สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

TOTAL POLYPHENOL CONTENT AND ANTIOXIDATION PROPERTIES OF SOYBEAN AND MUNG BEAN HULL EXTRACTS

T110456

อรนุช หลงทอน

ORANUCH HLONGTHON

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 110456
วัน.เดือน.ปี - 2 พ.ย. 2553

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AI-M-053-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOTAL POLYPHENOL CONTENT AND ANTIOXIDATION PROPERTIES OF SOYBEAN AND MUNG BEAN HULL EXTRACTS

ORANUCH HLONGTHON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL-2010-AI-M-053-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPY RIGHT 2010

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

Total polyphenol content and antioxidation properties of soybean and mung bean hull extracts

ชื่อนักศึกษา นางสาวอรนุช หลงทอน

รหัสประจำตัว 51068502

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	
รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 12 พฤษภาคม 2553 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ชีวเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 53

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 31 เดือน ก.ค. พ.ศ. 53
ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว**
ชื่อนักศึกษา	**นางสาวอรนุช หลงทอน**
รหัสประจำตัว	51068502
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

ในการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียว ที่อุณหภูมิ 50, 75, 100 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าเปลือกถั่วเขียวที่ผ่านการอบแห้ง การศึกษาผลของอุณหภูมิการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสด พบว่า เปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสดที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวที่สกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส การศึกษาผลของเวลาในการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสดที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 8 ชั่วโมง พบว่าเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสดที่สกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าการสกัดที่เวลาน้อยกว่า 8 ชั่วโมง ผลการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เก็บผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดในสภาพสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่ว สามารถยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันโดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม และการฟอร์มตัวของ conjugated dienes เกิดน้อยลงในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Total polyphenol content and antioxidation properties of soybean and mung bean hull extracts
Student	Miss Oranuch Hlongthon
Student ID.	51068502
Dregree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2010
Thesis Advisor	Dr. Yuporn Puechkamut

ABSTRACT

The study on extraction of antioxidant compounds form soybean and mung bean hulls were investigated. The effect of drying temperature (50, 75 and 80 °C) on the total polyphenol content and antioxidant capacities of the extracts from mung bean hull were studied. The result showed that the extracts of fresh soaked mung bean hull without drying has the highest content of total polyphenol content and antioxidant capacities compared to those of dried mung bean hull. The effect of extraction temperature was also studied. The result showed that extract temperature at 80 °C gave the highest content of total polyphenol and antioxidant capacities for both soybean and mung bean hulls. Moreover, the effect of extract time was elucidated. The extract time at 8 hours gave the highest content of total polyphenol and antioxidant capacities for both soybean and mung bean hulls. The antioxidant capacity of both soybean and mung bean hulls extracts in cooked ground pork were studied. The cooked ground pork with or without the extracts were vacuum packed and kept at 4 °C for 15 days. The results showed that the extracts from both bean hulls inhibited the formation of TBARS and conjugated dienes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น คำแนะนำอันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการทำงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกให้แก่ข้าพเจ้าในการปฏิบัติงานทุกครั้ง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจ คอยช่วยเหลือและสนับสนุนข้าพเจ้ามาตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่คณาจารย์และผู้มีพระคุณ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่ผู้เดียว

อรนุช หลงทอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ถั่วเหลือง.....3

2.2 เปลือกถั่วเหลือง.....4

2.3 ถั่วเขียว.....5

2.4 เปลือกถั่วเขียว.....6

2.5 อนุมูลอิสระ.....7

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ.....7

2.7 สารประกอบฟีนอลิก.....8

2.7.1 ลักษณะทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก.....8

2.7.2 สมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารประกอบฟีนอลิก.....9

2.7.3 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็น สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....10

2.8 ปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหาร....14
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....15

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....18
3.1 วัตถุดิบ....18
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์....18
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์....18
3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง....19
3.5 วิธีการดำเนินงาน....19
3.5.1 การเตรียมเปลือกถั่ว....19
3.5.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน....20
3.5.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว....21
3.5.4 ศึกษาผลของเวลาการสกัดต่อปริมาณและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว....22
3.5.5 ศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกถั่วเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์หมูบด....22
3.6 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ....23

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง....24
4.1 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณและความสามารถ
ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง
และเปลือกถั่วเขียว.....27
4.3 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณและความสามารถ
ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัด
จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว.....32
4.4 ผลของการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด.....36

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....41

บรรณานุกรม.....43

ภาคผนวก.....48
ก การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด.....48
ข วิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....50
ค การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)
และวิเคราะห์ conjugated dienes.....53
ประวัติผู้เขียน.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง....4

2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเหลือง....4

2.3 ปริมาณสารอาหารในเมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม....6

2.4 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเขียว 100 กรัม....6

4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....24

4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด และเปลือกถั่วเขียวอบแห้ง....26

4.3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....27

4.4 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....28

4.5 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....30

4.6 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสาร สกัดจากเปลือกถั่วเขียว....30

4.7 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....32

4.8 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....33

4.9 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัด จากเปลือกถั่วเหลือง....34

4.10 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....35

4.11 ค่า TBARS (มิลลิกรัม malondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง....4
2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเหลือง....4
2.3 ปริมาณสารอาหารในเมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม....6
2.4 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเขียว 100 กรัม....6
4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....24
4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด และเปลือกถั่วเขียวอบแห้ง....26
4.3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....27
4.4 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....28
4.5 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....30
4.6 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสาร สกัดจากเปลือกถั่วเขียว....30
4.7 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง....32
4.8 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....33
4.9 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัด จากเปลือกถั่วเหลือง....34
4.10 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว....35
4.11 ค่า TBARS (มิลลิกรัม malondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 Conjugated dienes (μmole/กรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ....37

4.13 ค่า TBARS (มิลลิกรัมmalondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับต่างๆ....38

4.14 Conjugated dienes (μmole/กรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับต่างๆ....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด.....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารแอนติออกซิแดนท์มีสมบัติชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะช่วยยืดระยะเวลาการเก็บอาหาร ทำให้สีและกลิ่นของอาหารมีความคงตัวมากขึ้น ช่วยปรับปรุงความคงตัวของน้ำมันและไขมันที่เป็นส่วนผสมของอาหาร โดยที่สารแอนติออกซิแดนท์ทำหน้าที่ขัดขวางการเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนสี การเสื่อมสภาพของอาหารเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน การนำสารแอนติออกซิแดนท์ใช้ในทางการแพทย์ สามารถลดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นตัวทำลายเซลล์ของร่างกายให้เสื่อม สารแอนติออกซิแดนท์จะทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่คงตัว สารแอนติออกซิแดนท์ที่สามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด เช่น เครื่องเทศ ได้แก่ กานพลู อบเชย พริกไทยดำ ขิง กระเทียม และหัวหอม (Banias *et al.*,1992) เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ทางธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ

ถั่วเหลืองและถั่วเขียวเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ มีการนำถั่วเหลืองและถั่วเขียวมาเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น วุ้นเส้น แป้งซ่าหริ่ม การเพาะถั่วงอก เต้าหู้ นมถั่วเหลือง โปรตีนเกษตร และขนมต่างๆ เป็นต้น ทำให้มีอัตราการเติบโตของการใช้ถั่วทั้งสองชนิดภายในประเทศเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการใช้ถั่วเหลืองทั้งประเทศในปี 2544/45 มีปริมาณการใช้ในประเทศ 1,830,950 ตัน และปริมาณการใช้ถั่วเขียวทั้งประเทศในปี 25442/43 มีปริมาณการใช้ในประเทศ 225,157 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542-2545) ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ถั่วทั้งสองชนิด จะมีส่วนเหลือทิ้งของกากถั่วเหลืองและเปลือกถั่วทั้งสองชนิด ในกรณีของกากถั่วเหลือง มีรายงานวิจัยหลายฉบับสนับสนุนการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเพิ่มมูลค่า (ยุพร, 2550) อย่างไรก็ตามในกรณีของเปลือกถั่วโรงงานนิยมนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ มีรายงานการวิจัยพบว่าสารสกัดจากส่วนเปลือกของพืชหลายชนิดมีสมบัติการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ที่มีประสิทธิภาพ (Gorinstein *et al.*, 2001) เช่น สารสกัดจากเปลือกถั่วลิสงมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Lee *et al.*, 2006) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสกัดสารในกลุ่มโพลีฟีนอลออกจากส่วนเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดในหลอดทดลองและในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นอกจากนี้ถั่วเขียวมีส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีลักษณะบาง ไม่สามารถกะเทาะออกได้โดยตรงต้องนำเอาเมล็ดถั่วเขียวแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการหาแหล่งสารแอนติออกซิแดนท์จากธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์

2. ศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

3. ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

4. ศึกษาการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว ซึ่งได้ศึกษาปริมาณสารสกัด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก พร้อมทั้งได้นำสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ที่ทดสอบด้วยวิธีการ TBARS และ คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวที่กะเทาะเปลือกแบบเปียก

2. เป็นแนวทางการนำสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวมาใช้เป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลืองเป็นพืชอยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์หลายชื่อ เช่น *Glycine soja, Soja hispida, Phaseolus max* เป็นต้น แต่ชื่อที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือ *Glycine max* (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญเรียกต่างๆกันไปเช่น Soja bean , Chinese pea และ Soybean ซึ่งชื่อ Soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด (อภิพรรณ, 2546)

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาด เปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่งอก และรอยที่คล้ายแผลเป็น สามารถเห็นได้ชัดบนส่วนห่อหุ้มเมล็ดนั้นเรียกว่า hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นคล้ายรูเปิดเล็กๆที่สามารถดูดซึมน้ำเข้าไปได้

2.1.2 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

อาหารที่ทำจากถั่วเหลืองของประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก และผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง ได้แก่ ถั่วเน่า เทมเป้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้น ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศ การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วที่อุดมด้วยโปรตีน ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้ เช่น เนื้อเทียม (โปรตีนเกษตร) แป้ง เบเกอรี่ เป็นต้น ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลายๆประเทศ เพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่นั้น ได้แก่ ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง อีกทั้งยังมีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากถั่วเหลืองอีกด้วย (อภิพรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใยและเถ้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
โปรตีน	34.81
คาร์โบไฮเดรต	35.6
ไขมัน	19.73
ความชื้น	7.50
เส้นใย	5.29
เถ้า	4.57

