Trakoontivakorn, G. and Jariyavattanavijit, C. 2005. **"Extracts of Thai indigenous vegetables as rancid inhibitor in a model system."** Institute of Food Research and Product Development. Kasetsart University. Bangkok.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Varnam, A. and Sutherland, J.M. 1995. **Meat and Meat Products**. London : Chapman&Hall.

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

Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Sasaeng, K., Tantek, P. and Wongphaisitpisan, S. 2010. "Kinetics of chlorophyll degradation in pandanus juice during pasteurization." **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 3(01) : 44-51.

Vuorela, S., Salminen, H., Makela, M., Kivikari, R., Karonen, M. and Heinonen, M. 2005. "Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53 : 8492–8497.

Wangensteen, H., Samuelsen, A.B. and Malterud, K.E. 2004. "Antioxidant activity in extracts from coriander." **Food Chemistry**. 88 : 293-297.

Wijeratne, S.S.K., Amarowicz, R. and Shahidi, F. 2006. "Antioxidant activity of almonds and their by-products in food model systems." **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 83 : 223-230.

Witzell, J., Gref, R. and Nasholm, T. 2003. "Plant-part specific and temporal variation in phenolic compounds of boreal bilberry (*Vaccinium myrtillus*) plants." **Biochemical Systematics and Ecology**. 31: 115-127.

Wong, C.C., Li, H.B., Cheng, K.W. and Chen, F. 2006. "A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medical plants using the ferric reducing antioxidant power assay." **Food Chemistry**. 97 : 705-711.

Wu, C.H., Lin, W.H., Hseu, Y.C., Lien, J.C., Lin, Y.T., Kuo, T.P. and Ching, H. 2011. "Evaluation of the antioxidant activity of five endemic Ligustrum species leaves from Taiwan flora in vitro." **Food Chemistry**. (In press).

Xu, J., Chen, S. and Hu, Q. 2005. "Antioxidant activity of brown pigment and extracts from black sesame seed (*sesamum indicum* L.)." **Food Chemistry**. 91 : 79-83.

Xu, B. and Chang, S.K.C. 2008. " Effect of soaking, boiling and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes." **Food Chemistry**. 110 : 1-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yang, H.S., Lee, E.J., Moon, S.H., Paik, H.D. and Ahn, D.U. 2011. "Addition of garlic or onion before irradiation on lipid oxidation, volatiles and sensory characteristics of cooked ground beef." **Meat Science**. 88 : 286-291.

Yao, L.H., Jiang, Y., Datta, N., Singanusong, R. Liu, X., Duan, J., Raymont, K. Lisle, A. and Xu, Y. 2004. "HPLC analyses of flavanols and phenolic acids in the fresh young shoot of tea (*Camellia sinensis*) grown in Australia." **Food Chemistry**. 84 : 253-263.

Yen, G.C., Chen. H.Y., and Peng, H.H. 2001. "Evaluation of cytotoxicity, mutagenicity and antimutagenicity of emerging edible plants." **Food and Chemical toxicology**. 39 : 1045–1053.

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.

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

Zhu, Q.Y., Hackman, R. M., Ensunsa, L. J., Holt, R. R. and Keen, C. L. 2002. "Antioxidative activities of Oolong tea." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50 : 6929-6934.

Zin, Z.M., Abdul-Hamad, A., and Osman, A. 2002. "Antioxidative activity of extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf." **Food Chemistry**. 78 : 227-231.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

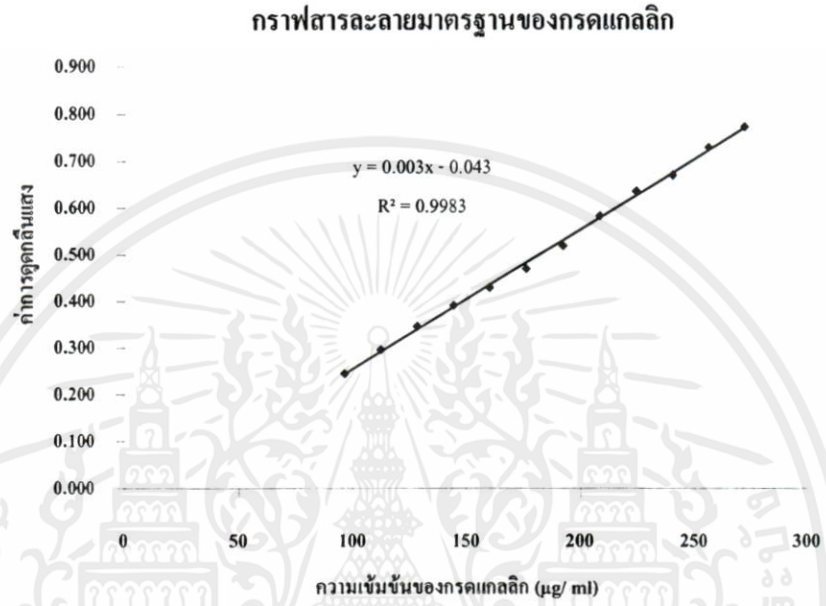
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

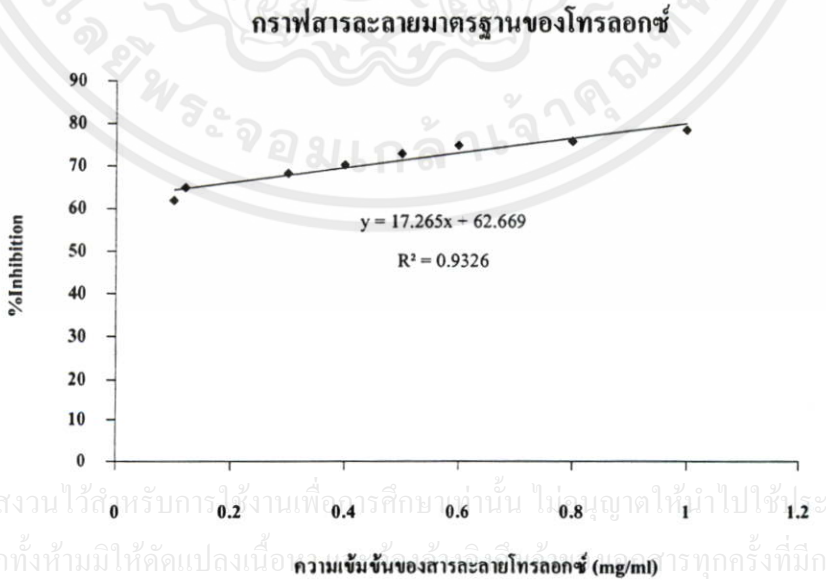
กราฟมาตรฐานและตัวอย่างคำนวณ

1. ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC)



ภาพที่ ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของกรดแกลลิก ได้เป็นสมการเส้นตรง y= 0.003x

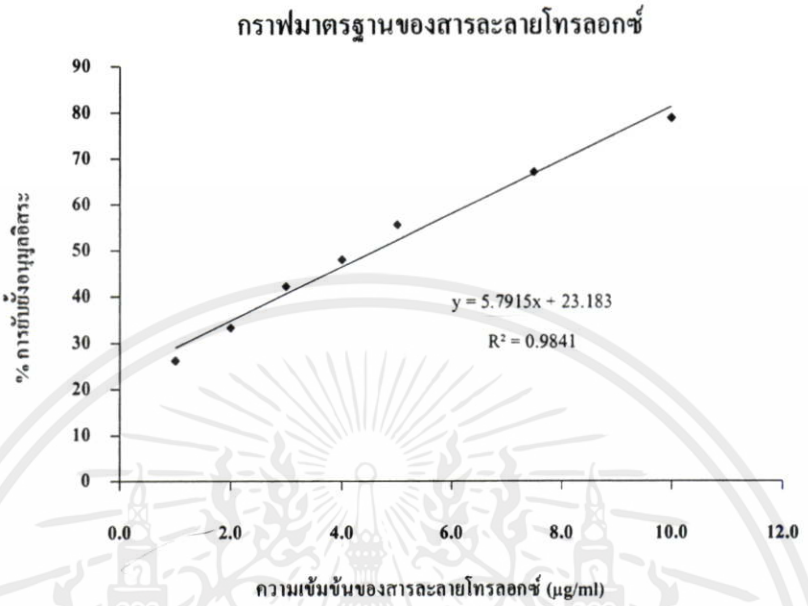
2. ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลด้วยวิธี 2-DR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของโทรลอกซ์ ได้เป็นสมการเส้นตรง y= 17.265x

3. ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS



ภาพที่ ก3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลของไขมันกับความเข้มข้นของโทรลอกซ์ ได้เป็นสมการเส้นตรง y= 5.7915x

การคำนวณปริมาณสารที่พบในตัวอย่าง โดยใช้กราฟสารละลายมาตรฐาน สามารถทำได้ดังนี้

1) การคำนวณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

$$\text{ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (µg/g wet basis)} = \frac{\text{Total dilution factor x A}}{\text{m x น้ำหนักพืชตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ m คือ ค่าความชันของกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดพืช

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างต่อน้ำหนักแห้ง คำนวณจาก

$$\text{ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (µg/g dry basis)} = \frac{\text{µg/g wet basis}}{1-(\%\text{M.C.}/100)}$$

หมายเหตุ %M.C. คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การคำนวณความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี 2-DR และ TBARS โดยคำนวณจาก

$$\%Inhibition = (1-(A_{sample}/A_{control}))*100$$

หมายเหตุ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดพืช

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกลั่น

นำค่า %Inhibition ของสารสกัดพืชที่คำนวณได้มาแทนค่าในสมการเส้นตรงของกราฟ %Inhibition ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ แล้วคำนวณเนื้อสารของพืชโดยคิดเทียบเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ได้จากการแทนค่า

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารของส้มปี้

ตัวอย่างส้มปี้ 10.0040-0.623 = 9.381 g ในเอธานอล 100 ml

ดังนั้นจะมีตัวอย่าง = 9.381 g/100 ml = 0.09381 g/ml

จากนั้นดูดตัวอย่างสารสกัด มา 1 ml แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 50 ml

