ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

FACTORS AFFECTING EXTRACTION OF ANTIOXIDANT FROM RED GRAPE POMACE USING MICROWAVE WITH MAGNETIC STIRRER

ลำน้ำพร ปลดเปลื้อง
LAMNAMPORN PLODPLUEANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557

KMITL-2014-AI-M-053-198

ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

FACTORS AFFECTING EXTRACTION OF ANTIOXIDANT FROM RED GRAPE POMACE USING MICROWAVE WITH MAGNETIC STIRRER

ลำนำพร ปลดเปลื้อง

LAMNAMPORN PLODPLUEANG

ธ ๑ ๓ DC

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-AI-M-053-198

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS AFFECTING EXTRACTION OF ANTIOXIDANT FROM RED GRAPE POMACE USING MICROWAVE WITH MAGNETIC STIRRER

LAMNAMPORN PLODPLUEANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

KMITL-2014-AI-M-053-198

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPPYRIGHT 2014

FUCULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

FACTORS AFFECTING EXTRACTION OF ANTIOXIDANT FROM RED GRAPE POMACE USING MICROWAVE WITH MAGNETIC STIRRER

ชื่อนักศึกษา นางสาวลำนำพร ปลดเปลื้อง

รหัสประจำตัว 52680301

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 6 พฤษภาคม 2557 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 21 เดือน พ.ค. พ.ศ. 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร
นักศึกษา	นางสาวลำนำพร ปลดเปลื้อง
รหัสประจำตัว	52680301
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟ และมีอุปกรณ์กวนสาร เปรียบเทียบผลของการสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น บรรจุในตู้ไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร โดยมีอุปกรณ์เครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็กโดยใช้กำลังไฟฟ้า 450, 600, 700 และ 800 วัตต์และเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที ต่อผลผลิตและคุณภาพของสารสกัดจากกากองุ่นแดง การสกัดใช้กากองุ่นแดงบดละเอียด 30 กรัมต่อตัวทำละลาย (EtOH 50 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่น) 770 มิลลิลิตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดคือที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 4 นาทีได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.97 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 35.46 mg GAE/g sample ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 51.88 mg/g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 128.29 mg trolox/g sample และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 110.71 mg trolox/g sample เปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดกากองุ่นแดงที่แตกต่างกัน คือ การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าวิธีการที่เหมาะสมต่อการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.88 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 34.69 mg GAE/g sample ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมด 45.95 mg/g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 118.14 mg trolox/g sample และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 107.38 mg trolox/g sample จากนั้นทำการศึกษาผลของสภาวะที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียสและอายุการเก็บรักษาที่ 1, 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน พบว่าสภาวะ และอายุการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง และค่า regression coefficient (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.836-0.986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	FACTORS AFFECTING EXTRACTION OF ANTIOXIDANT FROM RED GRAPE POMACE USING MICROWAVE WITH MAGNETIC STIRRER
Student	Miss Lamnamporn Plodplueang
Student ID.	52680301
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2013
Thesis Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

This research was to develop microwave assisted extractor with stirrer device studied on red grape (Pokdum variety) pomace extraction using microwave oven (20 litre) with round bottom flasks (1,000 ml) incorporate with magnetic stirrer and condenser. The effect of pomace of power (450, 600, 700 and 800 watt) and extraction time (1, 2, 3 and 4 min) on the yield and quality of the extracts was compared. When 30 g red grape pomace was extracted with 770 ml of solvent (50%EtOH in distilled water), it was found that the optimum extraction condition was at 800 watt and 4 min. It was observed that total solid of 1.97 %w/w, total polyphenol contents of 35.46 mg GAE/g sample, total anthocyanin content of 51.88 mg /g sample, DPPH radical scavenging activity of 128.29 mg trolox/g sample and Ferric reducing antioxidation potential of 110.71 mg trolox/g sample. The effect of extraction method (water bath, microwave and microwave with magnetic stirrer device) It was found that the optimum extraction method was microwave with stirrer device. It was observed that total solid of 1.88 %w/w, total polyphenol content of 34.69 mg GAE/g sample, total anthocyanin content of 45.95 mg /g sample, DPPH radical scavenging activity of 118.14 mg trolox/g sample and Ferric reducing antioxdation potential of 107.38 mg trolox/g sample. The stability of anthocyanins from red grape pomace extract were immediately stored at 30, 4, -18 ^{o}C and were drawn on the 1, 3, 7, 14, 21 and 30 days of storage evaluated. It was observed that temperatures of storage and shelf life involve total polyphenol contents, total anthocyanin content, DPPH radical scavenging activity and Ferric reducing antioxdation potential and regression coefficient (R^2) between 0.836-0.986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลาย ๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย และการได้รับโอกาสดี ๆ หลาย ๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ดร.ระจิตร สุวพานิช และรศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่องในงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยดูแลอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารเคมี และ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย

ลำนำพร ปลดเปลื้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2

1.4 วิธีเตรียมการวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ไมโครเวฟ.....4

2.1.1 กลไกการเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ.....5

2.1.2 หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ.....6

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....12

2.2 การสกัดสารและตัวทำละลายที่สำคัญ.....14

2.2.1 วิธีการสกัด.....15

2.3 กากองุ่น.....17

2.4 แอนโทไซยานิน.....18

2.5 อนุมูลอิสระ.....20

2.6 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....20

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....22

บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....27

3.1 วัตถุดิบ.....27

3.2 สารเคมี.....27

3.3 เครื่องมือ.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการดำเนินงาน.....29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....37
4.1 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟบบมีเครื่องกวนสาร.....37
4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟ.....48
4.3 การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก.....53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....59

บรรณานุกรม.....61

ภาคผนวก.....68
ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ.....68
ข. การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol contents) 71
ค. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด.....75
ง. การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....78
ฉ. ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก.....83
ช. ตารางการเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก..... 87
ข้อมูลประวัติผู้วิจัย.....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดกากองุ่น.....38

4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....39

4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....41

4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....42

4.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....45

4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร.....52

4.7 ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) และ regression coefficient (R^2) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....58

1 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด..... 94

2 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อแอนโทไซยานินทั้งหมด.....95

3 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 96

4 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....5
2.2 การเคลื่อนที่ของสารประกอบที่มีขั้วเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า.....6
2.3 ระบบของเตาไมโครเวฟ.....7
2.4 เตาไมโครเวฟโดยทั่วไป.....8
2.5 ภาพตัดขวางของแมกนีตรอน.....8
2.6 ภาพตัดขวางของแอโนดในแมกนีตรอน.....9
2.7 ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ.....11
2.8 โครงสร้างของเกลือเฟลวิเลียม.....18
2.9 โครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน.....19
2.10 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานิดินที่มีต่อสีแอนโทไซยานินส์.....19
3.1-3.4 โมเดลเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร.....29-30
3.5 เครื่องสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ.....31
3.6 กระบวนการผลิตผลกากองุ่นแดง.....32
4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....38
4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่น แดง.....40
4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....41
4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....43
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....44
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....44
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....46
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถใน การรีดิวซ์เฟอร์ริก.....47
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด กับความสามารถใน การรีดิวซ์เฟอร์ริก.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

1 ข. กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด.....73

1 ง. กราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH.....80

2 ง. กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....81

1 ฉ. กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ 85

1 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....88

2 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....88

3 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....89

4 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....89

5 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....90

6 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....90

7 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

8 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....91

9 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....92

10 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 92

11 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....93

12 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

กากองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งที่ได้จากการผลิตน้ำผลไม้และไวน์ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักองุ่นที่ได้จากการผลิต จะเหลือเป็นกากองุ่นซึ่งประกอบด้วย เปลือก และเมล็ดองุ่น (Mazza and Miniati., 1993) ทั้งนี้เปลือก และเมล็ดองุ่น มีการพบสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณมาก เช่น (+) - catechins, (--) – epicatechin, (--) - epicatechin - 3 - O – gallate, dimeric, procyanidins trimeric และ tetrameric (Saito *et al*., 1998)โดยมีคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านการกลายพันธุ์และสารต่อต้านไวรัส (Makato *et al*., 1998) นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลิกที่ได้จากองุ่นยังช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ low-density lipoprotein ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ (Shafiee *et al*., 2003) และป้องการเกิดโรคมะเร็ง (Owen *et al*., 2000) มีการประยุกต์นำเมล็ดและกากองุ่นไปทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ อาหารเสริมและยา เนื่องจากองุ่นมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมาก โดยเฉพาะในองุ่นแดงที่มีสารแอนโทไซยานิน นอกจากนี้การแปรรูปของเหลือทิ้งราคาถูกมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และยังช่วยลดปริมาณขยะ และสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล (Alonso *et al*, 2002; González *et al*, 2004) ที่สำคัญยังเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกในการดูแลตัวเองสำหรับคนไทยในราคาที่ถูกลงมากยิ่งขึ้นด้วย