ที่มา : Rehman และคณะ (2007)

2.2 เปลือกถั่วเหลือง (Soybean hull)

ถ้าถั่วเหลืองทั้งเมล็ดคิดเป็น 100 ส่วน 8 ส่วน ของถั่วเหลืองทั้งเมล็ด คือเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเปลือกหุ้มเมล็ดทำหน้าที่ป้องกันส่วนใบเลี้ยง (cotyledon) และ ต้นอ่อน (hypocotyls) จากการถูกทำลาย จึงทำให้ส่วนของเปลือกเป็นส่วนที่ยากแก่การเอาออก

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเหลือง

สารอาหาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
คาร์โบไฮเดรต	85.7
โปรตีน	9
ความชื้น	7.8
เถ้า	4.3
ไขมัน	1

ที่มา: Liu, (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของไขมัน 1 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย กรดไขมันหลายชนิดคือ กรดปาล์มิติก 23.2 มิลลิกรัม กรดสเตียริก 14.8 มิลลิกรัม กรดโอเลอิก 14.9 มิลลิกรัม กรดไลโนเลอิก 22.7 มิลลิกรัม อีกทั้งยังประกอบด้วยพวกสเตอรอย 3 ชนิด คือ แคมเปสเตอรอล (campesterol) สติกมาสเตอรอล (stigmasterol) และ เบต้า ไซโตสเตอรอล (beta-sitosterol) เมื่อคิดเป็นสัดส่วนคือ 1 : 1.5 : 2

เปลือกถั่วเหลืองเป็นส่วนของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาเปลือกถั่วเหลืองไปเป็นอาหารสัตว์ อีกทั้งยังได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยให้เปลือกถั่วเหลืองเป็นแหล่งของใยอาหารที่สำคัญของมนุษย์ และมีคุณสมบัติในการลดระดับคลอเรสเตอรอลในน้ำเหลือง (Graf and Eaton., 1993) ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีผู้พัฒนาเปลือกถั่วเหลืองไปเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และเปลือกถั่วเหลืองยังอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กในถั่วเหลืองพบว่ามีธาตุเหล็ก 32 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเปลือกถั่วเหลือง ดังนั้นจึงได้มีการนำเปลือกถั่วเหลืองมาเป็นแหล่งของธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์อาหารเช้าซีเรียล (Liu., 1997)

2.3 ถั่วเขียว (Mung bean)

ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุกประเภทใบเลี้ยงคู่ อยู่ในวงศ์ Leguminosae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Vigna radiate* (L.) Witzek (ทรงเชาว์, 2531) เป็นพืชตระกูลถั่วที่คนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารคาว อาหารหวาน แหล่งปลูกถั่วเขียวในประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อภิพรรณ, 2546) ถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและนิยมปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยเพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย ปลูกได้ดีในดินแทบทุกชนิด มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นปลูกได้ตลอดปี การปฏิบัติดูแลน้อยเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เกษตรกรนิยมปลูกถั่วเขียวเป็นพืชหมุนเวียนกับข้าวและพืชไร่ต่างๆ ผลผลิตถั่วเขียวที่ได้ทั้งหมดมาจากถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวด้านประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นถั่วเขียวผิวดำ

โครงสร้างของเมล็ดถั่วเขียวมีลักษณะกลมจนถึงวงรี มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) 12.1 เปอร์เซ็นต์ ต้นอ่อน (embryo) 2.3 เปอร์เซ็นต์ และใบเลี้ยง (cotyledon) 85.6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ด แต่ละส่วนของถั่วเขียวมีปริมาณสารอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน ส่วนของต้นอ่อนมีปริมาณโปรตีนและไขมันมากที่สุด ในขณะที่ส่วนของใบเลี้ยงจะมีแป้งมากที่สุด และในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดมีกากใยประเภท เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และ ลิกนิน (lignin) มากที่สุด (Adsule *et al.*,1989) องค์ประกอบทางโภชนาการของเมล็ดถั่วเขียวแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารอาหารในเมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ (กรัม)
โปรตีน	10.6
ไขมัน	0.6
เถ้า	3
กากใย	25.6
แป้ง	60.2
ฟอสฟอรัส	0.04
แคลเซียม	0.18
เหล็ก (มิลลิกรัม)	7.0

ที่มา: Adsule และคณะ (1989)

2.4 เปลือกถั่วเขียว (Mung bean hull)

ปริมาณสารอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้าและความชื้น ในเปลือกถั่วเขียวแต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางโภชนาการของเปลือกถั่วเขียว 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารของเปลือกถั่วงอก (กรัม)	ปริมาณสารอาหารของเปลือกฝัก (กรัม)	ปริมาณสารอาหารของเปลือกหุ้มเมล็ด (กรัม)
โปรตีน	4.73	5.53	8.15
คาร์โบไฮเดรต	40.67	84.51	78.1
ไขมัน	0.44	1.01	2.06
เถ้า	0.03	0.07	0.04
ความชื้น	54.13	8.88	11.65

ที่มา: Adsule และคณะ (1989)

ปริมาณโปรตีนพบมากที่สุดในเปลือกหุ้มเมล็ด รองลงมาคือ เปลือกฝักและเปลือกถั่วงอก 8.15 กรัม 5.53 กรัมและ 4.73 กรัม ตามลำดับ ปริมาณไขมันพบมากที่สุดในเปลือกหุ้มเมล็ด รองลงมาคือ เปลือกฝักและเปลือกถั่วงอก 2.06 กรัม 1.01 กรัม และ 0.44 กรัม ตามลำดับ ความชื้นมีมากในเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วงอก รองลงมาคือเปลือกหุ้มเมล็ด และเปลือกฝัก 54.16 กรัม 11.65 กรัม และ 8.88 กรัม ตามลำดับ (Adsule *et al.*, 1989)

2.5 อนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลของสารใดๆที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยอิสระ โดยที่โมเลกุลจะประกอบด้วยอิเลคตรอนวงนอกที่ไม่ได้จับคู่ (unpair electron) เพียงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งขึ้นไป ซึ่งการมีอิเลคตรอนวงนอกที่ไม่ได้จับคู่ทำให้อนุมูลอิสระไวต่อปฏิกิริยาในการที่จะดึงอิเลคตรอนจากโมเลกุลอื่นเพื่อกลับคืนเป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว (Willcox *et al.*, 2004) และเกิดปฏิกิริยาการดึงอิเลคตรอนต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (เพ็ญนภา, 2548)

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ สารขจัดอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น กรดยูริค บิลิรูบิน จะกำจัดอนุมูลอิสระ ส่วนวิตามินซี วิตามินอี กลูตาไทโอน เบตาแคโรทีน และยูบิควิโนน จะหยุดปฏิกิริยาของการเกิดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระประเภทหลังมีบทบาทสำคัญในการทำให้ออกซิเดชันของไขมันสิ้นสุดลง สารต้านอนุมูลอิสระที่กล่าวมามีโครงสร้างทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน เช่น วิตามินอี มีโครงสร้างเคมีที่ละลายได้ดีในไขมัน ดังนั้นจึงสามารถเข้าไปออกฤทธิ์ที่ผนังเซลล์ได้ วิตามินอี จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์แรงสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ วิตามินอีจะทำปฏิกิริยาขจัดอนุมูลลิพิดเปอร์ออกซี (lipid peroxy) และได้เป็นอนุมูลวิตามินอี ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีความไวต่ำ ทำให้ไม่สามารถเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันต่อไปได้

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1.) **สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants)**

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่ บิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole (BHA)) บิวทิเลเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene (BHT)) และโพรพิลแกลเลต (propyl gallate (PG)) ใช้เติมลงในอาหารเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบของไขมันและน้ำมันในอาหาร (Maisuthisakul *et al.*, 2007 ; Yamazaki *et al.*, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ (Natural antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท (Frankel and Meyer, 2000) ได้แก่

(1) สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของเอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ คาทาเลส (catalase) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เป็นต้น

(2) สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของวิตามิน ได้แก่ วิตามินอี ซี และเอ

(3) สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของแร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียมและสังกะสี ซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ที่ต้านออกซิเดชัน

(4) สารต้านออกซิเดชันในกลุ่มของสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เช่น แคโรทีน (carotene) ไลโคปีน (licopene) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นต้น

2.7 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารพฤกษเคมีที่พบได้ทั่วไปในพืชหลายชนิด ปัจจุบันได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเจ็บป่วยและการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ อันมีสาเหตุมาจากภาวะ oxidative stress ภายในร่างกาย นอกจากนั้นยังนำมาใช้กับอาหาร เพื่อเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในการป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร อันมีสาเหตุเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบไขมันในอาหาร

2.7.1 ลักษณะทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบในกลุ่ม secondary metabolite ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิถี เพนโตสฟอสเฟตชิกิเมต (pentose phosphate shikimate) และ ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid) ที่พบในพืช มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของพืช รวมทั้งช่วยปกป้องพืชจากการติดเชื้อหรือถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ และยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเกิดสีและกลิ่นรสในผักผลไม้อีกด้วย โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกจะพบมากบริเวณผิวชั้นนอกของพืช เช่น เปลือก เพื่อทำหน้าที่ปกป้องสารต่างๆที่อยู่ภายใน โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ตั้งแต่1 หมู่ขึ้นไปมาเกาะอยู่ มีโครงสร้างตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่ายไปจนถึงโครงสร้างที่เป็นโพลีเมอร์ ในธรรมชาติสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรูปอิสระ (free form) จะพบได้เพียงเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่จะพบในรูปที่รวมอยู่กับสารประกอบอื่นๆ (bound form) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีทั้งชนิดที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (conjugated forms/soluble phenolics) และที่อยู่ในรูปที่จับกับสารโพลีเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช (insoluble bound forms/insoluble phenolics) โดยมักพบสารประกอบฟีนอลิกรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาล เช่น น้ำตาลกลูโคส (glucose) กาแลกโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโลส (xylose) อะลาบิโนส (arabinose) และอนุพันธ์ของน้ำตาล เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลกตูโลนิก (galacturonic acid) ในรูปไกลโคไซด์ (glycosides) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิด เช่น โพลีแซคคาไรด์ กรดอินทรีย์ ไขมัน ฟีนอลิก และอะมีน (Balasundram *et al.*, 2006 ; Karakaya, 2004 ; Podsedek, 2007 ; วิวัฒน์, 2545)