ดังนั้นแสดงว่า ในสารละลายส้มปี้ 50 ml มีเนื้อสารส้มปี้ = 0.09381g

ในสารละลายส้มปี้ 1 ml มีเนื้อสารส้มปี้ = 0.001876 g = 1.87625 mg

คำนวณ %Inhibition ของตัวอย่างส้มปี้ (Abs. ส้มปี้ = 0.492, Abs. control = 2.165)

$$\%Inhibition = (1-(A_{sample}/A_{control}))*100$$

$$= (1-(0.492/2.165))*100$$

$$= 77.294\%$$

แล้วแทนค่าในสมการ $y = 17.265x + 62.669$

$$77.294 = 17.265x + 62.669$$

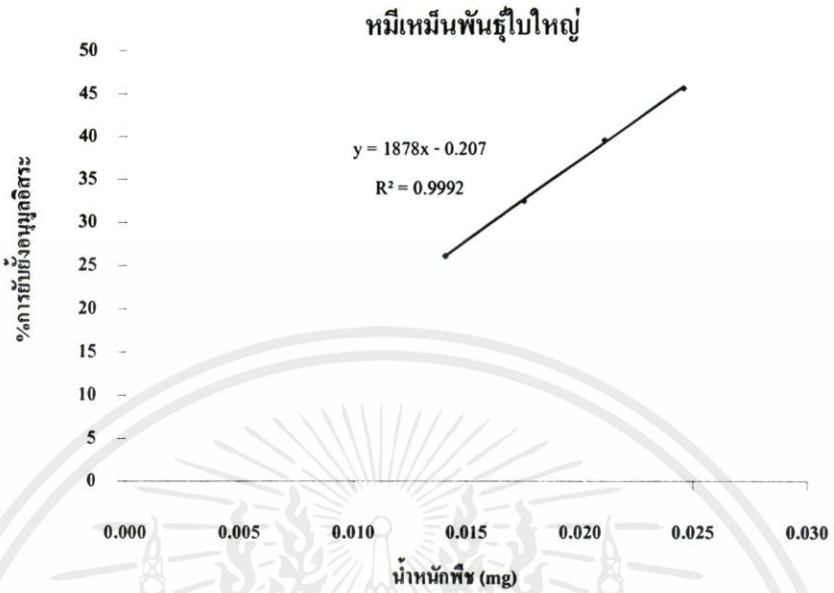
$$x = 0.85 \text{ mg/ml}$$

ส้มปี้ 1.876 mg เทียบเท่ากับโทรลอกซ์ความเข้มข้น 0.85 mg/ml

ส้มปี้ 1 mg คิดเป็นตัวอย่างความเข้มข้น (0.85*1)/1.876 = 0.451 mg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การคำนวณค่า EC_{50}



ภาพที่ ก4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับปริมาณสารสกัดหมีเหม็น ได้เป็นสมการเส้นตรง y= 1878x

ตัวอย่างการคำนวณค่า EC_{50} ของหมีเหม็น

$$y = 1878x$$

แทนค่า y=50; $$50 = 1878x$$

$$x = 0.0266 \text{ mg (wet basis)}$$

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระต่อน้ำหนักแห้ง คำนวณจาก

$$= g \text{ (wet basis)} \times \frac{(100-\%M.C.)}{100}$$

$$= 0.0266 \times \frac{(100-5.35)}{100}$$

$$= 0.025 \text{ mg (dry basis)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การคำนวณค่า IC_{50}

ตัวอย่างการคำนวณค่า IC_{50} ของหมีเหม็น

ความชื้นของสารสกัดหมีเหม็นมีค่า เท่ากับ 98.8957 g

ดังนั้นในสารสกัดหมีเหม็น 100 ml จะมีปริมาณของแข็ง เท่ากับ 100-98.8957 = 1.1043 g

ถ้าสารสกัดหมีเหม็น 1 ml จะมีปริมาณของแข็ง เท่ากับ 1.1043/100 = 0.0110 g

ทำการเจือจางสารสกัดหมีเหม็น จากขวดลงในหลอดทดลอง 200 เท่า

จากนั้นดูดตัวอย่างสารละลายเจือจางจากหลอดมา 0.4 ml เพื่อเจือจางใน eppendorf

ดังนั้นแสดงว่าจะมี dilution factor เท่ากับ 200 x 0.4 = 80

สารสกัดหมีเหม็น 1 ml จะมีความเข้มข้นเท่ากับ $0.0110/80 = 1.375 \times 10^{-4}$ g/ml = 0.14 mg/ml

ถ้าดูดตัวอย่างสารละลายเจือจางจากหลอดมา 0.5 ml เพื่อเจือจางใน eppendorf

ดังนั้นแสดงว่าจะมี dilution factor เท่ากับ 200 x 0.5 = 100

สารสกัดหมีเหม็น 1 ml จะมีความเข้มข้นเท่ากับ $0.0110/100 = 1.1 \times 10^{-4}$ g/ml = 0.11 mg/ml

ถ้าดูดตัวอย่างสารละลายเจือจางจากหลอดมา 0.6 ml เพื่อเจือจางใน eppendorf

ดังนั้นแสดงว่าจะมี dilution factor เท่ากับ 200 x 0.6 = 120

สารสกัดหมีเหม็น 1 ml จะมีความเข้มข้นเท่ากับ $0.0110/120 = 9.17 \times 10^{-5}$ g/ml = 0.09 mg/ml

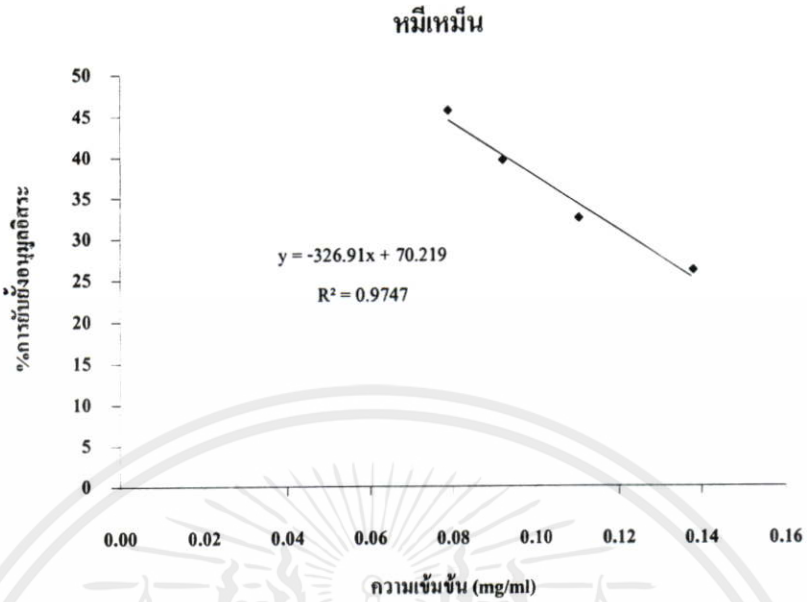
ถ้าดูดตัวอย่างสารละลายเจือจางจากหลอดมา 0.7 ml เพื่อเจือจางใน eppendorf

ดังนั้นแสดงว่าจะมี dilution factor เท่ากับ 200 x 0.7 = 140

สารสกัดหมีเหม็น 1 ml จะมีความเข้มข้นเท่ากับ $0.0110/140 = 7.86 \times 10^{-5}$ g/ml = 0.08 mg/ml

แล้วนำความเข้มข้นของสารสกัดหมีเหม็นที่คำนวณได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระและความเข้มข้น เพื่อหาสมการเส้นตรง ดังภาพ ก5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารสกัดหมีเหม็น ได้เป็นสมการเส้นตรง y= -326.91x ; ความชัน = 326.91

สมการเส้นตรง $y = -326.91x$

แทนค่า y=50; $50 = 326.91x$

$IC_{50} = 0.1529$ mg/ ml

4. การวิเคราะห์ค่า *p*-Av

จากสูตร $$p\text{-Av} = \frac{25 \times (1.2 \times A_{sample} - A_{blank})}{m}$$

หมายเหตุ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลายไขมันหลังทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ p-anisidine

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของไอโซออกเทน

m คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและรีเอเจนต์ทดสอบ

1. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ชั่งกรดแกลลิก 0.02 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิกรัม จะได้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. สารละลายมาตรฐาน 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox)

ชั่ง Trolox 0.025 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน Trolox ที่มีความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

4. สารละลาย 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH)

ชั่ง DPPH 0.0078 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์

5. สารละลาย Deoxyribose

ชั่ง deoxyribose 20 มิลลิกรัม ละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย Deoxyribose ที่มีความเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์

6. สารละลาย Ascorbic acid

ชั่ง ascorbic acid 17 มิลลิกรัม ละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย ascorbic acid ที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สารละลาย EDTA-$FeCl_3$

ชั่ง EDTA 37.2 มิลลิกรัม และ $FeCl_3$. $6H_2O$ 27 มิลลิกรัม ละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

8. การทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

1) เตรียมอิมัลชันของกรดไขมันลิโนเลอิก 1 เปอร์เซ็นต์

ชั่งกรดไขมันลิโนเลอิก 0.5 กรัม เติม Tween 40 จำนวน 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

2) เตรียมสารละลาย TCA-TBA-HCI

ชั่งกรดไตรคลอโรอะซีติก (trichloroacetic acid, TCA) 15 กรัม และกรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid, TBA) 0.375 กรัม ละลายด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ จากนั้นผสมสารละลายทั้งสองให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จะได้สารละลาย TCA-TBA-HCL

9. สารละลาย *p*-Anisidine

ชั่ง *p*-Anisidine 0.25 กรัม ละลายใน acetic acid ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ แพตตี้หมู

ชื่อผู้ทดสอบ.....**วันที่**.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของ

ผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = บอกไม่ได้ว่าจะชอบหรือไม่ชอบ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ปานกลาง