งานวิจัยนี้จึงนำกากองุ่นที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำองุ่นมาสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction ;MAE) มีข้อดีคือใช้เวลาในการสกัดสั้น ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ และประหยัดพลังงานในการสกัดได้มาก โดยดัดแปลงตู้ไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับการสกัดระบบควบแน่นแบบหล่อเย็นและมีการติดตั้งเครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็ก ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยมีการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิผลต่อปริมาณและความบริสุทธิ์ของสารที่สกัดได้ เช่น กำลังไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและความบริสุทธิ์ของสารที่สกัดได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การหาสภาวะในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำ ด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดย

1.เพื่อออกแบบ และพัฒนากระบวนการสกัดไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสม สกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่น

2.เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดสารสกัดกากองุ่นด้วยไมโครเวฟร่วมกับอุปกรณ์กวนผสม

3.เพื่อสกัด และเปรียบเทียบความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากองุ่นโดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ

4.เพื่อเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาของสารสกัดจากกากองุ่นแดงโดยใช้วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

เครื่องสกัดสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยคลื่นไมโครเวฟในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โดยศึกษาปัจจัยการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำด้วยคลื่นไมโครเวฟ เปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงโดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ การวิเคราะห์สารสกัดที่ได้เพื่อให้ทราบองค์ประกอบสำคัญของสารสกัดที่ได้ และเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาของสารสกัดจากกากองุ่นแดง

1.4 วิธีเตรียมการวิจัย

ดัดแปลงตู้ไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับการสกัดระบบควบแน่นแบบหล่อเย็น และมีการติดตั้งเครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการทดลองปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสกัด คือ กำลังไฟที่ใช้ในการสกัด และเวลาที่มีผลต่อการสกัด ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตรเท่ากัน นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงโดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง
2. ทราบปัจจัยที่ใช้ในการสกัดสารจากกากองุ่นให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด
3. สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาขั้นต่อไปได้

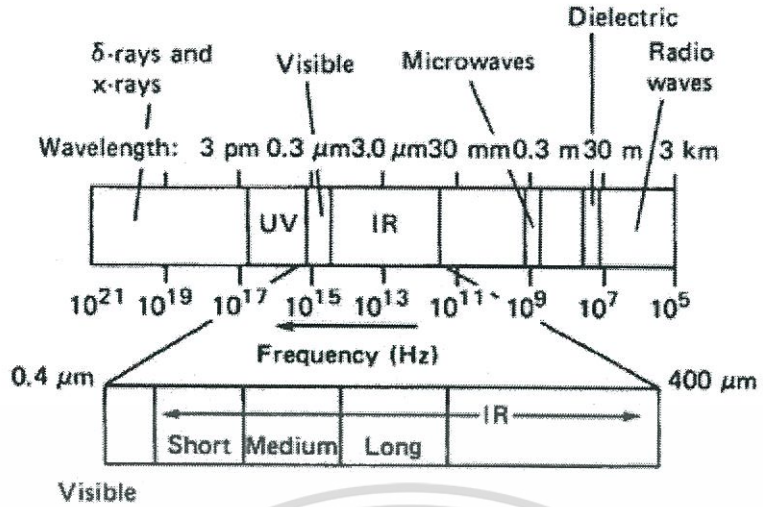
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครเวฟ

ในปี ค.ศ. 1945 บริษัทเรย์เธอร์น ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำหลักการของคลื่นไมโครเวฟจากเรดาร์ในสงครามโลกครั้งที่สองมาใช้ในการปรุงอาหาร เตาไมโครเวฟจึงเริ่มเกิดขึ้น และได้มีการวิวัฒนาการเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่นเปลี่ยนระบบเตาไมโครเวฟธรรมดามาเป็นระบบจานหมุน ควบคุมการทำงานด้วยระบบ Microprocesser และนำระบบ Computer Program Card ระบบ Sensor มาใช้กับเตาไมโครเวฟ และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เตาไมโครเวฟเป็นเตาที่สมบูรณ์อย่างแท้จริงและในกลางปี ค.ศ. 1960 ได้เริ่มใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอไรส์ผลิตภัณฑ์ขนมอบและในการสเตอริไลส์อาหาร และโดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงกับวัสดุต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้ในการเชื่อมต่อเทอร์โมพลาสติก ใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชันของยางพารา ใช้ในกระบวนการทำแผ่นกระเบื้องเคลือบ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ เป็นต้น Buffler (1993) รายงานว่าเริ่มแรกที่มีการประดิษฐ์เครื่องไมโครเวฟขึ้นในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 นั้น มีการประดิษฐ์หลอดสุญญากาศ (Vacuum tubes) ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetrons) ที่สามารถผลิตคลื่นได้กำลังแม่เหล็กไฟฟ้าหลายกิโลวัตต์ (ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 1 – 30 GHz) (ความยาวคลื่นระหว่าง 30 – 0.3 เซนติเมตร) และถูกเรียกว่าไมโครเวฟ แต่ในปัจจุบันคลื่นไมโครเวฟมีความถี่ระหว่าง 300 MHz – 300 GHz ในปี ค.ศ. 1945 ได้มีการจดสิทธิบัตรครั้งแรกในการใช้พลังงานไมโครเวฟเพื่อทำให้เกิดความร้อนแก่อาหาร โดยบริษัท Raytheon Corporation และมีการประดิษฐ์เตาไมโครเวฟขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1947 โดย Percy Spencer ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ที่มีความถี่ระหว่าง 300 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ (ระหว่างความยาวคลื่น 100 เซนติเมตร – มิลลิเมตร) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ไมโครเวฟไม่ใช่ความร้อนแต่อยู่ในรูปของพลังงาน (energy) และถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและหรือ การหมุนตัวโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาพหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่วัตถุได้รับคลื่นและมีการดูดซับพลังงานดังกล่าว เป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้น (Fellows, 2000) และมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนแบบโอมมิคตรงที่ความร้อนแบบโอมมิคนั้น เกิดจากความต้านทานกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) ของอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยตรง และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ไมโครเวฟไม่ใช้ปั๊มในการลำเอียงอาหารที่อยู่ในท่อให้ผ่านกระบวนการดังกล่าว จึงไม่เป็นการทำลายคุณลักษณะหรือโครงสร้างของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : Fellows (2000)

(โดยเฉพาะในการบรรจุแบบปลอดเชื้อ) (รุ่งนภา, มปป.) และแตกต่างจากกระบวนการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมคือเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่กำหนดในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า

2.1.1 กลไกการเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ

จากการที่วัตถุดูดซับพลังงานไมโครเวฟเนื่องจากการมีคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นภายในวัตถุ Singh และHeldman (2001) รายงานว่าการเกิดความร้อนภายในวัตถุที่สัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟนั้นมีสาเหตุมาจากกลไก 2 ประการได้แก่ การเคลื่อนที่ของอิออนเมื่อยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization) และการหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (dipole rotation)

1. การเคลื่อนที่ของอิออน เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization) ภายในเตาไมโครเวฟ (microwave oven) จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetron) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสนามไฟฟ้าจะถูกสร้างออกมาในลักษณะ 3 ทิศทาง คือ บนสู่ล่าง ข้างสู่ข้างและหน้าสู่หลัง เมื่ออนุภาคที่มีประจุในอาหารสัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟ จะทำให้เกิดการสั่นและเคลื่อนที่ จึงเกิดการชน (collisions) หรือเสียดสีกับอนุภาคที่อยู่ข้างเคียงเป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้นในอาหารนั้น ซึ่งโดยทั่วไปในอาหารจะมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน มีปริมาณน้ำและเกลือที่ละลายได้แตกต่างกันเช่น โซเดียม, โปตัสเซียม, หรือแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะแตกตัวให้อิออนบวก (cations) และอิออนลบ (anions) ดังนั้นอนุภาคที่มีประจุจึงสามารถที่มีประจุจึงสามารถที่จะมีอัตรกิริยา (interactions) กับสนามไฟฟ้าใด ๆ รวมทั้งสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นในเตาไมโครเวฟเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (dipole rotation) ในอาหาร ประกอบด้วยน้ำที่มีปริมาณแตกต่างกัน น้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว (Polar molecule) ซึ่งในสภาพปกติจะเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (random oriented) เมื่อผ่านสนามไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไป ประจุบวกและลบในโมเลกุลจะหมุนตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางตามทิศของสนามไฟฟ้าสลับนั้น ๆ โดยการหมุนตัวกลับไปมาจะเกิดอย่างรวดเร็วตามความถี่ของไมโครเวฟคือ 915 หรือ 2,450 พันล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดความร้อนขึ้น และกระจายไปยังโมเลกุลข้างเคียง เนื่องมาจากการชนระหว่างโมเลกุลของน้ำในอาหาร แสดงดังภาพที่ 2.2 ในส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในสถานะของแข็งเช่น น้ำแข็งโมเลกุลของน้ำจะถูกยึดติดกับโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะของผลึกและไม่สามารถหมุนตัวเองมากพอที่จะชนกับโมเลกุลอื่น ๆ ที่อยู่ข้างเคียงเพื่อทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้ และในส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สหรือไอ จะมีโมเลกุลข้างเคียงจำนวนน้อยมากที่จะชนกันจนสามารถให้เกิดความร้อนขึ้นได้เช่นเดียวกัน โดยอันตรกิริยาชนิดนี้มีความสำคัญในอาหาร ยกเว้นในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงมากเช่น แฮม เป็นต้น