2.7.2 สมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติ ทั้งในอาหารและระบบของสิ่งมีชีวิต โดยการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบไขมันในอาหารหรือกำจัดอนุมูลอิสระที่มากเกินพออันเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะการเจ็บป่วยต่างๆ ซึ่งการที่สารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้น เกี่ยวเนื่องกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความคงตัวและมีพลังงานน้อยลงไม่สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นเพื่อเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระต่อไปได้อีก นอกจากนั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังคงสามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระต่อไปได้อีก นอกจากนั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังคงสามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีก ทำให้สามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ โดยแสดงดังปฏิกิริยา (พิชญ์อร, 2547 ; วิวัฒน์, 2545 ; Balasundram *et al.*, 2006)

$$R^{\cdot} + AH \longrightarrow RH + A^{\cdot}$$

$$RO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot}$$

$$ROO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROOH + A^{\cdot}$$

$$R^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow RH$$

$$RO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROA$$

$$ROO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROOA$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ แสงและเอนไซม์ รวมถึงการรวมตัวกับโมเลกุลอื่น (วิวัฒน์, 2545)

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทต่อสมบัติของการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีผลให้หมู่ไฮดรอกซิลเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกด้วยเช่นกัน

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูป มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ และระเหยกลายเป็นไอ เช่น ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างเป็นแบบ C_6-C_3-C_6 ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและวงแหวน A จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์และจะระเหยไปพร้อมกับน้ำ

3. แสง

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก เช่น หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนอีกด้วย

4. เอนไซม์

ในสภาวะที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) อยู่ด้วย จะเร่งการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดให้เกิดเร็วขึ้นได้ แต่อัตราการเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอิพิคาทิชิน ((-)-epicatechin) ได้ดีกว่าคาทิชิน ((+)-catechin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่น

สารประกอบฟีนอลิก สามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคาไรด์ อัลคารอยด์และแอนโทไซยานินได้ง่าย ปฏิกิริยาที่เกิดอาจเป็นแบบผันกลับได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอนไซม์ และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและเกิดตะกอนแยกออกมาหรือเกิดพันธะโควาเลนท์ รวมกันเป็นสารใหม่ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ ปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้

2.8 ปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid peroxidation)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) นอกเหนือจากการเสื่อมคุณภาพจากจุลินทรีย์ การเสื่อมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันมักจะเกิดกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) กรดลิโนเลนิค (linolenic acid) และกรดอะราชิโดนิค (arachidonic acid) เป็นต้น ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่มากกว่าหนึ่งพันธะในโครงสร้าง ซึ่งมีความว่องไวสูงจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศ

ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ การเสื่อมคุณภาพเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจเกิดจากกลไกที่เกี่ยวข้องหรือไปเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ก็ได้ การเสื่อมคุณภาพที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์ เช่น การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลติก (hydrolytic) ในเนยเหลว โดยเอนไซม์ไลเปสจะไปย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ในไตรกลีเซอร์ไรด์แล้วให้กรดไขมันสายสั้น เช่น กรดบิวทีริค (butyric acid) กรดคาไพรริค (caprylic acid) และกรดคาพริค (capric acid) เป็นต้น ซึ่งผลผลิตที่ได้จะเข้าสู่วงจรของปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปทำให้เกิดกลิ่น รส ที่ไม่พึงประสงค์ในเนยเหลว เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันคือ เอนไซม์ไลพอกซิเจนเนส (lipoxigenase) พบมากในพืชตระกูลถั่ว การทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเจนเนส จะไปออกซิไดซ์กรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะที่หมู่เมทีลีน (methylene) ซึ่งอยู่ระหว่างพันธะคู่ที่มีโครงสร้างแบบซีส (cis) เช่น กรดลิโนเลอิค กรดลิโนเลนิค และกรดอะราชิโดนิค ทำให้เกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจนกระทั่งได้อนุมูลอิสระไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเมื่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวจะให้อนุมูลอิสระในแบบต่างๆทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ การควบคุมการเกิดออกซิเดชันที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุมาจากเอนไซม์สามารถทำได้โดยทำลายเอนไซม์ให้หมดสภาพ เช่น การใช้ความร้อน การลดปริมาณความชื้นให้ต่ำหรือการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ได้มีสาเหตุมาจากเอนไซม์เพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระ หรือเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอร์รอลที่อยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อไขมันหรือน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารสัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ

$$RH \longrightarrow R^{\circ} + H^{\circ}$$

$$RH + O_2 \longrightarrow R^{\circ} + {}^{\circ}OOH$$

2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ

$$R^{\circ} + O \longrightarrow ROO^{\circ}$$

$$ROO^{\circ} + RH \longrightarrow R^{\circ} + ROOH$$

$$ROOH \longrightarrow RO^{\circ} + HO^{\circ}$$

3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products)

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

$$ROO^{\circ} + ROO^{\circ} \longrightarrow ROOR + O_2$$

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

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

$$2RO^{\circ} + 2ROO^{\circ} \longrightarrow 2ROOR + O_2$$

ปฏิกิริยาเริ่มต้นของการเกิดอนุมูลอิสระ เกิดจากคาร์บอนอะตอมที่อยู่ใกล้ตำแหน่งพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูญเสียไฮโดรเจน โดยมีความร้อน แสงสว่างและโลหะเป็นตัวเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (peroxy radical, ROO˙) ซึ่งอนุมูลเพอร์ออกซีจะเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันโมเลกุลใหม่ เพื่อดึงเอาไฮโดรเจนอะตอม ทำให้ได้ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และเกิดอนุมูลอิสระไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon radical, R˙) ขึ้นใหม่ ซึ่งอนุมูลอิสระ R˙ที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและเกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องวนเวียนซ้ำไปเรื่อยๆ ส่วนไฮโดรเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นและเป็นผลิตภัณฑ์เริ่มต้นของปฏิกิริยาจะไม่คงตัว จึงเกิดปฏิกิริยาต่อไป โดยการสลายตัวหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่น ทำให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ที่มีน้ำหนักโลเลกุลขนาดต่างๆกัน ทำให้เกิดสารให้กลิ่นรสที่ไม่ดี และเมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากพอก็จะทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาก็จะหยุดลงแต่หากยังมีออกซิเจนมากพอก็จะเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 1 (Initiation) เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระใหม่ (นิธิยา, 2545 ; Deman, 1999 ; Hamilton, 1994)

นอกจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์การอาหารยังให้ความสนใจกับการเกิดออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตที่เกิดขึ้นเป็นพิษต่อเซลล์ต่อหลอดเลือด ก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัวก่อให้เกิดการกลายพันธุ์และเป็นสารก่อมะเร็ง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลพบได้ในอาหารแปรรูปหลายชนิดที่มาจากสัตว์ เช่น ไข่แดง ไขมันที่ผ่านความร้อน ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์นม แต่จะไม่พบในน้ำมันที่มาจากพืช (นิธิยา, 2545) การเกิดออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลนั้นจะเกิดเมื่อมีการสัมผัสกับออกซิเจน ความร้อน แสง และรังสีต่างๆ สำหรับในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นอาจเกิดออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลจะเกิดในขั้นตอนของการให้ความร้อน การเก็บรักษาแบบแช่แข็งและขั้นตอนต่างๆในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Wang *et al.*, 1995)

ลิพิดออกซิเดชันเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และในเนื้อสัตว์ ซึ่งกระบวนการนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนสี กลิ่น รส ที่ไม่พึงประสงค์อีกทั้งยังทำให้เกิดการฟอร์มตัวของสารประกอบที่เป็นพิษในผลิตภัณฑ์ (Morrisey *et al.*, 1998) การเกิดออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากออกซิเจนสัมผัสกับไขมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน ซึ่งมักเกิดกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่มากกว่าหนึ่งพันธะในโครงสร้างและมีความไวสูงจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย เมื่อเกิดการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะได้เป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งเป็น primary oxidation product โดยมีสมบัติที่ไม่เสถียร เมื่อไฮโดรเปอร์ออกไซด์แตกตัวให้อนุมูลอิสระในแบบต่างๆอาจจะสลายตัวหรือเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่น (secondary oxidation product) (Warner, 1997) ในขั้นนี้จะเกิดการฟอร์มตัวของ conjugated dienes ขึ้นเนื่องจากพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดซ์และเกิดการสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนอะตอมตรงตำแหน่งพันธะคู่ การเกิดการฟอร์มตัวของ conjugated dienes สามารถใช้บ่งชี้คุณภาพของอาหารประเภทไขมัน ซึ่งสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารด้วยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยวัดที่ช่วงความยาวคลื่น 233-268 นาโนเมตร (Ronald *et al.*, 2004) จากการที่สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์มีสมบัติไม่เสถียรจึงสามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่น และเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบอื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดต่างๆกันทำให้เกิดสารให้กลิ่นได้แก่ อัลเคน (alkanes) อัลคีน (alkenes) อัลดีไฮด์ (aldehydes) คีโตน (ketones) แอลกอฮอล์ (alcohols) เอสเทอร์ (esters) ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีกลิ่นหืน และสามารถตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้โดยการวิเคราะห์ค่า thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ใช้หลักการของวิธีการวัดความเข้มของสารสีชมพูแดงที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตร ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไธโอบาร์บิทูริค (thiobarbituric) กับoxidized lipids ได้เป็นสารประกอบที่มีสีชมพูแดง

2.8.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหาร

ไขมันและน้ำมันที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ หลายชนิดซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ส่วนประกอบอื่นๆในอาหารอาจทำหน้าที่ร่วมกันออกซิไดซ์ (co-oxidize) หรือทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมันที่ถูกออกซิไดซ์แล้ว หรือผลผลิตที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันมีดังนี้

2.8.1.1 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งการเกิดออกซิเดชันสามารถเกิดได้ทั้งกับกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว แต่อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันและระดับความไม่อิ่มตัว โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่าดังนี้ กรดอะราชิโดนิค (20:4) > กรดลิโนเลนิค (18:3) > กรดลิโนเลอิค (18:2) > กรดโอเลอิค (18:1) นอกจากนี้ตำแหน่งและโครงสร้างของพันธะคู่ยังมีผลด้วยคือ กรดไขมันที่มีโครงสร้างแบบซีสไอโซเมอร์ (cis isomer) จะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่าทรานไอโซเมอร์ (trans isomer) และตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกท (conjugated double bond) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่าพันธะคู่ที่ไม่ใช่แบบคอนจูเกท (non conjugated double bond) การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้องไม่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันอิ่มตัว แต่จะมีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และเมื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงในการแปรรูปอาหารเช่น การทอด กรดไขมันชนิดอิ่มตัวก็อาจเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันได้เช่นเดียวกัน