7 = ชอบมาก

คุณลักษณะ	รหัส					
สี						
กลิ่นรส						
รสชาติ						
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ค่า pH, ค่าสี (L*, a*, b*) ของแพตตี้หมูที่เติมพืชในระหว่างเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	6.23±0.01 $^{b\text{-}d, B}$	6.12±0.01 $^{e, F}$	6.26±0.01 $^{cd, A}$	6.26±0.01 $^{ab, A}$	6.18±0.01 $^{cd, D}$	6.20±0.00 $^{bc, C}$	6.16±0.01 $^{cd, D}$	6.20±0.01 $^{de, C}$	6.16±0.01 $^{de, E}$
บีเอชที 100 ppm	6.20±0.03 $^{d, CD}$	6.19±0.03 $^{cd, CD}$	6.30±0.08 $^{ac, A}$	6.26±0.03 $^{ab, AB}$	6.21±0.03 $^{bc, CD}$	6.18±0.03 $^{c, CD}$	6.19±0.03 $^{bc, CD}$	6.23±0.03 $^{b\text{-}d, BC}$	6.17±0.04 $^{cd, D}$
คาทิชิน 100 ppm	6.24±0.01 $^{a\text{-}d, C\text{-}E}$	6.22±0.01 $^{bc, E}$	6.32±0.04 $^{ab, A}$	6.29±0.01 $^{a, B}$	6.24±0.01 $^{ab, C\text{-}E}$	6.25±0.01 $^{a, CD}$	6.24±0.03 $^{ab, DE}$	6.26±0.02 $^{b, C}$	6.23±0.01 $^{a\text{-}c, E}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	6.15±0.01 $^{e, AB}$	6.18±0.02 $^{cd, A}$	6.18±0.04 $^{ef, A}$	6.18±0.02 $^{c, A}$	6.15±0.05 $^{d, AB}$	6.12±0.02 $^{d, B}$	6.13±0.03 $^{d, B}$	6.16±0.02 $^{fg, AB}$	6.14±0.04 $^{de, AB}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	6.15±0.03 $^{e, CD}$	6.15±0.01 $^{de, C}$	6.16±0.02 $^{f, BC}$	6.18±0.01 $^{c, A}$	6.17±0.01 $^{cd, AB}$	6.10±0.01 $^{d, G}$	6.13±0.01 $^{d, EF}$	6.14±0.01 $^{g, DE}$	6.11±0.01 $^{f, FG}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	6.21±0.01 $^{cd, A}$	6.17±0.01 $^{cd, B}$	6.22±0.02 $^{de, A}$	6.17±0.01 $^{c, B}$	6.18±0.00 $^{cd, B}$	6.11±0.01 $^{d, D}$	6.13±0.02 $^{d, C}$	6.18±0.01 $^{ef, B}$	6.19±0.01 $^{cd, B}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	6.26±0.08 $^{ab, A}$	6.26±0.08 $^{b, A}$	6.29±0.08 $^{bc, A}$	6.24±0.08 $^{b, A}$	6.22±0.08 $^{bc, A}$	6.24±0.08 $^{ab, A}$	6.19±0.09 $^{bc, A}$	6.22±0.07 $^{cd, A}$	6.22±0.10 $^{bc, A}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	6.27±0.01 $^{a, A}$	6.25±0.18 $^{b, A\text{-}C}$	6.27±0.01 $^{b\text{-}d, A\text{-}C}$	6.25±0.01 $^{ab, AB}$	6.24±0.01 $^{ab, BC}$	6.26±0.01 $^{a, A\text{-}C}$	6.24±0.01 $^{ab, C}$	6.25±0.02 $^{bc, BC}$	6.26±0.02 $^{ab, A\text{-}C}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	6.25±0.01 $^{a\text{-}c, B}$	6.31±0.08 $^{a, AB}$	6.35±0.07 $^{a, A}$	6.18±0.02 $^{c, C}$	6.29±0.08 $^{a, AB}$	6.28±0.06 $^{a, AB}$	6.25±0.07 $^{a, B}$	6.30±0.05 $^{a, AB}$	6.28±0.08 $^{a, AB}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	6.23±0.01 $^{a, B}$	6.12±0.01 $^{a, F}$	6.26±0.01 $^{a-c, A}$	6.26±0.01 $^{ab, A}$	6.18±0.01 $^{a-c, D}$	6.20±0.00 $^{ab, C}$	6.17±0.01 $^{ab, D}$	6.20±0.01 $^{ab, C}$	6.16±0.01 $^{a, E}$
บีเอชที 100 ppm	6.20±0.03 $^{a, D}$	6.19±0.03 $^{a, CD}$	6.30±0.08 $^{ab, A}$	6.26±0.03 $^{ab, AB}$	6.21±0.03 $^{ab, CD}$	6.18±0.03 $^{ab, CD}$	6.19±0.03 $^{ab, CD}$	6.23±0.03 $^{ab, BC}$	6.17±0.04 $^{a, D}$
คาทิชิน 100 ppm	6.24±0.01 $^{a, C-E}$	6.22±0.01 $^{a, E}$	6.32±0.04 $^{a, A}$	6.29±0.01 $^{a, B}$	6.24±0.01 $^{a, C-E}$	6.25±0.01 $^{a, CD}$	6.24±0.03 $^{a, DE}$	6.26±0.02 $^{a, C}$	6.23±0.01 $^{a, E}$
ผงทะโล้ 300 ppm	6.12±0.11 $^{a, A}$	6.07±0.15 $^{a, A}$	6.14±0.09 $^{a-d, A}$	6.14±0.07 $^{ab, A}$	6.13±0.09 $^{a-c, A}$	6.09±0.12 $^{ab, A}$	6.19±0.05 $^{ab, A}$	6.17±0.10 $^{ab, A}$	6.15±0.08 $^{a, A}$
ผงทะโล้ 500 ppm	6.07±0.18 $^{a, C}$	5.99±0.24 $^{a, C}$	6.07±0.18 $^{cd, C}$	6.10±0.18 $^{ab, C}$	6.02±0.16 $^{bc, B}$	6.08±0.15 $^{b, A}$	6.11±0.11 $^{b, A}$	6.10±0.17 $^{b, A}$	6.09±0.15 $^{a, A}$
ผงทะโล้ 700 ppm	6.06±0.06 $^{a, C}$	6.00±0.13 $^{a, BC}$	6.07±0.09 $^{d, B}$	6.09±0.10 $^{b, BC}$	5.99±0.11 $^{c, A}$	6.06±0.06 $^{b, A}$	6.11±0.01 $^{b, A}$	6.09±0.05 $^{b, A}$	6.09±0.05 $^{a, A}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	6.12±0.16 $^{a, C}$	6.02±0.23 $^{a, C}$	6.10±0.17 $^{cd, C}$	6.15±0.20 $^{ab, C}$	6.06±0.16 $^{bc, B}$	6.07±0.18 $^{b, A}$	6.13±0.08 $^{ab, A}$	6.13±0.14 $^{ab, A}$	6.13±0.15 $^{a, A}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	6.12±0.22 $^{a, C}$	6.07±0.27 $^{a, C}$	6.12±0.19 $^{b-d, C}$	6.14±0.22 $^{ab, C}$	6.04±0.23 $^{bc, B}$	6.13±0.20 $^{ab, A}$	6.15±0.13 $^{ab, A}$	6.13±0.15 $^{ab, A}$	6.15±0.18 $^{a, A}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	6.16±0.22 $^{a, C}$	6.10±0.26 $^{a, C}$	6.17±0.24 $^{a-d, C}$	6.16±0.21 $^{a-d, C}$	6.04±0.25 $^{bc, B}$	6.16±0.20 $^{ab, A}$	6.20±0.15 $^{ab, A}$	6.18±0.19 $^{ab, A}$	6.15±0.19 $^{a, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	6.23±0.01 $^{b\text{-}d, B}$	6.25±0.01 $^{ab, A}$	6.18±0.01 $^{de, C}$	6.12±0.02 $^{e, E}$	6.15±0.01 $^{bc, D}$	6.12±0.01 $^{d, E}$	6.15±0.01 $^{bc, D}$	6.12±0.01 $^{d, E}$	6.11±0.01 $^{c, E}$
บีเอชที 100 ppm	6.20±0.03 $^{d, B}$	6.28±0.03 $^{ab, A}$	6.22±0.03 $^{cd, B}$	6.19±0.05 $^{bc, B}$	6.18±0.02 $^{b, B}$	6.22±0.04 $^{c, B}$	6.18±0.02 $^{b, B}$	6.22±0.04 $^{c, B}$	6.21±0.04 $^{b, B}$