ภาพที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของสารประกอบที่มีขั้วเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า
ที่มา : Singh และHeldman (2001)

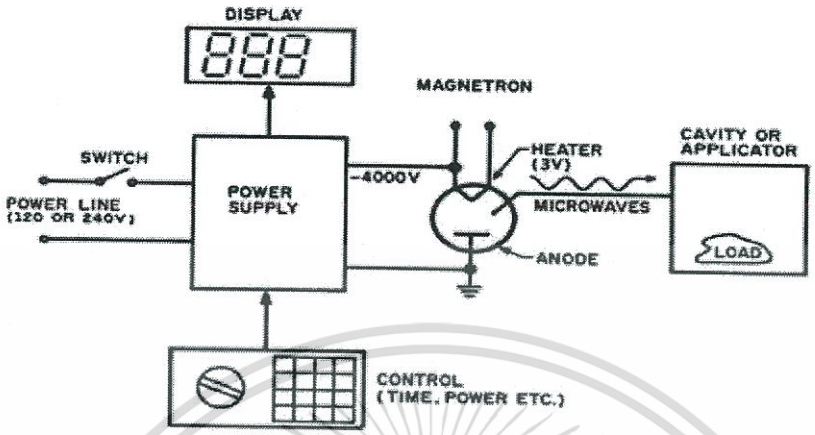
การเกิดความร้อนในอาหารบริเวณที่จุดสัมผัสกับไมโครเวฟ เนื่องจากกลไกทั้ง 2 แบบดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ความร้อนจะกระจายออกไปยังส่วนอื่น ๆ เนื่องจากผลของการเดือดของน้ำโดยการนำความร้อนและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (สายสนม, 2543)

2.1.2 หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ

ระบบของเตาไมโครเวฟโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 2.3 โดยจะประกอบไปด้วยแมกนีตรอนที่ทำให้หน้าที่สร้างคลื่นไมโครเวฟ แมกนีตรอนที่ใช้ทั่วไปจะมีความต่างศักย์ประมาณ 4,000 โวลท์ และใช้หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) เพื่อเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ให้ได้ตามที่ต้องการ แมกนีตรอนส่วนใหญ่ถูกผลิตเพื่อให้ใช้กับความต่างศักย์ที่คงที่ (constant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

voltage) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรของไดโอด (diode) และตัวเก็บประจุ (capacitor) เพื่อใช้ในการเปลี่ยนความต่างศักย์สลับมาเป็นความต่างศักย์คงที่