2.8.1.2 ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อสัตว์ ในสัตว์แต่ละชนิดจะมีการสะสมไขมันอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกายแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เพศ อายุ และตำแหน่งเนื้อเยื่อ เมื่อนำเนื้อเยื่อจากสัตว์แต่ละชนิดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Rhee และคณะ (1996) พบว่าเนื้อวัว และเนื้อหมูบด (เนื้อเยื่อส่วน longissimus dorsi และ semimembranosus) ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งมีอัตราการเกิดออกซิเดชันสูงกว่าเนื้อไก่ (เนื้อเยื่อส่วน thigh) เนื่องจากในเนื้อวัวและเนื้อหมูมีรงควัตถุฮีมเป็นองค์ประกอบมากกว่าเนื้อไก่ แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อนำเนื้อสัตว์ดังกล่าวมาทำให้สุกเนื้อไก่จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากที่สุด เนื่องจากตำแหน่งของเนื้อไก่ที่นำมาใช้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าเนื้อวัวและเนื้อหมู ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบอยู่ตามเนื้อเยื่อต่างๆเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เนื้อสัตว์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน และยังพบอีกว่าตำแหน่งของเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันก็มีผลทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันจึงมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่างกันไป

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lee และคณะ (2006) ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกถั่วลิสง โดยให้ความร้อนกับเปลือกถั่วที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 40 และ 60 นาที ก่อนทำการสกัดด้วยน้ำ พบว่า สารสกัดจากเปลือกถั่วลิสง มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยเปลือกถั่วลิสงที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จะให้สารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน

Katsube และคณะ (2009) ศึกษาผลของอุณหภูมิอบลมร้อนต่อความสามารถการต้านออกซิเดชัน และความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลในส่วนของกากผลมัลเบอร์รี (*Morus alba* L.) พบว่ากากของผลมัลเบอร์รีเมื่อนำมาผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไปจะมีผลต่อการต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกากของผลมัลเบอร์รีที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส และกากที่แช่เย็นพบว่าทั้งคู่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่ากากของผลมัลเบอร์รีที่ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kang และคณะ (2006) ศึกษาผลของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แก่ตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกส้ม พบว่าการให้ความร้อนในสภาวะดังกล่าวไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลดลง ซึ่งสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจะยังคงเดิม การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดจากการเกิดสารประกอบชนิดใหม่ในระหว่างการให้ความร้อน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือส่งเสริมปฏิกิริยาออกซิเดชัน (prooxidations)

Sousa และคณะ (2008) ศึกษาผลของสารละลายและอุณหภูมิในการสกัดสารสกัดจากมะกอก (*alcaparras*) โดยเปรียบเทียบการสกัดด้วยน้ำ และเมธานอลที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำและเมธานอล ได้พบว่าสารสกัดจากมะกอก (*alcaparras*) ทำการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือดแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง และการสกัดด้วยเมธานอลที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิจุดเดือดของเมธานอลเอง

Kirca และคณะ (2006) ศึกษาผลของอุณหภูมิ และพีเอชต่อความคงตัวของแอนโธไซยานินในแครอทสีดำ พบว่าการสกัดสารแอนโธไซยานินจากแครอทสีดำที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส พีเอช 4.3 ให้ปริมาณแอนโธไซยานินสูงสุด และเมื่อทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันก็พบว่า สารสกัดจากแครอทสีดำ ที่สกัดที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แสดงความสามารถในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ได้ดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส

Chandrika และ Fereidoon (2005) ศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากข้าวสาลีโดยเปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาในการสกัด พบว่าการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากข้าวสาลีโดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง และยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส และใช้เวลาการสกัดน้อยกว่า 12 ชั่วโมง

Pena-Ramos และ Xiong (2003) ศึกษาโปรตีนเวย์สกัดและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ยับยั้งลิพิดออกซิเดชันในแพทตี้หมู โดยทำการย่อยโปรตีนเวย์และโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการต้านลิพิดเปอร์ออกซิเดชันเปรียบเทียบกับโปรตีนเวย์สกัดและโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ไม่ผ่านการดัดแปร พบว่าโปรตีนเวย์สกัดและโปรตีนถั่วเหลืองสกัดสามารถยับยั้งการฟอร์มตัวของ คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) และความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันในแพทตี้หมูที่ทดสอบด้วยวิธีการ TBARS ได้ดีกว่าโปรตีนเวย์และโปรตีนถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการดัดแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Juntachote และคณะ (2007) ศึกษาผลของผงข่าแห้ง และสารสกัดจากข่าต่อความคงตัวของการเกิดออกซิเดชันในเนื้อหมูบด โดยเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของผงข่าแห้ง (0.05%, 0.1% และ 0.15% w/w) และสารสกัดจากข่า (0.17%, 0.43% และ 0.51% w/w) พบว่าเนื้อหมูบดที่ใช้ผงข่าแห้งและสารสกัดจากข่าแสดงการยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการใช้ผงข่าแห้งที่ระดับ 0.15% และสารสกัดจากข่าที่ระดับ 0.51% สามารถยับยั้งการเกิด TBARS (thiobarbituric acid-reactive substances), ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value), คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) และ เฮกซานอล คอนเทน (hexanol content) ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

110456

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 ถั่วเขียว ตราไร่ทิพย์ บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.2.1 เครื่องกะเทาะเปลือก	
3.2.2 เครื่องบดแบบหยาบ	ยี่ห้อ Philip รุ่น Cucina , Indonesia
3.2.3 เครื่องบดแบบเข็ม (pin mill)	Retsh ZM 1000, Gemany
3.2.4 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Memmert UM 400, Germany
3.2.5 เครื่องสกัดแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	Beckman Coulter, USA
3.2.6 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary Evaporator)	B.U.C.H.I B-169, Switzerland
3.2.7 UV-VIS สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Shimadzu UV-1601, Japan
3.2.8 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Denver, Germany
3.2.9 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Pioneer, USA
3.2.10 Hot plate Stirrer	Ceramag, Thailand
3.2.11 เตาหลุมให้ความร้อน	J.Seecta, Spain
3.2.12 เครื่องทำความเย็น (Cooling)	รุ่น CBD1, Germany
3.2.10 อ่างควบคุมอุณหภูมิ	Memmert, Germany
3.2.12 ชุดกรองแบบสุญญากาศ	Sibata รุ่น WJ-20, Japan

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3.1 Ethanol 95 %	
3.3.2 Diphenyl-l-picryl-hydrazyl (DPPH)	Sigma USA
3.3.3 Folin-Ciocalteu reagent	BDH England

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 Sodium carbonate (Na_2CO_3)	Merck Germany
3.3.5 Gallic acid	Sigma Germany
3.3.6 Hydrochlolic acid (HCl)	Merck Germany
3.3.7 Sodium acetate (CH_3COONa)	Merck Germany
3.3.8 Iron(III)chloride hexahydrate (FeCl3.6H2O)	Sigma Sweden
3.3.9 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ)	Sigma Switzerland
3.3.10 Thiobarbituric acid	Fluka Germany
3.3.11 Acitic acid	Labscan analytical science Thailand

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีดำเนินงาน

3.5.1 การเตรียมเปลือกถั่ว (เปลือกถั่วเหลือง เปลือกถั่วเขียวสด และเปลือกถั่วเขียวแห้ง)

3.5.1.1 การเตรียมเปลือกถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองมากะเทาะเปลือกออกด้วยเครื่องกะเทาะ และแยกเปลือกออกจากส่วนของเนื้อเมล็ด จากนั้นนำเปลือกมาบดหยาบด้วยเครื่องบดแห้ง แล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแบบเข็ม (Pin mill) จากนั้นนำตัวอย่างเก็บในถุงพอลิเอทิลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.5.1.2 การเตรียมเปลือกถั่วเขียว

นำเมล็ดถั่วเขียวล้างให้สะอาดแล้วนำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแยกเอาเปลือกออกจากเมล็ด นำเปลือกใส่ตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบดหยาบจึงนำเปลือกที่ได้เก็บในถุงพอลิเอทิลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปลือกถั่วเขียวในขั้นตอนนี้เรียกว่า เปลือกถั่วเขียวสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

นำเปลือกถั่วเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส (จนมีความชื้นประมาณ 4±0.02 เปอร์เซ็นต์ (w/w)) เปลือกถั่วเขียวที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า เปลือกถั่วเขียวแห้ง จากนั้นนำเปลือกถั่วเขียวแห้ง บดหยาบด้วยเครื่องบดแห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแบบเข็ม (Pin mill) นำตัวอย่างเก็บในถุงพอลิเอทิลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

นำตัวอย่างเปลือกถั่วเขียวแห้ง และตัวอย่างเปลือกถั่วเขียวสด (เตรียมจากข้อ 3.5.1.2) ตัวอย่างละ 10 กรัม ผสมกับเอธานอล 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ เขย่าที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส (ambiance temperature)) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปั่นแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของแข็งออก นำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์4 จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล ให้ได้ 20 มิลลิลิตร และเก็บตัวอย่างสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดตามวิธีในข้อ 3.5.2.2 และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามวิธีในข้อ 3.5.2.3

3.5.2.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีที่รายงานโดยประพันธ์และวันทนีย์ (2545) โดยมีหลักการคือ สารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินซึ่งสามารถติดตามโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ก.