คาทิชิน 100 ppm	6.24±0.01 $^{a\text{-}d, A}$	6.27±0.02 $^{ab, A}$	6.26±0.02 $^{a\text{-}c, A}$	6.26±0.01 $^{a, A}$	6.24±0.04 $^{a, A}$	6.28±0.06 $^{b, A}$	6.24±0.04 $^{a, A}$	6.28±0.06 $^{b, A}$	6.27±0.06 $^{b, A}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	6.15±0.01 $^{e, AB}$	6.17±0.03 $^{c, A}$	6.14±0.04 $^{e, AB}$	6.13±0.05 $^{de, AB}$	6.12±0.02 $^{bc, B}$	6.14±0.04 $^{d, AB}$	6.12±0.02 $^{c, B}$	6.14±0.04 $^{d, AB}$	6.12±0.03 $^{c, B}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	6.15±0.03 $^{e, AB}$	6.16±0.01 $^{c, A}$	6.13±0.01 $^{e, BC}$	6.15±0.02 $^{c\text{-}e, AB}$	6.12±0.02 $^{c, D}$	6.14±0.01 $^{d, AB}$	6.12±0.02 $^{c, D}$	6.14±0.01 $^{d, AB}$	6.15±0.01 $^{c, AB}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	6.21±0.01 $^{cd, A}$	6.17±0.01 $^{c, B}$	6.15±0.01 $^{e, C}$	6.17±0.02 $^{c\text{-}e, B}$	6.13±0.01 $^{bc, D}$	6.15±0.02 $^{d, C}$	6.13±0.01 $^{bc, D}$	6.15±0.02 $^{d, C}$	6.15±0.01 $^{c, C}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	6.26±0.08 $^{ab, A}$	6.29±0.10 $^{a, A}$	6.24±0.10 $^{bc, A}$	6.18±0.08 $^{b\text{-}d, A}$	6.23±0.09 $^{a, A}$	6.22±0.09 $^{c, A}$	6.23±0.09 $^{a, A}$	6.22±0.09 $^{c, A}$	6.22±0.08 $^{b, A}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	6.27±0.01 $^{a, B}$	6.30±0.02 $^{a, A}$	6.30±0.02 $^{a, A}$	6.23±0.01 $^{ab, C}$	6.24±0.02 $^{a, C}$	6.28±0.01 $^{b, AB}$	6.24±0.02 $^{a, C}$	6.27±0.01 $^{bc, B}$	6.26±0.01 $^{b, B}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	6.25±0.01 $^{a\text{-}c, B}$	6.24±0.01 $^{b, B}$	6.28±0.07 $^{ab, A\text{-}B}$	6.23±0.06 $^{ab, B}$	6.28±0.08 $^{a, AB}$	6.35±0.07 $^{a, A}$	6.27±0.07 $^{a, AB}$	6.36±0.08 $^{a, A}$	6.34±0.07 $^{a, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็น ที่ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	6.23±0.01 $^{a, B}$	6.25±0.01 $^{a-b, A}$	6.18±0.01 $^{a-c, C}$	6.12±0.02 $^{b, E}$	6.15±0.01 $^{a-c, D}$	6.12±0.01 $^{bc, E}$	6.15±0.01 $^{ab, D}$	6.12±0.01 $^{bc, E}$	6.11±0.01 $^{a- c, E}$
บีเอชที 100 ppm	6.20±0.03 $^{a, B}$	6.28±0.03 $^{a, A}$	6.22±0.03 $^{ab, B}$	6.19±0.05 $^{ab, B}$	6.18±0.02 $^{ab, B}$	6.22±0.04 $^{ab, B}$	6.18±0.02 $^{ab, B}$	6.22±0.04 $^{ab, B}$	6.21±0.04 $^{ab, B}$
คาทิชิน 100 ppm	6.24±0.01 $^{a, A}$	6.27±0.02 $^{a, A}$	6.26±0.02 $^{a, A}$	6.26±0.01 $^{a, A}$	6.24±0.04 $^{a, A}$	6.28±0.06 $^{a, A}$	6.24±0.04 $^{a, A}$	6.28±0.06 $^{a, A}$	6.27±0.06 $^{a, A}$
ผงทะโล้ 300 ppm	6.12±0.11 $^{a, AB}$	6.13±0.13 $^{ab, AB}$	6.16±0.06 $^{a-c, A}$	6.14±0.07 $^{ab, AB}$	6.14±0.01 $^{bc, AB}$	6.07±0.04 $^{bc, AB}$	6.10±0.03 $^{ab, AB}$	6.06±0.07 $^{bc, AB}$	6.05±0.10 $^{bc, B}$
ผงทะโล้ 500 ppm	6.07±0.18 $^{a, A}$	6.04±0.21 $^{b, A}$	6.09±0.12 $^{c, A}$	6.06±0.14 $^{b, A}$	6.08±0.09 $^{c, A}$	6.01±0.13 $^{c, A}$	6.06±0.10 $^{b, A}$	6.00±0.17 $^{c, A}$	6.00±0.17 $^{c, A}$
ผงทะโล้ 700 ppm	6.06±0.06 $^{a, A-C}$	6.07±0.11 $^{ab, A-C}$	6.11±0.02 $^{bc, A}$	6.07±0.03 $^{b, A-C}$	6.09±0.02 $^{bc, AB}$	6.01±0.05 $^{c, BC}$	6.08±0.01 $^{b, A-C}$	6.01±0.07 $^{c, BC}$	6.02±0.08 $^{c, BC}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	6.12±0.16 $^{a, A}$	6.13±0.24 $^{ab, A}$	6.16±0.10 $^{a-c, A}$	6.12±0.12 $^{b, A}$	6.14±0.08 $^{a-c, A}$	6.08±0.14 $^{bc, A}$	6.09±0.14 $^{b, A}$	6.05±0.18 $^{bc, A}$	6.05±0.18 $^{bc, A}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	6.12±0.22 $^{a, A}$	6.09±0.21 $^{ab, A}$	6.18±0.14 $^{a-c, A}$	6.16±0.15 $^{ab, A}$	6.17±0.11 $^{ab, A}$	6.10±0.18 $^{bc, A}$	6.12±0.16 $^{ab, A}$	6.07±0.20 $^{bc, A}$	6.07±0.20 $^{bc, A}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	6.16±0.22 $^{a, A}$	6.11±0.28 $^{ab, A}$	6.18±0.13 $^{a-c, A}$	6.18±0.18 $^{ab, A}$	6.18±0.13 $^{ab, A}$	6.15±0.23 $^{a-c, A}$	6.14±0.22 $^{ab, A}$	6.08±0.21 $^{bc, A}$	6.09±0.22 $^{bc, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง5 การเปลี่ยนแปลง L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	75.13±0.30 $^{a, E}$	76.09±0.67 $^{a, D}$	77.29±0.52 $^{a, B}$	76.18±0.70 $^{a, CD}$	76.98±0.42 $^{a, B}$	76.74±0.48 $^{a, BC}$	77.34±0.42 $^{a, B}$	76.99±0.88 $^{a, B}$	78.24±0.49 $^{a, A}$
บีเอชที 100 ppm	75.36±0.22 $^{a, CD}$	74.67±0.34 $^{b, EF}$	76.20±0.59 $^{b, B}$	74.47±0.61 $^{b, F}$	75.37±0.79 $^{b, CD}$	75.75±0.55 $^{b, BC}$	75.86±0.51 $^{b, BC}$	75.10±0.29 $^{b, DE}$	77.64±0.81 $^{a, A}$
คาทิชิน 100 ppm	74.30±0.80 $^{b, DE}$	74.21±0.31 $^{b, DE}$	74.83±0.55 $^{c, CD}$	73.89±0.95 $^{bc, E}$	74.37±0.33 $^{c, DE}$	75.90±0.56 $^{ab, AB}$	75.23±0.9+4 $^{b, BC}$	76.01±0.57 $^{ab, A}$	75.73±0.53 $^{b, AB}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	69.75±0.59 $^{e, AB}$	69.92±0.69 $^{e, A}$	69.25±0.94 $^{e, AB}$	69.92±0.69 $^{f, A}$	69.84±0.63 $^{f, A}$	70.06±1.10 $^{f, A}$	68.98±0.71 $^{e, A}$	69.69±0.55 $^{e, AB}$	68.94±0.59 $^{e, B}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	66.22±±1.01 $^{f, C}$	67.35±1.10 $^{f, AB}$	67.90±0.71 $^{f, A}$	67.35±1.10 $^{g, AB}$	67.15±0.79 $^{g, A-C}$	66.53±0.93 $^{g, BC}$	66.96±0.51 $^{f, A-C}$	66.55±0.50 $^{f, BC}$	66.54±0.74 $^{f, BC}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	65.26±0.55 $^{g, AB}$	65.55±1.30 $^{g, AB}$	65.90±0.71 $^{g, A}$	65.55±1.30 $^{h, AB}$	64.94±0.34 $^{h, AB}$	64.81±0.68 $^{h, B}$	65.32±0.74 $^{g, AB}$	64.92±0.53 $^{g, B}$	65.09±0.89 $^{g, AB}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	