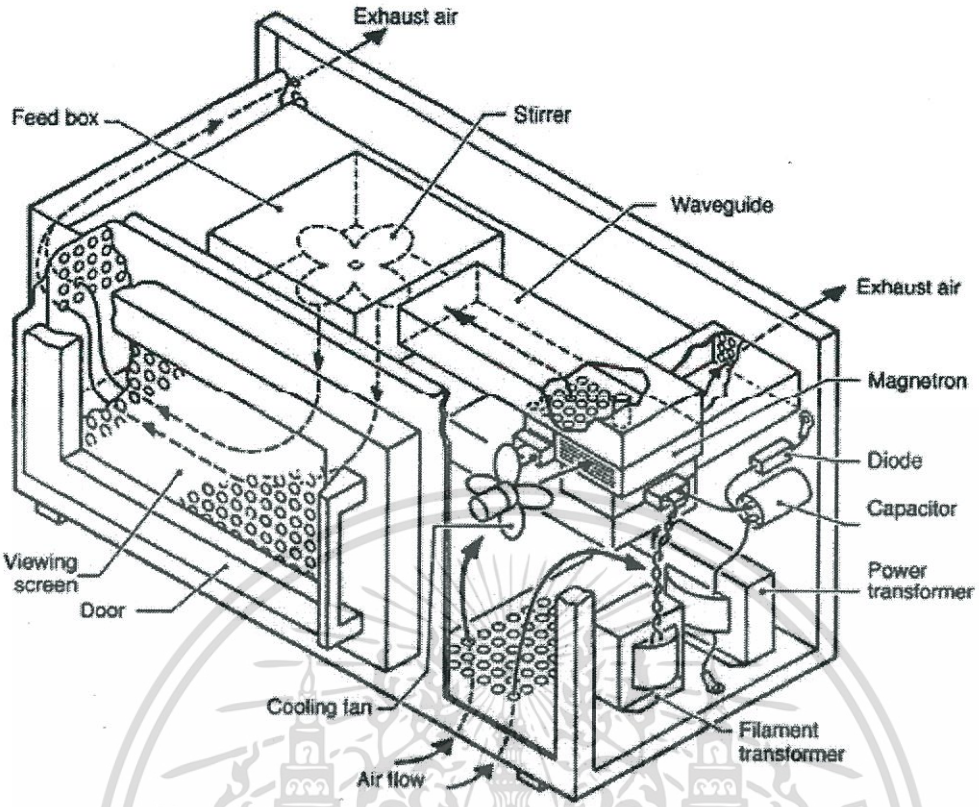


ภาพที่ 2.3 ระบบของเตาไมโครเวฟ
ที่มา : Buffler (1993)

ขนาดของพลังงานไมโครเวฟจะถูกควบคุมโดยการปรับกระแสไฟฟ้าภายในวงจรและมีตัวควบคุมเวลา ทำหน้าที่ปรับช่วงเวลาการใช้งานของไมโครเวฟ สำหรับเตาไมโครเวฟที่มีราคาถูกจะมีเฉพาะตัวควบคุมเวลา และอุปกรณ์ควบคุมพลังงาน ในขณะที่เตาไมโครเวฟที่มีราคาสูงขึ้นจะประกอบด้วยระบบที่ควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนสุดท้ายของระบบคือช่องว่าในเตาหรือช่องใส่อาหาร (cavity) ซึ่งเป็นบริเวณที่ให้ไมโครเวฟได้สัมผัสกับอาหาร ภาพรวมโดยทั่วไปของเตาไมโครเวฟแสดงดังภาพที่ 2.4

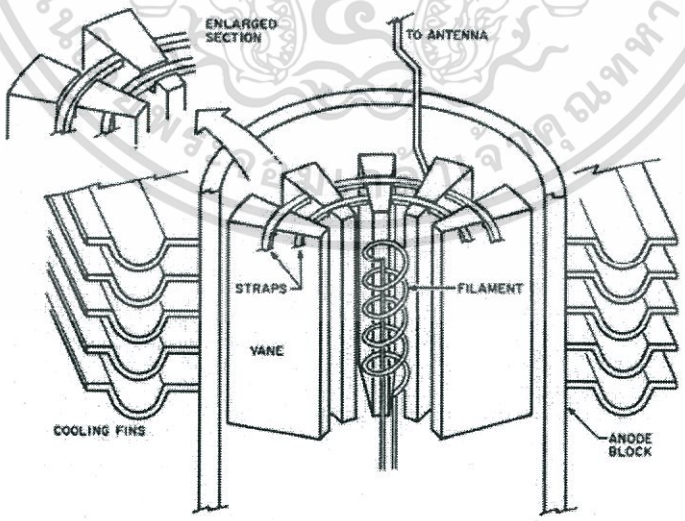
แมกนีตรอนเป็นหัวใจของเตาไมโครเวฟ ทำหน้าที่สร้างคลื่นไมโครเวฟ มีลักษณะเป็นหลอดสุญญากาศที่มีโครงภายนอกเป็นโลหะเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยมีแผ่นลักษณะเป็นปีกเพื่อใช้ในการระบายความร้อน แสดงดังภาพที่ 2.5 โครงสร้างภายในของแมกนีตรอน ส่วนที่สร้างคลื่นไมโครเวฟเรียกว่าไดโอด (diode) ประกอบด้วยท่องทรงกระบอกทำจากทองแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 3.2 เซนติเมตร โดยหลอดจะถูกผิดหัวท้ายด้วยแผ่นทองแดง เพื่อทำให้ภายในเป็นสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 เตาไมโครเวฟโดยทั่วไป

ที่มา : Buffler (1993)