3.5.2.3 วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างสารสกัด

1.) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-2-picrylhidrazyl)

วิเคราะห์ตามวิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืช โดยมีหลักการคือ เมื่ออนุมูลอิสระสังเคราะห์ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะมีผลทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระ DPPH เปลี่ยนเป็นโมเลกุล DPPH เนื่องจากได้รับไฮโดรเจนอะตอมจากสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (แสดงดังสมการ) และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งตรวจวัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร วิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ข.

$$\underset{\text{(สีม่วง)}}{DPPH + AH} \longrightarrow \underset{\text{(ไม่มีสี)}}{DPPH\text{-}H + A}$$

2.) วิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain (1996) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้ทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยตรง โดยมีหลักการคือ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด สารที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน ferric tripyridyltriazine (Fe^{III}-TPTZ) ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเกลือเฟอร์รัส (Fe^{II}-TPTZ) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ให้สารสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ข.

$$\underset{\text{(สีส้ม)}}{(Fe^{III}\text{-TPTZ})} \longrightarrow \underset{\text{(สีน้ำเงิน)}}{(Fe^{II}\text{-TPTZ})}$$

3.5.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณ และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียว

นำเปลือกถั่วเหลือง ที่เตรียมได้ในข้อ 3.5.1.1 และเปลือกถั่วเขียว ที่ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี (โดยคัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 3.5.2) ตัวอย่างละ 10 กรัม ผสมกับเอธานอล 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ เขย่าที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส (ambiance temperature)) และในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปั่นแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของแข็งออก นำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์4 จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล ให้ได้ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระ DPPH เปลี่ยนเป็นโมเลกุล DPPH เนื่องจากได้รับไฮโดรเจนอะตอมจากสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (แสดงดังสมการ) และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งตรวจวัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร วิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ข.

$$\underset{\text{(สีม่วง)}}{DPPH + AH} \longrightarrow \underset{\text{(ไม่มีสี)}}{DPPH\text{-}H + A}$$

2.) วิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain (1996) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้ทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยตรง โดยมีหลักการคือ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด สารที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน ferric tripyridyltriazine (Fe^{III}-TPTZ) ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเกลือเฟอร์รัส (Fe^{II}-TPTZ) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ให้สารสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ข.

$$\underset{\text{(สีส้ม)}}{(Fe^{III}\text{-TPTZ})} \longrightarrow \underset{\text{(สีน้ำเงิน)}}{(Fe^{II}\text{-TPTZ})}$$

3.5.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณ และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียว

นำเปลือกถั่วเหลือง ที่เตรียมได้ในข้อ 3.5.1.1 และเปลือกถั่วเขียว ที่ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี (โดยคัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 3.5.2) ตัวอย่างละ 10 กรัม ผสมกับเอธานอล 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ เขย่าที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส (ambiance temperature)) และในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปั่นแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของแข็งออก นำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์4 จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล ให้ได้ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร และเก็บตัวอย่างสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดตามวิธีในข้อ 3.5.2.2 และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามวิธีในข้อ 3.5.2.3

3.5.4 ศึกษาผลของเวลาการสกัดต่อปริมาณ และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียว

นำเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียว ตัวอย่างละ 10 กรัม ผสมกับเอธานอล 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ เขย่าที่อุณหภูมิที่คัดเลือกจากการทดลองในข้อ 3.5.3 เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 8 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปั่นแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของแข็งออก นำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์4 และระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล ให้ได้ 20 มิลลิลิตร และเก็บตัวอย่างสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดตามวิธีในข้อ 3.5.2.2 และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามวิธีในข้อ 3.5.2.3

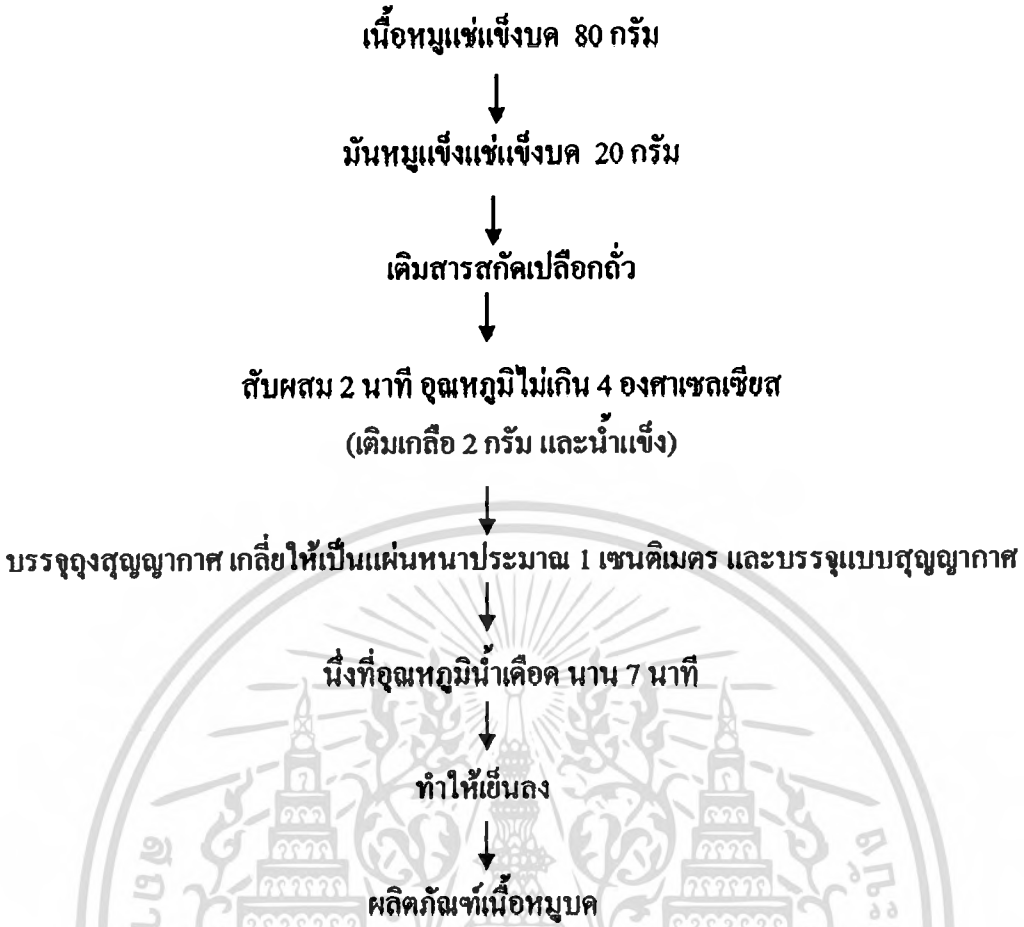
3.5.5 ศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกถั่วเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์หมูบด

เลือกตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียวโดยคัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 3.5.4 ทดสอบการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด โดยเติมสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียวที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด ดังภาพที่ 3.1 เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ติดตามการเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยการวิเคราะห์ ด้วยวิธีดังนี้

3.5.5.1 วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) ตามวิธีที่รายงานโดย Shahidi และคณะ (1995) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ค.

3.5.5.2 วิเคราะห์ค่าการเกิดการฟอร์มตัวของ conjugated dienes ตามวิธีของ Sirinivasan และคณะ (1996) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด
ที่มา : ดัดแปลงจาก Juntachote และคณะ (2007)

3.5.6 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

4.1.1 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

จากการวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด และเปลือกถั่วเขียวอบแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส (จนมีความชื้นประมาณ 4±0.02 เปอร์เซ็นต์ (w/w)) โดยคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ในหน่วยของมิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง)
เปลือกถั่วเขียวสด	17.57 ± 0.004^{c}
50	1.7 ± 0.002^{a}
75	2.49 ± 0.002^{b}
100	1.65 ± 0.002^{a}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของเปลือกถั่วเขียวสด (ไม่ผ่านการอบแห้ง) และเปลือกถั่วเขียวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆกัน จะเห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างเปลือกถั่วเขียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าตัวอย่างเปลือกถั่วเขียวสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 17.57 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อให้ความร้อนกับเปลือกถั่วเขียวที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส เปลือกถั่วเขียวมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเป็น 1.7, 2.49 และ1.65 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิสูงในระหว่างการอบแห้ง อาจมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ และระเหยกลายเป็นไอ เช่น ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างเป็นแบบ C_6-C_3-C_6 ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัว โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและวงแหวน A จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์และจะระเหยไปพร้อมกับน้ำ (วิวัฒน์, 2545) ในการทดลองยังให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Weider และคณะ (2002) พบว่าปริมาณของฟีนอลิกในข้าวไรย์มีปริมาณลดลงเมื่อนำมาผ่านกระบวนการอบแห้ง และจะมีปริมาณลดลงเป็นลำดับเมื่อใช้เวลาอบนานขึ้น และยังสอดคล้องกับการทดลองของ Mausour และ Khaili (2000) ที่พบว่าการลดลงของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากขิงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง โดย gingerol ในสารสกัดจากขิงที่เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกคีโตนจะไม่ถูกทำลาย ถ้าใช้อุณหภูมิในการทำแห้งไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

4.1.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อสมบัติการต้านออกซิเดชัน

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด (ไม่ผ่านการอบแห้ง) และเปลือกถั่วเขียวที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส โดยคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในหน่วย มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดและเปลือกถั่วเขียวอบแห้ง

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (หน่วย มิลลิกรัม Trolox Equivalent /กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระDPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก
เปลือกถั่วเขียวสด	4.43 ± 0.19^{c}	7.81 ± 0.02^{c}
50	0.28 ± 0.00^{b}	1.17 ± 0.01^{a}
75	0.30 ± 0.02^{b}	1.34 ± 0.007^{b}
100	0.15 ± 0.009^{a}	1.18 ± 0.007^{a}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของเปลือกถั่วเขียวสด และเปลือกถั่วเขียวอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยเปลือกถั่วเขียวสดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก สูงถึง 14.37 และ 7.81 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และเมื่อให้ความร้อนกับเปลือกถั่วเขียว พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกลดลง อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อกิจกรรมในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ซึ่งอุณหภูมิอาจจะไปลดองค์ประกอบทางเคมีของพืชและเพิ่มการสูญเสียจากการระเหยกลายเป็นไอ (Larrauri และคณะ, 1997) โดยเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกลดลงเป็น 0.15 และ 1.18 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ การอบแห้งทำให้ผนังเซลล์ของเปลือกถั่วเขียวเกิดการแห้งแข็ง เมื่อนำมาสกัดจึงอาจทำให้ตัวทำละลายแทรกผ่านเข้าไปด้านในเซลล์ได้ยาก และเข้าไปทำละลายได้น้อยจึงมีผลให้การปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกในเปลือกถั่วเขียวที่อยู่ในรูปที่ละลายได้ (soluble phenolic) ออกมาได้น้อย อีกทั้งการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้สารประกอบฟีนอลิกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ และระเหยกลายเป็นไอดังที่ได้กล่าวข้างต้น (วิวัฒน์, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะเห็นว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมีการความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นในลักษณะที่สัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยพบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัดที่ได้จากเปลือกถั่วเขียวแห้ง ดังนั้นจึงเลือกเปลือกถั่วเขียวสดเป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป

4.2 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

4.2.1 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารสกัดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

การวิเคราะห์ปริมาณสารสกัด และการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสดที่สกัดที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ 25, 50 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยคำนวณปริมาณสารสกัดที่ได้ในหน่วยของ กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง และคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในหน่วยของ มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง

อุณหภูมิในการสกัด (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารสกัด (กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง)
25	0.077 ± 0.007^{a}	0.80 ± 0.07^{a}
50	0.082 ± 0.000^{a}	0.87 ± 0.02^{b}
80	0.087 ± 0.007^{a}	1.40 ± 0.013^{c}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว

อุณหภูมิในการสกัด (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารสกัด (กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง)
25	0.283 ± 0.024^{a}	18.01 ± 0.014^{b}
50	0.316 ± 0.024^{a}	17.43 ± 0.042^{a}
80	0.283 ± 0.024^{a}	25.05 ± 0.20^{c}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองที่สกัดที่อุณหภูมิต่างๆกัน จะเห็นว่าอุณหภูมิในการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด พบว่าอุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น 0.795 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 50 และ 80 องศาเซลเซียส ก็พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.87 และ 1.40 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับกรณีของตัวอย่างเปลือกถั่วเขียวสด (ตารางที่ 4.4) พบว่าอุณหภูมิในการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการสกัดเปลือกถั่วเขียวสดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น 18.01 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 80 องศาเซลเซียส ก็พบว่าที่อุณหภูมิสูงสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 25.05 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากในธรรมชาติสารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในพืชส่วนใหญ่จะพบในรูปที่อยู่รวมกับสารอื่นที่เป็นองค์ประกอบของพืช (bound form) ซึ่งก็มีทั้งชนิดที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ และอยู่ในรูปที่จับกับสารโพลีเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช โดยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ จึงทำให้ไม่สามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลายโดยทั่วไปได้ง่าย (Balasundram *et al.*, 2006 ; Choi *et al.*, 2006) ดังนั้นการใช้ความร้อนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดนั้น ความร้อนอาจจะไปทำลายพันธะโควาเลนท์ จึงทำให้สามารถปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในพืชให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ ขณะเดียวกันความร้อนก็สามารถปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในรูปที่จับกับสารอื่นให้อยู่ในรูปที่สามารถละลายได้เช่นกัน (Dewanto *et al.*, 2002 ; Podsedek., 2007) จึงทำให้สามารถสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลจากพืชได้มากขึ้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kirca และคณะ (2006) พบว่าปริมาณแอนโธไซยานินจากแดรอทสีดำมีปริมาณเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิในการสกัด 70-80 องศาเซลเซียส และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sousa และคณะ (2008) ทำการสกัดสารสกัดจากมะกอก (*alcaparras*) โดยเปรียบเทียบการสกัดด้วยน้ำและเมธานอลและเปรียบเทียบการสกัดที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำและเมธานอล พบว่าการสกัดสารสกัดจากมะกอก (*alcaparras*) ด้วยน้ำและเมธานอลที่อุณหภูมิจุดเดือดของทั้งน้ำและเมธานอลจะให้ได้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยน้ำและเมธานอลที่อุณหภูมิห้อง และจากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นว่าตัวอย่างเปลือกถั่วเหลืองและตัวอย่างเปลือกถั่วเขียวมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าพืชแต่ละชนิดอาจมีสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบในรูปแบบและ/หรือโครงสร้างที่แตกต่างกัน และพบว่าเปลือกถั่วเขียวสดให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าเปลือกถั่วเหลือง

4.2.2 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียว

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง), 50 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง โดยคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในหน่วย มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง

อุณหภูมิสกัด (องศาเซลเซียส)	ความสามารถการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (มิลลิกรัม Trolox Equivalent / กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระDPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก
25	0.33 ± 0.024^{a}	0.28 ± 0.003^{a}
50	0.77 ± 0.005^{b}	$0.3 \pm .003^{b}$
80	1.40 ± 0.004^{c}	0.37 ± 0.0007^{c}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว

อุณหภูมิสกัด (องศาเซลเซียส)	ความสามารถการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (มิลลิกรัม Trolox Equivalent / กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระDPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก
25	14.13 ± 0.106^{a}	7.84 ± 0.021^{a}
50	16.01 ± 0.192^{b}	8.21 ± 0.021^{b}
80	42.10 ± 0.226^{c}	17.19 ± 0.00^{c}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง พบว่าอุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็น 0.33 และ 0.28 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 50 และ 80 องศาเซลเซียส ทำให้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นเป็น 0.77 และ 1.4 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ และมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกซ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.3 และ 0.37 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

จากผลการทดลองความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองได้ผลสอดคล้องในทิศทางเดียวกับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสด แสดงดังตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว พบว่าอุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อความสามารถในการปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการสกัดเปลือกถั่วเขียวสดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้สารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 14.13 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 50 และ 80 องศาเซลเซียส ทำให้สารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดมีความความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นเป็น 16.01 และ 42.1 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับความสามารถในการรีดิวเฟอร์ริก พบว่าเปลือกถั่วเขียวสดทำการสกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็น 7.84 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 50 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสดมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นเป็น 8.21 และ 17.19 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการสกัด ความร้อนอาจจะไปทำลายพันธะโควาเลนท์ทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลถูกสกัดออกมาได้เพิ่มมากขึ้น โดยปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจะสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) ดังนั้นจึงทำให้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Siriwardhana and Shahidi (2002) กล่าวว่ากระบวนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกในส่วนของ เมล็ด ผิว และเปลือกของอัลมอนด์ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือการใช้เอธานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง อีกทั้งยังทำให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Padda และ Picha (2008) พบว่าเนื้อมันเทศที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเมื่อนำมาทำการสกัดโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสด พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสดที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง และแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงได้เลือกอุณหภูมิในการสกัดที่ 80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สกัดตัวอย่างเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสด ในการทดลองต่อไป

4.3 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

4.3.1 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 8 ชั่วโมง โดยคำนวณปริมาณสารสกัดที่ได้ในหน่วยของกรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง และคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในหน่วยของ มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง

เวลาสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารสกัด (กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง)
1	0.087 ± 0.007^{a}	0.98 ± 0.002^{a}
3	0.082 ± 0.014^{a}	1.21 ± 0.007^{b}
5	0.093 ± 0.014^{a}	1.37 ± 0.010^{c}
8	0.092 ± 0.00^{a}	1.8 ± 0.002^{d}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว

เวลาสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารสกัด (กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง)
1	0.260 ± 0.00^{a}	25.38 ± 0.056^{a}
3	0.283 ± 0.023^{a}	26.39 ± 0.000^{b}
5	0.283 ± 0.023^{a}	27.19 ± 0.330^{c}
8	0.300 ± 0.047^{a}	32.59 ± 0.113^{d}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 เมื่อพิจารณาการปริมาณสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองที่สกัดในเวลาที่แตกต่างกัน จะเห็นว่าเวลาในการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเปลือกถั่วเหลืองทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น 0.98 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยจะเห็นได้จากเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 1.21, 1.37 และ 1.8 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ ซึ่งได้ให้ผลเช่นเดียวกับผลการทดลองของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว ดังข้อมูลในตารางที่ 4.8 ที่ทำการสกัดเปลือกถั่วเขียวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน พบว่าเวลาในการสกัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เวลาในการสกัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น 25.38 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง จะเห็นว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 26.39, 27.19 และ 32.59 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่างแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้ความร้อนในการสกัดมีผลทำให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลายและมีผลต่อการทำลายพันธะโควาเลนท์ ทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรูปที่ละลายได้ ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากหากใช้เวลาในการสกัดนานขึ้นก็จะทำให้สารประกอบฟีนอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกสกัดได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chandrika และ Fereidoon (2005) ศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากข้าวสาลีโดยเปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาในการสกัด พบว่าการสกัดสารสกัดจากข้าวสาลี โดยใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส และใช้เวลาการสกัดน้อยกว่า 12 ชั่วโมง

4.3.2 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว เมื่อทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1, 3, 5 และ 8 ชั่วโมง โดยคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในหน่วย มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง

เวลาสกัด (ชั่วโมง)	ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก
1	0.65 ± 0.003^{a}	0.30 ± 0.000^{a}
3	1.01 ± 0.014^{b}	0.33 ± 0.004^{b}
5	1.41 ± 0.007^{c}	0.39 ± 0.001^{c}
8	1.76 ± 0.007^{d}	0.44 ± 0.002^{d}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว

เวลาสกัด (ชั่วโมง)	ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก
1	28.65 ± 0.495^{a}	14.67 ± 0.014^{a}
3	37.90 ± 0.361^{b}	15.77 ± 0.049^{b}
5	55.76 ± 0.537^{c}	19.77 ± 0.028^{c}
8	67.23 ± 0.332^{d}	20.60 ± 0.042^{d}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 แสดงผลของเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง พบว่าเวลาในการสกัดมีผลต่อการความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะเห็นว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 0.65 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้นเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นเป็น 1.01, 1.41 และ1.76 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง ทำการสกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็น 0.30 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้นเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง ก็พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.33, 0.39 และ 0.44 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

ในกรณีของตัวอย่างเปลือกถั่วเขียว ให้ผลในทิศทางเดียวกับผลการทดลองของตัวอย่างเปลือกถั่วเหลือง จากข้อมูลในตารางที่ 4.10 แสดงผลของเวลาการสกัดต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าเวลาในการสกัดมีผลต่อการความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการสกัดเปลือกถั่วเขียวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 28.65 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง และเมื่อเพิ่มเวลาสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานขึ้นเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นเป็น 37.90, 55.76 และ 67.23 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และให้ผลเช่นเดียวกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว พบว่าเวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็น 14.67 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง และเมื่อเพิ่มเวลาการในการสกัดนานขึ้นเป็น 3, 5 และ 8 ชั่วโมง ก็พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นเช่นกันโดยมีค่าเป็น 15.77, 19.77 และ 20.60 มิลลิกรัม Trolox Equivalent/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบเวลาในการสกัดจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นโดยความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล หากปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลเพิ่มขึ้นความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน (ตารางที่ 4.7 และ 4.8) จากการวิเคราะห์ผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสด สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวที่สกัดที่เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ดังนั้นจึงได้เลือกตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสด ที่ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ใช้ในการทดลองต่อไป