71.11±0.54 $^{d, D}$	71.90±1.49 $^{d, CD}$	73.35±1.70 $^{d, BC}$	71.90±1.49 $^{e, CD}$	72.98±1.13 $^{d, BC}$	73.65±1.68 $^{c, B}$	70.94±0.58 $^{d, D}$	70.84±1.96 $^{d, D}$	76.23±0.89 $^{b, A}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	72.46±0.52 $^{c, AB}$	73.00±0.49 $^{c, A}$	73.19±0.99 $^{d, A}$	73.00±0.49 $^{cd, A}$	70.87±1.72 $^{e, CD}$	71.43±0.98 $^{e, BC}$	71.69±0.93 $^{c-d, BC}$	70.04±1.88 $^{de, D}$	73.28±1.20 $^{c, A}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	70.23±1.71 $^{e, D}$	72.66±0.55 $^{cd, AB}$	73.37±0.97 $^{d, A}$	72.66±0.55 $^{de, AB}$	71.00±0.88 $^{e, CD}$	72.56±0.46 $^{d, AB}$	71.87±1.48 $^{c, BC}$	73.29±0.58 $^{c, A}$	71.96±0.99 $^{d, BC}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง6 การเปลี่ยนแปลง L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	75.13±0.30 $^{a, E}$	76.09±0.67 $^{a, D}$	77.29±0.52 $^{a, B}$	76.18±0.70 $^{a, CD}$	76.98±0.42 $^{a, B}$	76.74±0.48 $^{a, BC}$	77.34±0.42 $^{a, B}$	76.99±0.88 $^{a, B}$	78.24±0.49 $^{a, A}$
บีเอชที 100 ppm	75.36±0.22 $^{a, CD}$	74.67±0.34 $^{b, EF}$	76.20±0.59 $^{b, B}$	74.47±0.61 $^{b, F}$	75.37±0.79 $^{b, CD}$	75.75±0.55 $^{b, BC}$	75.86±0.51 $^{b, BC}$	75.10±0.29 $^{b, DE}$	77.64±0.81 $^{a, A}$
คาทิชิน 100 ppm	74.30±0.80 $^{b, DE}$	74.21±0.31 $^{b, DE}$	74.83±0.55 $^{c, CD}$	73.89±0.95 $^{bc, E}$	74.37±0.33 $^{c, DE}$	75.90±0.56 $^{ab, AB}$	75.23±0.9+4 $^{b, BC}$	76.01±0.57 $^{ab, A}$	75.73±0.53 $^{b, AB}$
ผงทะโล้ 300 ppm	70.07±0.97 $^{b, BC}$	70.85±0.65 $^{c, AB}$	71.14±0.74 $^{c, A}$	70.69±0.90 $^{c, AB}$	69.92±0.56 $^{de, BC}$	70.54±0.39 $^{c, AB}$	70.31±0.67 $^{cd, A-C}$	70.04±1.47 $^{de, BC}$	69.47±1.03 $^{d, C}$
ผงทะโล้ 500 ppm	69.04±1.30 $^{b, E}$	70.82±0.95 $^{c, AB}$	70.90±0.92 $^{c, A}$	70.61±0.40 $^{c, A-C}$	69.80±0.51 $^{de, B-E}$	69.54±0.80 $^{d, DE}$	70.57±0.49 $^{cd, A-D}$	69.59±1.04 $^{de, C-E}$	69.26±1.57 $^{d, E}$
ผงทะโล้ 700 ppm	69.07±2.28 $^{b, AB}$	70.50±2.02 $^{cd, A}$	70.55±1.15 $^{c, A}$	68.85±1.52 $^{d, AB}$	69.07±1.68 $^{c, AB}$	69.06±0.50 ^{d}	68.66±1.29 $^{c, B}$	68.98±0.61 $^{e, AB}$	68.74±1.79 $^{d, B}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	70.67±0.60 $^{b, AC}$	71.45±0.57 $^{c, A}$	71.04±0.77 $^{c, AB}$	71.57±0.88 $^{c, A}$	71.42±1.41 $^{c, A}$	69.56±0.68 $^{d, C}$	70.93±2.53 $^{cd, AB}$	71.31±0.83 $^{c, A}$	69.89±0.82 $^{d, BC}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	69.61±0.89 $^{b, AB}$	69.38±0.94 $^{d, AB}$	69.81±1.79 $^{c, AB}$	69.09±0.49 $^{d, B}$	69.17±1.56 $^{e, AB}$	67.80±0.76 $^{e, C}$	69.90±2.15 $^{de, AB}$	70.60±0.70 $^{cd, A}$	69.51±0.12 $^{d, AB}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	70.22±3.14 $^{b, A}$	70.97±2.13 $^{c, A}$	70.27±3.04 $^{c, A}$	70.65±3.07 $^{c, A}$	70.76±2.41 $^{cd, A}$	70.47±1.40 $^{c, A}$	71.56±1.52 $^{c, A}$	69.50±2.36 $^{de, A}$	71.12±1.74 $^{c, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง7 การเปลี่ยนแปลง a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเข้มข้นหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	7.62±0.14 $^{d, A}$	6.03±0.32 $^{g, B}$	5.75±0.26 $^{f, C}$	5.30±0.25 $^{e, EF}$	4.92±0.18 $^{f, G}$	5.40±0.12 $^{e, DE}$	5.58±0.12 $^{f, CD}$	5.17±0.20 $^{f, F}$	5.12±0.21 $^{e, FG}$
บีเอชที 100 ppm	7.98±0.11 $^{c, A-C}$	8.35±0.28 $^{b, A}$	6.97±0.84 $^{e, D}$	7.34±0.19 $^{cd, CD}$	7.53±0.17 $^{d, B-D}$	8.06±0.35 $^{ab, AB}$	7.55±1.36 $^{d, B-D}$	7.19±0.66 $^{cd, D}$	5.16±0.25 $^{e, E}$
คาทิชิน 100 ppm	7.89±0.10 $^{c, BC}$	7.87±0.12 $^{cd, BC}$	7.72±0.28 $^{cd, B-D}$	7.93±0.37 $^{b, B}$	8.39±0.31 $^{b, A}$	8.39±0.37 $^{a, A}$	7.76±0.27 $^{cd, B-D}$	7.60±0.38 $^{bc, CD}$	7.51±0.25 $^{b, D}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	7.46±0.20 $^{d, D}$	7.67±0.15 $^{d, B-D}$	7.76±0.37 $^{c, BC}$	7.48±0.13 $^{c, CD}$	7.90±0.13 $^{c, B}$	8.19±0.27 $^{ab, A}$	7.87±0.37 $^{b-d, B}$	7.87±0.31 $^{b, B}$	7.72±0.24 $^{b, B-D}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	6.91±0.17 $^{e, AB}$	6.70±0.24 $^{f, BC}$	7.08±0.19 $^{e, A}$	7.09±0.33 $^{d, A}$	7.09±0.43 $^{e, A}$	7.07±0.42 $^{d, A}$	6.79±0.41 $^{e, A-C}$	6.53±0.21 $^{e, C}$	6.82±0.14 $^{c, A-C}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	6.87±0.23 $^{e, C}$	7.31±0.45 $^{e, B}$	7.27±0.20 $^{de, B}$	7.65±0.26 $^{bc, A}$	7.39±0.20 $^{d, AB}$	7.41±0.29 $^{cd, AB}$	7.67±0.29 $^{cd, A}$	6.91±0.11 $^{de, C}$	6.48±0.18 $^{d, D}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	8.40±0.25 $^{b, A}$	8.21±0.51 $^{bc, A}$	8.12±0.74 $^{bc, A}$	8.34±0.70 $^{a, A}$	7.91±0.41 $^{c, A}$	7.76±0.87 $^{bc, A}$	8.20±0.35 $^{a-c, A}$	7.86±0.84 $^{b, A}$	6.64±0.17 $^{cd, A}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	8.67±0.31 $^{a, AB}$	8.38±0.29 $^{b, BC}$	8.53±0.24 $^{ab, A-C}$	8.32±0.42 $^{a, BC}$	8.86±0.44 $^{a, A}$	8.27±0.26 $^{a, C}$	8.67±0.23 $^{a, AB}$	8.43±0.28 $^{a, BC}$	8.53±0.28 $^{a, A-C}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	8.87±0.45 ^{a}	8.86±0.57 ^{a}	8.62±0.49 ^{a}	8.38±0.19 ^{a}	8.34±0.08 ^{b}	8.31±0.49 ^{s}	8.34±0.34 ^{ab}	7.87±0.82 ^{b}	8.41±0.58 ^{a}