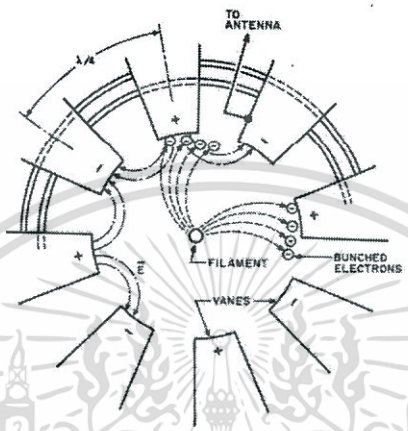


ภาพที่ 2.5 ภาพตัดขวางของแมกนีตรอน

ที่มา : Buffler (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในหลอดไดโอด จะประกอบด้วยแผ่นทองแดง (vanes) ซึ่งมีประมาณ 12 แผ่น วางในแนวตั้งโดยหันสันด้านหนึ่งมาเรียงกันในแนววงกลม โดยเว้นช่องว่างตรงกลางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.95 เซนติเมตรไว้ให้เป็นที่อยู่ของไส้ (filament) ที่เป็นเกลียว (ทำหน้าที่เป็นแคโทด (cathode)) และเรียกท่อทองแดงทรงกระบอกและ vanes ว่าเป็นส่วนแอโนด (anode) การทำงานของแอโนดในแมกนีตรอนในการทำให้เกิดคลื่นไมโครเวฟแสดงดังภาพที่ 2.6 และเป็นไปตามลำดับดังนี้



ภาพที่ 2.6 ภาพตัดขวางของแอโนดในแมกนีตรอน
ที่มา : Buffler (1993)

1. ไส้เป็นเกลียว (filament) ถูกทำให้ร้อน

2. อิเลคตรอนที่อยู่บริเวณผิวหน้าของสันแผ่นทองแดงจะถูกกระตุ้นทำให้เกิดหมอกอิเลคตรอนบริเวณตรงกลางของไดโอด

3. เมื่อผ่านความต่างศักย์ประมาณ 4,000 โวลท์ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (E) ขึ้นระหว่างแอโนดและไส้ filament และเร่งอิเลคตรอนให้ไปยังแอโนดในแนวรัศมีวงกลม

4. สนามแม่เหล็ก (ที่ถูกสร้างขึ้นจากการนำวงแหวนแม่เหล็ก (ferrite) 2 วง มาวางไว้ด้านบนและล่างของแอโนด สนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นจะมีทิศทางเดียวกันกับแกนของไส้ filament และมีทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า) จะบังคับให้อิเลคตรอนวิ่งเป็นทางโค้ง (ถ้าความอรงของสนามแม่เหล็กมีขนาดที่พอเหมาะ อิเลคตรอนจะถูกกวาดออกจากพื้นผิวบริเวณปลายสุดของสันแผ่นทองแดง ถ้าสนามแม่เหล็กอ่อนเกินไปจะทำให้อิเลคตรอนวิ่งเข้าชนกับแผ่นทองแดง และถ้ามีความแรงเกินไปจะทำให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่ย้อมกลับและชนกับไส้ filament

5. ทันทีที่อิเลคตรอนวิ่งถึงแผ่นทองแดง จะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบวกขึ้นภายในแผ่นทองแดง ถ้าแผ่นทองแดงนี้ถูกเชื่อมต่อกันด้วยกระแสไฟฟ้า (เรียกว่า strapping และจุดที่มีการเชื่อมต่อเรียกว่า straps) กับแผ่นทองแดงอีกแผ่นหนึ่งที่อยู่ถัดออกไปจากเดิม 2 แผ่น จะทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนย้ายประจุบวกเช่นกัน แผ่นทองแดงที่อยู่ระหว่างแผ่นที่มีประจุบวก จะถูกเหนี่ยวนำให้มีประจุลบและมีการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับแผ่นที่มีประจุบวก ทำให้แผ่นทองแดงมีสภาพประจุบวกและลบสลับกันไปทั้งวง

6. จากการที่มีแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างประจุที่ต่างและเหมือนกัน ทำให้อิเลคตรอนที่วิ่งวนอยู่ถูกเร่งเข้าไปหาแผ่นทองแดงที่มีประจุบวก ในขณะเดียวกันแผ่นทองแดงที่มีประจุลบจะผลักอิเลคตรอนเหล่านี้ไว้ ทำให้กลับมารวมอยู่กับอิเลคตรอนในกลุ่มที่ถูกเร่งจนกลายเป็นกลุ่มก้อนของอิเลคตรอน