4.4 ผลของการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด

จากการศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด โดยเติมสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆกันคือ 0.5, 1.5, 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่ไม่เติมสารสกัด (ตัวอย่างควบคุม) เก็บรักษาที่สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ค่า TBARS และ คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูบดทุก 5 วัน เป็นเวลา 15 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่า TBARS (มิลลิกรัม malondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
(%)	0	5	10	15
0	1.945±0.017^{b,D}	2.857±0.070^{a,C}	3.306±0.013^{b,B}	4.487±0.022^{a,A}
0.5	2.014±0.027^{aD}	2.384±0.034^{c,B}	2.038±0.031^{c,C}	3.750±0.447^{b,A}
1.5	1.616±0.013^{c,D}	2.290±0.015^{d,C}	3.425±0.018^{a,B}	3.438±0.040^{d,A}
3.0	1.417±0.023^{d,D}	2.447±0.040^{b,B}	1.945±0.013^{d,C}	3.468±0.047^{c,A}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่า Conjugated dienes (µmole/กรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
(%)	0	5	10	15
0	1.885±0.016^{a,A}	1.841 ± 0.007^{a,D}	1.843 ±0.006^{a,B}	1.824 ±0.002^{a,C}
0.5	1.815 ±0.004^{c,A}	1.815 ±0.005^{b,B}	1.600 ±0.003^{c,C}	1.600 ±0.003^{b,D}
1.5	1.802 ±0.003^{d,A}	1.769 ±0.007^{d,B}	1.695 ±0.012^{b,C}	1.583 ±0.004^{c,D}
3.0	1.874 ±0.008^{b,A}	1.785 ±0.001^{c,B}	1.600 ±0.008^{c,B}	1.555 ±0.002^{d,D}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS และ คอนจูเกตเด็ดไดอีน (conjugated dienes) หลังจากเก็บเป็นเวลา 15 วัน ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองที่ระดับ 0.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาแต่เพิ่มขึ้นช้ากว่าตัวอย่างควบคุม และการฟอร์มตัวของ คอนจูเกตเด็ดไดอีน (conjugated dienes) ลดลงระหว่างการเก็บและลดลงกว่าตัวอย่างควบคุม แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Bastida และคณะ (2009) กล่าวว่าสารสกัดจาก carob fruit มีสมบัติในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ธรรมชาติซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดลิพิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูปรุงสุกที่เก็บระหว่างการแช่เย็นและแช่แข็งได้

กรณีของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว พบว่าให้ผลในทิศทางเดียวกับผลของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับ 0.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาช้ากว่าตัวอย่างควบคุม และการฟอร์มตัวของ คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) ลดลงระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกถั่วเขียวมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับ 3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด จะสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยมีค่า TBARS หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เท่ากับ 2.974 มิลลิกรัม malondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง และการฟอร์มตัวของ คอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เท่ากับ 1.474 ไมโครโมล/กรัมตัวอย่าง

ตารางที่ 4.13 ค่า TBARS (มิลลิกรัมmalondialdehyde/กิโลกรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	5	10	15
0	$1.945\pm0.017^{a,D}$	$2.857\pm0.070^{a,C}$	$3.306\pm0.013^{b,B}$	$4.487\pm0.022^{a,A}$
0.5	$1.653\pm0.032^{c,D}$	$2.556\pm0.011^{b,C}$	$3.611\pm0.021^{a,B}$	$3.773\pm0.032^{b,A}$
1.5	$1.740\pm0.025^{b,D}$	$1.829\pm0.017^{c,C}$	$2.471\pm0032^{c,B}$	$3.281\pm0.105^{c,A}$
3.0	$1.065\pm0.021^{d,D}$	$1.667\pm0.029^{d,C}$	$1.750\pm0.017^{d,B}$	$2.974\pm0.036^{d,A}$

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่า Conjugated dienes (μmole/กรัมตัวอย่าง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดเปลือกถั่วเขียวที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	5	10	15
0	1.885±0.016^{a,A}	1.841 ± 0.007^{c,C}	1.843 ±0.006^{a,B}	1.824 ±0.002^{a,D}
0.5	1.881 ±0.003^{b,A}	1.864 ±0.003^{a,B}	1.596 ±0.001^{b,C}	1.587 ±0.001^{b,D}
1.5	1.871 ±0.001^{d,A}	1.843 ±0.002^{b,B}	1.530 ±0.002^{c,C}	1.511 ±0.005^{c,D}
3.0	1.880 ±0.002^{c,A}	1.826 ±0.013^{d,B}	1.527 ±0.01^{d,C}	1.474 ±0.006^{d,D}

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองการวิเคราะห์ค่า TBARS และค่าคอนจูเกตเต็ดไดอีน (conjugated dienes) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (ตารางที่ 4.7 - 4.10) พบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองในค่าที่สูงกว่ามาก อาจเป็นไปได้ว่าการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบในหลอดทดลองสารสกัดจากเปลือกถั่วทั้งสองชนิดสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้โดยไม่มีสารประกอบอื่นขัดขวาง เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น และสภาวะในการวิเคราะห์อาจเหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของสารสกัดจึงให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับการนำสารสกัดเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเติมเพื่อเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด

สารประกอบโพลีฟีนอลสามารถแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม ในการทดลองข้างต้นเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ซึ่งไม่ได้บ่งชี้ว่าเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลในกลุ่มใด สารประกอบโพลีฟีนอลแต่ละกลุ่มจะแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้แตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างต่างกัน (Balasundram *et al.*, 2006) จากการทดลองแบบในหลอดทดลองแม้สารประกอบโพลีฟีนอลของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว จะแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง แต่ก็ไม่ได้หมายรวมถึงว่าเมื่อนำสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว เติมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดแล้วสารประกอบโพลีฟีนอลจะต้องแสดงความสามารถในการต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีเหมือนการทดลองแบบในหลอดทดลอง ซึ่งอาจเนื่องจากสภาวะการทดลองที่เปลี่ยนไปและอาจมีองค์ประกอบของสารอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องจึงส่งผลต่อการแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว และอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อนำสารสกัดจากเปลือกถั่วทั้งสองชนิดเติมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ซึ่งในระหว่างกระบวนการเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ความร้อนจากกระบวนการแปรรูปอาจทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในสารสกัดจากเปลือกถั่วถูกทำลายจึงส่งผลต่อการแสดงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นเดียวกับการรายงานของ Xu และคณะ (2007) กล่าวว่า การให้ความร้อนในกระบวนการแปรรูป ความร้อนสามารถทำลายพันธะเอสเทอร์ (ester) และไกลโคไซด์ (glycoside) ที่เชื่อมต่อระหว่างกรดฟีนอกลิกกับสารอื่นๆได้ ดังนั้นกระบวนการแปรรูปอาจมีผลต่อความไม่เสถียรของสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1.) จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเปรียบเทียบระหว่างเปลือกถั่วเขียวสด (ไม่ผ่านการอบ) และเปลือกถั่วเขียวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส (จนมีความชื้นประมาณ 4±0.02 เปอร์เซ็นต์ (w/w)) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปลือกถั่วเขียวสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูง และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าเปลือกถั่วเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

2.) จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียวสด โดยสกัดที่อุณหภูมิ 25 , 50 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิสกัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียวสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การให้ความร้อนในการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กับตัวอย่างสารสกัดเปลือกถั่ว สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

3.) จากการศึกษาผลของเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง และเปลือกถั่วเขียวสดโดยสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 8 ชั่วโมง พบว่าเวลาในการสกัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกถั่ว สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง สามารถเพิ่มปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

4.) จากการศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด โดยศึกษาการใช้ระดับความเข้มข้นต่างๆกันคือ 0.5%, 1.5%, 3.0% โดยน้ำหนัก เก็บผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน วิเคราะห์ค่า TBARS และ conjugated dienes ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวสามารถยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้

5.) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวมากกว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียวสูงกว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลือง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.) ในการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด ควรมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสควบคู่กับการวิเคราะห์ค่า TBARS และ Conjugated dienes เพื่อให้ทราบว่ากลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เริ่มเกิดขึ้นในวันที่เท่าไหร่

2.) การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารประกอบโพลีฟีนอลของสารสกัดจากเปลือกถั่วทั้งสองชนิด อาจช่วยในการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากถั่วเหลืองและถั่วเขียว

3.) กรรมวิธีการแยกเปลือกถั่วเขียว มีทั้งการกะเทาะแบบแห้งและแยกเปลือกแบบเปียก (งานวิจัยนี้เป็นการแยกเปลือกแบบเปียก) อาจศึกษากรรมวิธีการแยกเปลือกถั่วเขียวต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกถั่วเขียว เพื่อให้ทราบว่า การแยกเปลือกถั่วเขียวแบบใดให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากและมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การนำสารสกัดจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียว ประยุกต์ใช้กับผลิภัณฑ์อาหาร สีและกลิ่นของสารสกัดจากเปลือกถั่วอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการนำสารสกัดจากเปลือกถั่วมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร อาจหาวิธีการกำจัด สีและกลิ่นให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2531. **พืชไร่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย.** เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปานนท์ .2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ วันทนีย์ ช้างน้อย. 2545. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย. **อาหาร.** 32(4) : 300-307.

พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2547. ศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระและการตรวจประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารจากพืช. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.** 24(2) : 18-35.

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2548. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระบ่อเกิดของโรคและการต้านโรค. **วารสารจาร์พา.** 12(87) : 40-41.

ยุพร พืชกมุทร. 2550. การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง. **วารสารพระจอมเกล้าฉาดกระบัง.** 15(2) : 34-41.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. **อาหาร.** 32(4) : 245-253.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. **พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ.** กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา : http://www.doae.go.th/plant/plant.htm (7/11/52)

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. **ถั่วเหลืองพืชทองของไทย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

Adsule, R. N., Kadam, S. S. and Salunkhe, D. K. 1989. Greem Gram, pp65-89. In D. K. Salunkhe and S. S. Kadam (eds). CRC Handbook of World Food Legumes : **Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization Vol.II.** CRC Press Inc., Boca Raton, Floida.