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง8 การเปลี่ยนแปลง a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	7.62±0.14 $^{d, A}$	6.03±0.32 $^{g, B}$	5.75±0.26 $^{f, C}$	5.30±0.25 $^{e, EF}$	4.92±0.18 $^{f, G}$	5.40±0.12 $^{e, DE}$	5.58±0.12 $^{f, CD}$	5.17±0.20 $^{f, F}$	5.12±0.21 $^{e, FG}$
บีเอชที 100 ppm	7.98±0.11 $^{c, A-C}$	8.35±0.28 $^{b, A}$	6.97±0.84 $^{e, D}$	7.34±0.19 $^{cd, CD}$	7.53±0.17 $^{d, BD}$	8.06±0.35 $^{ab, AB}$	7.55±1.36 $^{d, B-D}$	7.19±0.66 $^{cd, D}$	5.16±0.25 $^{e, E}$
คาทิชิน 100 ppm	7.89±0.10 $^{c, BC}$	7.87±0.12 $^{cd, BC}$	7.72±0.28 $^{cd, B-D}$	7.93±0.37 $^{b, B}$	8.39±0.31 $^{b, A}$	8.39±0.37 $^{a, A}$	7.76±0.27 $^{cd, B-D}$	7.60±0.38 $^{bc, CD}$	7.51±0.25 $^{b, D}$
ผงทะโล้ 300 ppm	8.35±0.09 $^{a, A}$	8.40±0.55 $^{a, A}$	8.34±0.55 $^{a, A}$	8.42±0.39 $^{a, A}$	8.25±0.69 $^{a, A}$	8.45±0.41 $^{a, A}$	8.23±0.61 $^{a, A}$	8.56±0.35 $^{a, A}$	8.53±0.51 $^{a, A}$
ผงทะโล้ 0500 ppm	7.57±0.80 $^{c, A}$	7.74±0.53 $^{c, A}$	7.37±0.73 $^{cd, A}$	7.39±0.96 $^{bc, A}$	6.96±0.84 $^{bc, AB}$	7.52±0.60 $^{c, A}$	7.17±1.13 $^{bc, AB}$	6.99±1.67 $^{cd, AB}$	6.18±0.84 $^{c, B}$
ผงทะโล้ 700 ppm	7.02±0.50 $^{d, A}$	6.96±0.75 $^{d, AB}$	6.90±0.49 $^{de, AB}$	6.54±1.04 $^{d, A-C}$	6.62±0.88 $^{c, A-C}$	7.07±0.50 $^{d, A}$	5.87±1.04 $^{d, C}$	6.52±0.96 $^{d, A-C}$	6.05±1.01 $^{c, BC}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	8.09±0.36 $^{ab, A-C}$	8.33±0.19 $^{ab, A}$	8.08±0.23 $^{ab, A-C}$	8.26±0.26 $^{a, AB}$	8.38±0.17 $^{a, A}$	7.74±0.72 $^{bc, C}$	8.30±0.45 $^{a, AB}$	8.33±0.31 $^{ab, A}$	7.80±0.83 $^{b, BC}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	8.35±0.28 $^{a, AB}$	8.19±0.53 $^{a-c, AB}$	8.34±0.50 $^{a, AB}$	8.02±0.68 $^{ab, B}$	8.20±0.23 $^{a, AB}$	8.51±0.15 $^{a, AB}$	8.14±0.98 $^{a, AB}$	8.66±0.46 $^{a, A}$	8.51±0.52 $^{a, AB}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	6.78±0.54 $^{d, A-C}$	6.83±0.38 $^{d, A-C}$	6.53±0.29 $^{e, BC}$	6.62±0.57 $^{d, C}$	7.20±0.80 $^{bc, A-C}$	6.92±0.35 $^{d, A-C}$	6.80±0.52 $^{c, A-C}$	7.29±1.29 $^{cd, AB}$	7.38±0.47 $^{b, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง9 การเปลี่ยนแปลง *b** value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	6.82±0.38 $^{c, D}$	7.76±0.47 $^{b, C}$	7.95±0.34 $^{c, C}$	8.53±0.29 $^{b, B}$	9.60±0.41 $^{b, A}$	8.90±0.26 $^{c, B}$	9.57±0.20 $^{a, A}$	8.62±0.68 $^{a, B}$	8.63±0.26 $^{c, B}$
บีเอชที 100 ppm	6.54±0.16 $^{c, D}$	6.11±0.15 $^{c, E}$	7.68±0.26 $^{cd, B}$	7.08±0.17 $^{e, C}$	6.99±0.28 $^{ef, C}$	7.85±0.47 $^{d, AB}$	8.14±0.24 $^{b, A}$	7.54±0.85 $^{b, B}$	8.17±0.46 $^{d, A}$
คาทิชิน 100 ppm	6.44±0.23 $^{c, C-E}$	6.56±0.31 $^{c, B-D}$	6.18±0.26 $^{f, E}$	6.45±0.33 $^{f, C-E}$	6.71±0.20 $^{fg, A-C}$	6.93±0.23 $^{e, A}$	6.77±0.26 $^{f, AB}$	6.54±0.34 $^{c, B-D}$	6.32±0.20 $^{f, DE}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	8.52±0.26 $^{b, A}$	7.90±0.23 $^{b, B}$	8.01±0.52 $^{c, B}$	7.77±0.88 $^{c, B}$	7.71±0.20 $^{d, B}$	7.66±0.33 $^{d, B}$	7.76±0.22 $^{c, B}$	7.64±0.26 $^{b, B}$	7.94±0.28 $^{d, B}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	10.73±0.23 $^{a, A}$	9.75±0.69 $^{a, AB}$	9.46±0.25 $^{b, A}$	9.66±0.32 $^{a, BC}$	9.20±0.31 $^{c, A}$	9.60±0.44 $^{b, AB}$	9.43±0.34 $^{a, CD}$	8.75±0.21 $^{a, E}$	8.99±0.30 $^{b, CD}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	10.49±0.25 $^{a, A}$	10.12±0.52 $^{a, B}$	10.27±0.32 $^{a, BC}$	9.81±0.69 $^{a, B}$	10.39±0.22 $^{a, CD}$	10.18±0.39 $^{a, BC}$	9.45±0.32 $^{a, BC}$	9.22±0.32 $^{a, E}$	9.48±0.26 $^{a, DE}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	6.62±0.58 $^{c, B-E}$	6.13±0.38 $^{c, E}$	6.78±0.47 $^{e, A-D}$	7.18±0.69 $^{de, AB}$	6.54±0.36 $^{g, C-E}$	6.20±0.13 $^{f, DE}$	7.25±0.41 $^{d, A}$	6.92±0.97 $^{bc, A-C}$	6.29±0.22 $^{f, DE}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	6.69±0.56 $^{c, BC}$	6.52±0.15 $^{c, BC}$	6.49±0.26 $^{ef, BC}$	6.19±0.38 $^{f, C}$	6.67±0.38 $^{g, BC}$	6.40±0.28 $^{f, BC}$	6.91±0.22 $^{ef, AB}$	7.30±1.08 $^{b, A}$	6.71±0.33 $^{e, BC}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	8.48±1.29 $^{b, A}$	7.52±0.64 $^{b, BC}$	7.50±0.54 $^{d, BC}$	7.61±0.32 $^{cd, BC}$	7.18±0.21 $^{e, C}$	7.46±0.61 $^{d, BC}$	7.13±0.26 $^{de, C}$	8.54±0.62 $^{a, A}$	7.98±0.51 $^{d, AB}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง10 การเปลี่ยนแปลง *b** value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม	6.82±0.38 $^{c, D}$	7.76±0.47 $^{b, C}$	7.95±0.34 $^{c, C}$	8.53±0.29 $^{b, B}$	9.60±0.41 $^{b, A}$	8.90±0.26 $^{c, B}$	9.57±0.20 $^{a, A}$	8.62±0.68 $^{a, B}$	8.63±0.26 $^{c, B}$
บีเอชที 100 ppm	6.54±0.16 $^{c, D}$	6.11±0.15 $^{c, E}$	7.68±0.26 $^{cd, B}$	7.08±0.17 $^{e, C}$	6.99±0.28 $^{ef, C}$	7.85±0.47 $^{d, AB}$	8.14±0.24 $^{b, A}$	7.54±0.85 $^{b, B}$	8.17±0.46 $^{d, A}$
คาทิชิน 100 ppm	6.44±0.23 $^{c, C-E}$	6.56±0.31 $^{c, B-D}$	6.18±0.26 $^{f, E}$	6.45±0.33 $^{f, C-E}$	6.71±0.20 $^{fg, A-C}$	6.93±0.23 $^{e, A}$	6.77±0.26 $^{f, AB}$	6.54±0.34 $^{c, B-D}$	6.32±0.20 $^{f, DE}$
ผงทะโล้ 300 ppm	6.34±0.26 $^{f, A-C}$	6.18±0.39 $^{cd, A-D}$	5.88±0.37 $^{e, D}$	5.97±0.53 $^{e, CD}$	6.21±0.40 $^{e, A-D}$	6.47±0.19 $^{f, AB}$	6.31±0.20 $^{f, A-C}$	6.54±0.42 $^{b, A}$	6.10±0.47 $^{e, B-D}$
ผงทะโล้ 0500 ppm	7.22±0.37 $^{d, BC}$	6.46±0.13 $^{cd, D}$	6.58±0.71 $^{d, CD}$	6.58±1.03 $^{de, CD}$	6.93±0.45 $^{cd, B-D}$	6.36±0.24 $^{f, D}$	7.09±0.42 $^{e, B-D}$	7.32±1.19 $^{b, B}$	8.61±0.49 $^{bc, A}$
ผงทะโล้ 700 ppm	6.81±0.19 $^{de, B}$	6.63±0.60 $^{c, B}$	6.41±0.25 $^{d, B}$	6.86±1.01 $^{cd, B}$	6.88±0.85 $^{cd, B}$	6.79±0.09 $^{e, B}$	8.32±1.00 $^{bc, A}$	7.07±0.60 $^{b, B}$	8.00±0.69 $^{d, A}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	7.88±0.74 $^{c, AB}$	7.86±0.77 $^{b, AB}$	7.48±0.56 $^{c, BC}$	7.44±0.23 $^{c, BC}$	7.27±0.40 $^{c, BC}$	7.98±0.24 $^{d, AB}$	7.78±0.33 $^{d, AB}$	6.82±1.11 $^{b, C}$	8.47±0.85 $^{b-d, A}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	8.31±0.24 $^{b, AB}$	8.18±0.33 $^{b, AB}$	8.35±0.50 $^{b, AB}$	8.56±0.29 $^{b, AB}$	8.57±0.30 $^{b, AB}$	8.46±0.50 $^{c, AB}$	8.67±0.43 $^{b, A}$	7.48±0.93 $^{b, C}$	8.07±0.28 $^{cd, B}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	10.08±0.64 $^{a, B}$	9.58±0.48 $^{a, B}$	10.06±0.61 $^{a, B}$	11.22±1.06 $^{a, A}$	9.52±0.28 $^{a, B}$	9.85±0.29 $^{a, B}$	9.78±0.38 $^{a, B}$	9.36±1.71 $^{a, B}$	9.35±0.31 ^{a}

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง11 การเปลี่ยนแปลง L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	75.13±0.30 $^{a, DE}$	75.01±0.54 $^{a, E}$	75.45±0.24 $^{a,B-D}$	75.30±0.34 $^{a, C-E}$	75.69±0.51 $^{a, A-C}$	75.70±0.25 $^{a, A-C}$	75.43±0.36 $^{a, B-D}$	75.77±0.15 $^{a, AB}$	76.05±0.42 $^{a, A}$
บีเอชที 100 ppm	75.36±0.22 $^{a, AB}$	75.06±0.44 $^{a, A-C}$	74.96±0.31 $^{b, BC}$	75.17±0.46 $^{a,A-C}$	74.83±0.48 $^{b, CD}$	74.49±0.46 $^{b, D}$	75.43±0.26 $^{a, A}$	75.38±0.33 $^{ab, A}$	75.46±0.23 $^{b, A}$
คาทิชิน 100 ppm	74.30±0.80 $^{b, C}$	75.08±0.85 $^{a, B}$	75.45±0.29 $^{a, AB}$	75.47±0.39 $^{a, AB}$	75.43±0.33 $^{a, AB}$	75.48±0.35 $^{a, AB}$	75.50±0.21 $^{a, AB}$	75.27±0.40 $^{b, AB}$	75.65±0.26 $^{ab, A}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	69.75±0.59 $^{e, BC}$	69.36±0.72 $^{e, C}$	69.70±0.67 $^{f, BC}$	70.38±0.79 $^{e, AB}$	70.02±0.63 $^{f, AB}$	70.34±0.54 $^{e, AB}$	70.04±0.38 $^{e, AB}$	70.45±0.34 $^{f, AB}$	70.05±0.65 $^{f, AB}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	65.26±0.55 $^{g, D}$	66.07±0.56 $^{f, C}$	66.63±0.49 $^{g, BC}$	67.67±1.00 $^{f, A}$	67.57±0.68 $^{g, A}$	67.31±0.65 $^{f, AB}$	67.16±0.36 $^{f, AB}$	67.66±0.69 $^{g, AB}$	67.60±0.84 $^{g, A}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	66.22±1.01 $^{f, AB}$	65.60±0.71 $^{f, B}$	65.76±0.48 $^{h, B}$	66.56±0.71 $^{g, A}$	66.00±0.83 $^{h, AB}$	65.73±0.56 $^{g, B}$	66.15±0.60 $^{g, AB}$	66.31±0.52 $^{h, AB}$	66.30±0.42 $^{h, AB}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	71.11±0.54 $^{d, D}$	73.34±0.30 $^{b, C}$	73.72±0.48 $^{c, C}$	74.26±0.48 $^{b, B}$	74.25±0.58 $^{c, B}$	74.58±0.59 $^{b, AB}$	74.23±0.50 $^{b, B}$	74.59±0.29 $^{c, B}$	74.89±0.45 $^{c, A}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	72.46±0.52 $^{c, C-E}$	71.96±0.73 $^{c, E}$	72.64±0.34 $^{d, CD}$	72.37±0.70 $^{c, DE}$	73.47±0.28 $^{d, A}$	73.40±0.47 $^{c, A}$	73.19±0.42 $^{c, AB}$	72.78±0.50 $^{d, AB}$	72.96±0.39 $^{d, AC}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	70.23±1.71 $^{e, D}$	70.82±0.97 $^{d, CD}$	71.32±0.37 $^{e, BC}$	71.71±0.35 $^{d, AB}$	71.91±0.59 $^{e, AB}$	72.26±0.29 $^{d, A}$	72.25±0.49 $^{d, A}$	72.20±0.70 $^{e, A}$	72.24±0.53 $^{e, A}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง12 การเปลี่ยนแปลง L^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ --18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	75.13±0.30 $^{a, DE}$	75.01±0.54 $^{a, E}$	75.45±0.24 $^{a,B-D}$	75.30±0.34 $^{a, C-E}$	75.69±0.51 $^{a, A-C}$	75.70±0.25 $^{a, A-C}$	75.43±0.36 $^{a, B- D}$	75.77±0.15 $^{a, AB}$	76.05±0.42 $^{a, A}$
บีเอชที 100 ppm	75.36±0.22 $^{a, AB}$	75.06±0.44 $^{a, A-C}$	74.96±0.31 $^{a, BC}$	75.17±0.46 $^{a, A-C}$	74.83±0.48 $^{b, CD}$	74.49±0.46 $^{b, D}$	75.43±0.26 $^{a, A}$	75.38±0.33 $^{a, A}$	75.46±0.23 $^{b, A}$
คาทิชิน 100 ppm	74.30±0.80 $^{a, C}$	75.08±0.85 $^{a, B}$	75.45±0.29 $^{a, AB}$	75.47±0.39 $^{a, AB}$	75.43±0.33 $^{a-b, AB}$	75.48±0.35 $^{a, AB}$	75.50±0.21 $^{a, AB}$	75.27±0.40 $^{a, AB}$	75.65±0.26 $^{ab, A}$
ผงทะโล้ 300 ppm	70.07±0.97 $^{b, C}$	69.94±0.57 $^{cd, C}$	70.81±0.66 $^{b, AB}$	70.53±0.67 $^{b, A-C}$	71.08±0.50 $^{c, A}$	70.54±0.34 $^{c, A-C}$	70.30±0.62 $^{d, BC}$	70.09±0.63 $^{d, C}$	70.46±0.45 $^{d, A-C}$
ผงทะโล้ 0500 ppm	69.04±1.30 $^{b, BC}$	69.48±0.50 $^{d, A-C}$	68.15±0.77 $^{d, D}$	69.09±0.60 $^{c, BC}$	70.15±0.99 $^{d, A}$	69.44±0.59 $^{g, A-C}$	69.07±0.75 $^{ef, BC}$	68.71±0.70 $^{ef, CD}$	69.64±0.68 $^{e, AB}$
ผงทะโล้ 700 ppm	69.07±2.28 $^{b, A}$	67.85±0.31 $^{e, B}$	68.72±0.75 $^{d, AB}$	68.23±0.88 $^{d, AB}$	68.28±0.58 $^{f, AB}$	69.17±0.75 $^{g, A}$	68.59±0.63 $^{f, AB}$	68.98±0.80 $^{e, A}$	68.77±0.48 $^{f, AB}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	70.67±0.60 $^{b, BC}$	72.38±0.68 $^{b, A}$	70.56±0.95 $^{b, C}$	71.16±0.87 $^{b, BC}$	71.30±0.77 $^{c, B}$	72.49±0.30 $^{c, A}$	72.24±0.27 $^{b, A}$	72.20±0.46 $^{b, A}$	72.26±0.24 $^{c, A}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	69.61±0.89 $^{b, DE}$	70.42±0.34 $^{c, BC}$	69.67±0.67 $^{c, DE}$	69.04±0.83 $^{c, E}$	70.01±0.68 $^{d, CD}$	71.07±0.64 $^{d, AB}$	71.47±0.76 $^{c, A}$	71.02±0.59 $^{c, AB}$	70.84±0.43 $^{d, AB}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	70.22±3.14 $^{b, A}$	67.32±0.77 $^{e, CD}$	66.86±0.90 $^{e, D}$	68.27±0.67 $^{d, BC}$	69.16±0.54 $^{e, AB}$	70.03±0.54 $^{f, A}$	69.47±0.36 $^{e, AB}$	68.25±0.75 $^{f, BC}$	69.57±0.42 $^{e, AB}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง13 การเปลี่ยนแปลง a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	7.62±0.14 $^{d, A}$	6.75±0.11 $^{f, B}$	5.65±0.17 $^{e, E}$	5.98±0.07 $^{e, D}$	6.21±0.08 $^{e, C}$	5.68±0.04 $^{f, E}$	5.52±0.05 $^{f, F}$	5.48±0.11 $^{g, F}$	5.37±0.08 $^{e, G}$
บีเอชที 100 ppm	7.98±0.11 $^{c, A}$	7.77±0.06 $^{cd, C}$	7.62±0.08 $^{c, D}$	7.82±0.10 $^{b, BC}$	7.94±0.05 $^{b, AB}$	7.57±0.24 $^{cd, D}$	7.16±0.17 $^{d, E}$	7.84±0.05 $^{c, BC}$	7.52±0.08 $^{c, D}$
คาทิชิน 100 ppm	7.89±0.10 $^{c, A}$	7.83±0.06 $^{c, A}$	7.59±0.07 $^{c, BC}$	7.69±0.16 $^{bc, B}$	7.48±0.09 $^{c, DE}$	7.46±0.07 $^{d, E}$	7.57±0.09 $^{c, CD}$	7.61±0.08 $^{d, BC}$	7.28±0.09 $^{c, F}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	7.46±0.20 $^{d, C}$	7.59±0.26 $^{de, BC}$	7.70±0.29 $^{bc, A-C}$	7.81±0.20 $^{b, AB}$	7.88±0.25 $^{b, A}$	7.74±0.21 $^{c, AB}$	7.60±0.16 $^{c, BC}$	7.45±0.15 $^{e, C}$	7.49±0.22 $^{c, C}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	6.91±0.17 $^{e, D}$	7.39±0.15 $^{e, BC}$	7.29±0.25 $^{d, C}$	7.60±0.29 $^{c, AB}$	7.40±0.09 $^{c, BC}$	7.55±0.34 $^{cd, A-C}$	7.69±0.19 $^{c, A}$	7.34±0.18 $^{e, BC}$	7.44±0.30 $^{c, BC}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	6.87±0.23 $^{e, BC}$	6.79±0.23 $^{f, CD}$	7.14±0.23 $^{d, A}$	6.60±0.21 $^{d, D}$	7.01±0.27 $^{d, A-C}$	7.12±0.22 $^{e, AB}$	6.94±0.20 $^{e, A-C}$	6.96±0.17 $^{f, A-C}$	6.85±0.29 $^{d, C}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	8.40±0.25 $^{b, A}$	7.95±0.44 $^{c, BC}$	7.87±0.29 $^{b, C}$	7.84±0.17 $^{b, C}$	8.19±0.25 $^{a, AB}$	8.21±0.13 $^{b, AB}$	8.24±0.11 $^{b, A}$	8.18±0.12 $^{b, AB}$	7.93±0.35 $^{b, BC}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	8.67±0.31 $^{a, A}$	8.20±0.26 $^{b, CD}$	8.44±0.31 $^{a, A-C}$	8.17±0.14 $^{a, D}$	8.21±0.12 $^{a, CD}$	8.50±0.30 $^{a, AB}$	8.42±0.15 $^{a, A-D}$	8.43±0.14 $^{a, A-C}$	8.36±0.23 $^{a, B-D}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	8.87±0.45 $^{a, A}$	8.49±0.20 $^{a, B}$	8.35±0.21 $^{a, BC}$	8.22±0.16 $^{a, BC}$	8.15±0.25 $^{a, C}$	8.33±0.24 $^{ab, BC}$	8.47±0.18 $^{a, B}$	8.46±0.21 $^{a, B}$	8.38±0.23 $^{a, BC}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง14 การเปลี่ยนแปลง a^* value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	7.62±0.14 $^{d, A}$	6.75±0.11 $^{d, B}$	5.65±0.17 $^{f, E}$	5.98±0.07 $^{f, D}$	6.21±0.08 $^{d, C}$	5.68±0.04 $^{e, E}$	5.52±0.05 $^{f, F}$	5.48±0.11 $^{f, F}$	5.37±0.08 $^{f, G}$