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-product : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chem.** 99(1) : 191-203.

Banias, C., Oreopoulou, V. and Thomopoulos, C. D. 1992. The effect of primary antioxidants and synergists on the activity of plant extracts in lard. **JAOCS.** 69(6) : 520-524.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bastida, S., Sanchez-Muniz, F. J., Olivero, R., Olleros-Perez, L., Roso-Ruiz, B. and Jimenez-Colmenero, F. 2009. Antioxidant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage. **Food Chem.** 116 : 748-754.

Benzie, F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power" : The Frap assay. **Anal. Biochem.** 239(1) : 70-76.

Chandrika, L. P. and Fereidoon, S. 2005. Optimization of extract of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. **Food Chem.** 93 : 47-56.

Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A, Santos, R. J. and Lajolo F. M. 2004. Effect of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chem.** 91 : 113-121.

Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B. and Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chem.** 99(2) : 381-387.

Deman, J. M. 1999. **Principles of Food Chem.** 3nd ed. Malyland : Aspen.

Dewanto, V., Wu, X. and Liu., R. H. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. **J. Agric. Food. Chem.** 50(17) : 4959-4964.

Frankel, E. N. and Meyer, A. S. 2000. The problems of using one-dimensional method of evaluate multifunctional food and biological antioxidant. **J. Sci. Food Agric.** 80(13) : 1925-1941.

Gorinstein, S., Marti-Belloso, O. M., Park, Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M., Caspi, A., Libmon, I. and. Trakhtenberg, S. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruit. **Food Chem.** 74(1) : 309-315.

Graf, E. and Eaton, J. W. 1993. Suspression of colon cancer by dietary phytic acid. **Nutr. Cancer.** 19 : 11.

Hamilton, R. J. 1994. The chemistry of rancidity in foods.7-10. in Allen, J. C. and Hamilton, R. J. **Rancidity in Foods.** 3nd ed. Glasgow : Chapman and Hull.

Jimenez, P. J., Arranz, S., Tabernero, M., Rubio, M. E. D., Serrano, J., Goni, I. and Calixto, F. S. 2008. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant food, oil and beverages : Extraction, measurement and expression of results. **Food Research-International.** 41 : 274-285.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Juntachoat, T., Berghofe, E., Siebenhanbl, S. and Bauer, F. 2007. The effect of dried galangal power and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork. **LWT-Food Sci. Technol.** 40 : 324-320.

Kang, H. J., Chawla, S. P., Jo, C., Kwon, J. H. and Byun, M. W. 2006. Studies on the development of functional powder of citrus peel. **Bio Tec.** 97(4) : 614-620.

Karakaya, S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 44(6) : 453-464.

Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T. and Yamasaki, Y. 2009. Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. **Food Chem.** 113 : 964-969.

Kirca, A., Ozkan, M., and Cemeroglu, B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. **Food Chem.** 97 : 598-605.

Larrauri, J. A., Ruperez, P. and Saura-Calixro, F. A. 1997. A proposed of commelinin a sky-blue anthocyanin complex obtained from the flower petals of commelina. **J. Agr. Food Chem.** 45 : 1390-1393.

Lee, S. C., Jeong, S. M., Kim, S. Y., Park, H. R., Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2006. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. **Food Chem.** 94(4) : 489-493.

Liu, K. 1997. **Soybean : Chemistry, Technology and Utilization.** New York : Chapman & Hall.

Mausour, E. H. and Khalil, A. H. 2000. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. **Food Chem.** 65 : 135-141.

Murakami, M., Yamakuchi, T., Takamura, H. and Matoba, T. 2004. Effect of thermal treatment on radical-scarvenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. **J. Food. Sci.** 69 : FCT7-FCT10.

Mohsen, S. S. and Ammar, S. M. A. 2009. Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. **Food Chem.** 112 : 595-598.

Morrisey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P. and Buckley, D. J. 1998. Lipid oxidation in meat and meat product. **Meat sci.** 49 : S73-S86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Podsedek, A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetables : A review. **LWT-Food Sci. Technol .** 40(1) : 1-11.

Padda, M. S. and Picha, D. H. 2008. Effect of low temperature strong on phenolic composition and antioxidant activity of sweet potatoes. **Posth Bio Tec.** 47 : 176-180.

Pena-Ramos, E. A. and Xiong, Y. L. 2003. Whey and soy protein hydrolysates lipid oxidation in cooked pork patties. **Meat Sci.** 64 : 259-263.

Rehman, S., Nawaz, H., Ahmad , M. M., Hassain, S., Murtaza, S. and Shahid, H. 2007. Physico-chemical and sensory evaluation of ready to drink soy-cow milk blend. **J. Nutr.** 6(3) : 283-285.

Rhee, K. S., Anderson, L. M. and Same, A. R. 1996. Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. **J. Food. Sci.** 61(1) : 8-12.

Shahidi, F., Rubin, L. J., Diosady, L. L. and Wood, D. F. 1995. Effect of sulfanilamide on the TBA values of cured meats. **J. Food Sci.** 50(7) : 274-275.

Siriwardhana, S. and Shahidi, F. 2002. Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. **JAOCS.** 79 : 903–908.

Sirinivasan, S., Xiong, Y. L. and Decker, E. A. 1996. Inhibition of protein and lipid oxidation in beef heart surimi-like material by antioxidants and combinations of pH, NaCl, and buffer type in the washing media. **J. Agric. Food Chem.** 44 : 119-125.

Sousa, A., Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., Bento, A. and Pereira, A. J. 2008. Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential stoned table olives "*alcaparras*". **LWT-Food Sci. Technol.** 41 : 739-745.

Volden, J., Grethe, I., Borge, A., Gunnar, B., Magnor, B. and Ingrid, H. 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. spp. Capitata f. rubra). **Food Chem.** 109(3) : 595-605.

Wang, F. S., Jiang, Y. N. and Lin, C. W. 1995. Lipid and cholesterol oxidation in Chinese-style sausange using vacuum and modified atmosphere packaging. **Meat Sci.** 40(1) : 93-101.

Warner, K. 1997. Chemistry of frying fats. In Akoh C. C. and Min D. B. **Food lipid chemistry, Nutrition, and Biotechnology.** Mercel Bekker Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Weider, S., Amarowizc, M. and Fraccek, E. 2002. Changes in endogenous phenolic acid during development of scale cereal caryopses and after dehydration treatment of unripe rye. **Biochem.** 38 :595-602.

Willcox, J.K., Ash, S.L. and Catignani, G.I. 2004. Antioxidant and prevention of chronic dtsease. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 44(4) : 275-295.

Xu, G., Ye, X., Chen, J. and Liu, D. 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. **J. Agric. Food Chem.** 55(2) : 330-335.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol content)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด จะใช้วิธีที่รายงานโดยประพันธ์และวันทนีย์ (2545) โดยมีหลักการคือ สารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

1.1 สารเคมี

1.1 Folin-Ciocalteu

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

1.3 สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

1.2. การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลองหลอดละ 0, 0.05, 0.10, 015, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

2.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นblank

2.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดใส่ในหลอดทดลอง และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นblank

3.5 คำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วิเคราะห์ความสารมารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Murakami และคณะ, 2004)

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) โดยมีหลักการคือ สารละลายอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง 0.0158 กรัม ละลายในเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.1.2 เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

1.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

1.2.1 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ 0.6 มิลลิลิตร

1.2.2 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดและเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรรวม 5.4 มิลลิลิตร

1.2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

1.2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank

1.2.5 คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยแทนค่าในสมการ (1-(ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง/ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)) x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant potential, FRAP) (Benzie และ Strain, 1996)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain (1996) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้ทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยตรง โดยมีหลักการคือ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด สารที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน ferric tripyridyltriazine (Fe^{III}-TPTZ) ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเกลือเฟอร์รัส (Fe^{II}-TPTZ) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ให้สารสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

$$(Fe^{III}\text{-TPTZ}) \longrightarrow (Fe^{II}\text{-TPTZ})$$

(สีส้ม) (สีน้ำเงิน)

2.1 สารเคมี

2.1.1 Acetate buffer pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดยชั่ง Sodium acetate trihydrate 3.1 กรัม ผสมกับ glacial acetic acid 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

2.1.2 สารละลาย TPTZ (2,4,6- Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิลิตรโมลาร์ เตรียมโดยชั่ง TPTZ 0.156 กรัมละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

2.1.3 สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ 0.27กรัมละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

2.1.4 FRAP reagent เตรียมโดยผสมสารละลายทั้งหมดที่เตรียมไว้เข้าด้วยกันโดยใช้อัตราส่วนของ Acetate buffer : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

2.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

2.2.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดลงในหลอดทดลองที่ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาตรรวมแต่ละหลอดเป็น 0.5 มิลลิลิตร

2.2.2 เติมสารละลาย FRAP reagent 6 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

2.2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

2.2.5 สำหรับ blank ให้ใช้ตัวทำละลายแทนตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

คำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TBARS number (mg malondialdehyde/kg sample) = 8.1 x absorbance

2. วิเคราะห์ conjugated dienes

การวิเคราะห์ผลการเกิดการฟอร์มตัวของ conjugated dienes ใช้วิธีที่รายงานโดย Sirinivasan และคณะ (1996) ซึ่งรายงานผลเป็น ไมโครโมลต่อกรัมตัวอย่าง (μmole/g sample) มีวิธีวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร จนเป็นเนื้อเดียวกัน

2.2 นำส่วนที่ปั่นรวมกันแล้วมา 0.5 มิลลิลิตร

2.3 เติมสารละลาย 3:2 hexane : isopropanal จำนวณ 5 มิลลิลิตร

2.4 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1นาที

2.5 นำไปปั่นแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที

2.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 233 นาโนเมตร

2.7 คำนวณ conjugated dienes จากสูตร

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

$$\text{CD value} = [C_{CD} \times (2.5 \times 10^{4})]/W$$

เมื่อ $\varepsilon = 2.525 \times 10^{4}\ M^{-1}\ cm^{-1}$

$l = 1$ cm

W = น้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอรนุช หลงทอน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2548 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย
	บริษัทชัยทิพย์ จำกัด ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้