บีเอชที 100 ppm	7.98±0.11 $^{a-c, A}$	7.77±0.06 $^{b, C}$	7.62±0.08 $^{cd, D}$	7.82±0.10 $^{b, BC}$	7.94±0.05 $^{b, AB}$	7.57±0.24 $^{bc, D}$	7.16±0.17 $^{d, E}$	7.84±0.05 $^{b, BC}$	7.52±0.08 $^{b, D}$
คาทิชิน 100 ppm	7.89±0.10 $^{bc, A}$	7.83±0.06 $^{b, A}$	7.59±0.07 $^{cd, BC}$	7.69±0.16 $^{bc, B}$	7.48±0.09 $^{c, DE}$	7.46±0.07 $^{bc, E}$	7.57±0.09 $^{c, CD}$	7.61±0.08 $^{c, BC}$	7.28±0.09 $^{d, F}$
ผงทะโล้ 300 ppm	8.35±0.09 $^{a, AB}$	8.31±0.43 $^{a, AB}$	8.31±0.20 $^{a, AB}$	8.48±0.26 $^{a, A}$	8.50±0.21 $^{a, A}$	8.34±0.15 $^{a, AB}$	8.03±0.30 $^{b, C}$	7.89±0.17 $^{b, C}$	8.11±0.18 $^{a, BC}$
ผงทะโล้ 0500 ppm	7.57±0.80 $^{c, A-C}$	7.78±0.16 $^{b, A}$	7.64±0.30 $^{c, A-C}$	7.37±0.27 $^{de, BC}$	7.72±0.23 $^{bc, AB}$	7.44±0.31 $^{bc, A-C}$	7.36±0.16 $^{d, BC}$	7.30±0.15 $^{d, C}$	7.43±0.17 $^{bc, A-C}$
ผงทะโล้ 700 ppm	7.02±0.50 $^{d, C}$	7.40±0.21 $^{c, AB}$	7.48±0.18 $^{cd, AB}$	7.54±0.22 $^{cd, A}$	7.57±0.26 $^{c, A}$	7.33±0.23 $^{c, AB}$	7.23±0.12 $^{d, BC}$	7.30±0.13 $^{d, AB}$	7.25±0.13 $^{d, BC}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	8.09±0.36 $^{ab, AB}$	8.25±0.34 $^{a, AB}$	7.99±0.49 $^{b, B}$	7.94±0.40 $^{b, B}$	7.97±0.48 $^{b, B}$	8.43±0.19 $^{a, A}$	8.23±0.08 $^{a, AB}$	8.26±0.12 $^{a, AB}$	8.23±0.10 $^{a, AB}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	8.35±0.28 $^{a, A}$	7.97±0.45 $^{b, B}$	7.36±0.23 $^{de, DE}$	7.74±0.21 $^{bc, BC}$	7.84±0.17 $^{b, BC}$	7.63±0.34 $^{b, CD}$	7.36±0.24 $^{d, DE}$	7.44±0.18 $^{d, DE}$	7.30±0.13 $^{cd, E}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	6.78±0.54 $^{d, CD}$	7.15±0.18 $^{c, B}$	7.14±0.22 $^{e, B}$	7.21±0.27 $^{e, B}$	7.52±0.24 $^{c, A}$	7.02±0.25 $^{d, BC}$	6.62±0.30 $^{e, DE}$	6.12±0.24 $^{e, F}$	6.42±0.21 $^{e, E}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง15 การเปลี่ยนแปลง *b** value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	6.82±0.38 $^{c, F}$	7.21±0.10 $^{de, E}$	8.03±0.09 $^{c, C}$	8.35±0.05 $^{b, B}$	7.61±0.10 $^{d, D}$	7.56±0.10 $^{d, D}$	8.03±0.07 $^{c, C}$	8.26±0.05 $^{c, B}$	8.50±0.07 $^{c, A}$
บีเอชที 100 ppm	6.54±0.16 $^{c, EF}$	6.36±0.05 $^{g, G}$	6.45±0.06 $^{f, FG}$	6.61±0.15 $^{e, E}$	7.28±0.09 $^{f, C}$	6.76±0.15 $^{g, D}$	7.48±0.13 $^{e, B}$	7.49±0.09 $^{d, B}$	7.79±0.06 $^{d, A}$
คาทิชิน 100 ppm	6.44±0.23 $^{c, E}$	6.58±0.12 $^{f, D}$	6.46±0.04 $^{f, DE}$	7.27±0.17 $^{d, B}$	7.03±0.13 $^{g, C}$	7.21±0.06 $^{ef, B}$	7.47±0.05 $^{e, A}$	7.49±0.12 $^{d, A}$	7.53±0.09 $^{e, A}$
ผงติ้วขาว 300 ppm	8.52±0.26 $^{b, A}$	8.24±0.30 $^{c, BC}$	8.24±0.32 $^{c, BC}$	8.36±0.23 $^{b, A-C}$	8.39±0.26 $^{c, A-C}$	8.25±0.19 $^{c, BC}$	8.13±0.13 $^{c, C}$	8.29±0.16 $^{c, A-C}$	8.48±0.16 $^{c, AB}$
ผงติ้วขาว 500 ppm	10.49±0.25 $^{a, AB}$	10.23±0.20 $^{b, AB}$	10.33±0.36 $^{b, AB}$	10.44±0.47 $^{a, AB}$	10.15±0.24 $^{b, B}$	10.26±0.38 $^{b, AB}$	10.54±0.30 $^{b, A}$	10.29±0.32 $^{b, AB}$	10.42±0.34 $^{b, AB}$
ผงติ้วขาว 700 ppm	10.73±0.23 $^{a, BC}$	10.63±0.23 $^{a, C}$	10.80±0.33 $^{a, BC}$	10.64±0.35 $^{a, C}$	10.77±0.41 $^{a, BC}$	10.98±0.23 $^{a, AB}$	10.96±0.32 $^{a, A-C}$	11.19±0.22 $^{a, A}$	11.27±0.31 $^{a, A}$
สารสกัดติ้วขาว 190 ppm	6.62±0.58 $^{c, D}$	6.57±0.25 $^{f, D}$	6.77±0.21 $^{e, CD}$	6.79±0.11 $^{e, CD}$	7.37±0.28 $^{ef, A}$	7.04±0.15 $^{f, BC}$	7.17±0.19 $^{f, AB}$	7.05±0.19 $^{e, BC}$	6.84±0.30 $^{f, CD}$
สารสกัดติ้วขาว 320 ppm	6.69±0.56 $^{c, D}$	7.05±0.08 $^{e, C}$	7.19±0.20 $^{d, BC}$	7.40±0.14 $^{cd, AB}$	7.56±0.18 $^{de, A}$	7.52±0.28 $^{d, A}$	7.54±0.18 $^{e, A}$	7.54±0.20 $^{d, A}$	7.50±0.13 $^{e, A}$
สารสกัดติ้วขาว 450 ppm	8.48±1.29 $^{b, A}$	7.37±0.17 $^{d, B}$	7.37±0.20 $^{d, B}$	7.55±0.27 $^{c, B}$	7.61±0.15 $^{d, B}$	7.43±0.34 $^{de, B}$	7.76±0.25 $^{d, B}$	7.68±0.26 $^{d, B}$	7.75±0.18 $^{d, B}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ง16 การเปลี่ยนแปลง *b** value ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
ควบคุม	6.82±0.38 $^{de, F}$	7.21±0.10 $^{d, E}$	8.03±0.09 $^{b, C}$	8.35±0.05 $^{b, B}$	7.61±0.10 $^{c, D}$	7.56±0.10 $^{c, D}$	8.03±0.07 $^{b, C}$	8.26±0.05 $^{c, B}$	8.50±0.07 $^{b, A}$
บีเอชที 100 ppm	6.54±0.16 $^{ef, EF}$	6.36±0.05 $^{f, G}$	6.45±0.06 $^{d, FG}$	6.61±0.15 $^{d, E}$	7.28±0.09 $^{d, C}$	6.76±0.15 $^{e, D}$	7.48±0.13 $^{d, B}$	7.49±0.09 $^{d, B}$	7.79±0.06 $^{c, A}$
คาทิชิน 100 ppm	6.44±0.23 $^{ef, E}$	6.58±0.12 $^{ef, D}$	6.46±0.04 $^{d, DE}$	7.27±0.17 $^{c, B}$	7.03±0.13 $^{e, C}$	7.21±0.06 $^{d, B}$	7.47±0.05 $^{d, A}$	7.49±0.12 $^{d, A}$	7.53±0.09 $^{d, A}$
ผงทะโล้ 300 ppm	6.34±0.26 $^{f, B}$	6.56±0.23 $^{ef, A}$	6.61±0.25 $^{d, A}$	6.56±0.15 $^{d, A}$	6.65±0.18 $^{f, A}$	6.59±0.18 $^{e, A}$	6.52±0.20 $^{e, AB}$	6.71±0.12 $^{e, A}$	6.74±0.14 $^{e, A}$
ผงทะโล้ 500 ppm	7.22±0.37 $^{d, A}$	6.71±0.19 $^{e, B}$	6.69±0.17 $^{d, B}$	6.55±0.27 $^{d, B}$	6.71±0.20 $^{f, B}$	6.69±0.34 $^{e, B}$	6.60±0.19 $^{e, B}$	6.54±0.18 $^{e, B}$	6.60±0.16 $^{ef, B}$
ผงทะโล้ 700 ppm	6.81±0.19 $^{de, A}$	6.65±0.17 $^{e, AB}$	6.62±0.23 $^{d, AB}$	6.72±0.15 $^{d, AB}$	6.76±0.21 $^{f, A}$	6.78±0.17 $^{e, A}$	6.40±0.23 $^{e, C}$	6.61±0.15 $^{e, AB}$	6.53±0.21 $^{f, BC}$
สารสกัดทะโล้ 190 ppm	7.88±0.74 $^{c, A}$	7.55±0.19 $^{c, AB}$	7.75±0.48 $^{c, AB}$	7.45±0.37 $^{c, AB}$	7.50±0.37 $^{cd, AB}$	7.64±0.21 $^{c, AB}$	7.69±0.20 $^{c, AB}$	7.51±0.23 $^{d, AB}$	7.43±0.18 $^{d, B}$
สารสกัดทะโล้ 320 ppm	8.31±0.24 $^{b, BC}$	8.44±0.40 $^{b, B}$	8.02±0.33 $^{b, C}$	8.42±0.32 $^{b, B}$	8.80±0.15 $^{b, A}$	8.31±0.21 $^{b, BC}$	8.22±0.20 $^{b, BC}$	8.50±0.33 $^{b, B}$	8.49±0.16 $^{b, B}$
สารสกัดทะโล้ 450 ppm	10.08±0.64 $^{a, A-C}$	9.48±0.29 $^{a, D}$	9.87±0.35 $^{a, B-D}$	10.06±0.43 $^{a, A-C}$	10.44±0.39 $^{a, A}$	9.78±0..35 $^{a, CD}$	9.98±0.32 $^{a, BC}$	9.99±0.43 $^{a, A-C}$	10.28±0.32 $^{a, AB}$

หมายเหตุ: พิจารณาอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และ อักษร A, B, C ตามแถว แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววาณี ใจวิเสน
วัน เดือน ปีเกิด	15 กันยายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	2547 : จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 2549-ปัจจุบัน : เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้