7. ทันทีที่กลุ่มอิเลคตรอนนี้วิ่งผ่านแผ่นทองแดงที่อยู่ถัดมา จะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบวกขึ้นในแผ่นทองแดงนั้น ส่วนแผ่นทองแดงที่กลุ่มอิเลคตรอนนี้วิ่งผ่านมาก่อนหน้านี้เปลี่ยนจากสภาพประจุบวกเป็นลบ และเมื่อกลุ่มอิเลคตรอนวิ่งต่อไปเรื่อย ๆตามวงโคจร จะทำให้แผ่นทองแดงแต่ละแผ่นเกิดสภาพประจุที่สลับกันไปมาจากบวกเป็นลบ และเป็นบวกอีกครั้ง โดยถ้าอิเลคตรอนมีความเร็วที่เหมาะสมกับช่องว่างระหว่างแผ่นทองแดง จะสามารถเปลี่ยนประจุสลับไปมาได้ 2.45 พันล้านครั้งต่อวินาที ประจุที่สลับกันดังกล่าวนี้จะถูกเชื่อมต่อเป็นเส้นลวดจากแผ่นทองแดงไปยังสายอากาศ (antenna) เพื่อจับคลื่นไมโครเวฟที่เกิดขึ้น แล้วส่งต่อผ่านท่อนำคลื่น (wave guide) และผ่านไปยังใบพัด (stirrer) ทำให้เกิดการแผ่ของคลื่นไมโครเวฟที่มีสัญญาณขนาด 2.45 GHz ในช่องใส่อาหาร

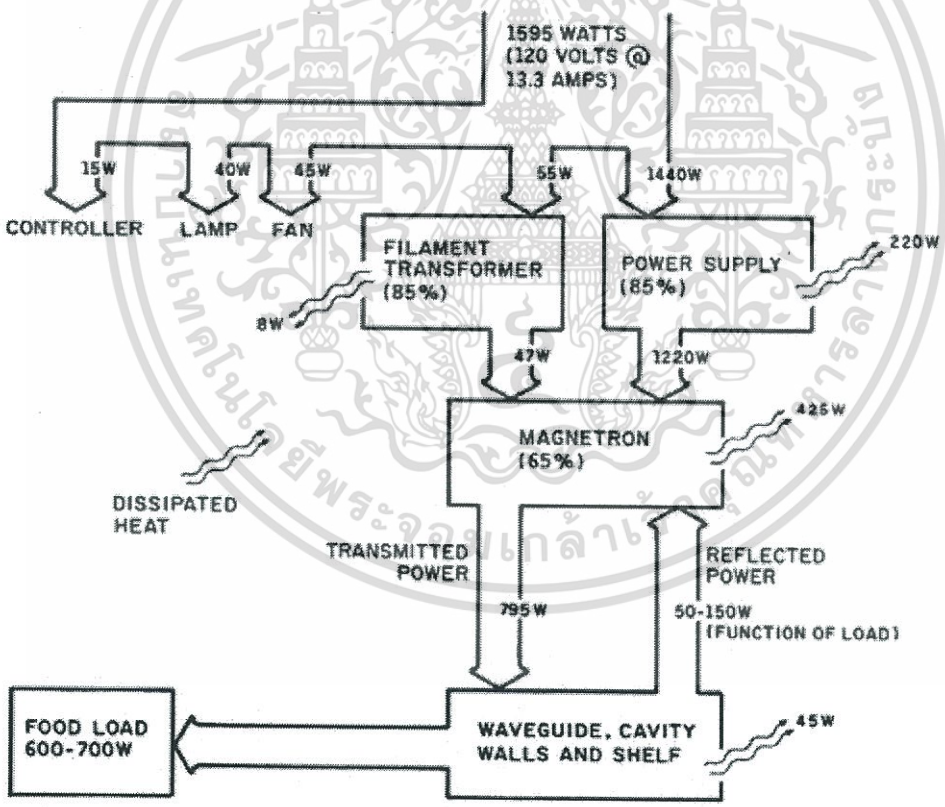
ถ้าคลื่นไมโครเวฟถูกสร้างขึ้นและปล่อยให้ส่งผ่านในอากาศ พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นจะไม่ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ได้ตามความต้องการ จึงมักใส่สายอากาศ (antenna) เพื่อจับคลื่นและส่งผ่านท่อทรงกระบอกที่เรียกว่า wave guide ซึ่งจะนำทางคลื่นไมโครเวฟให้ตรงไปสู่ช่องใส่อาหาร โดยอาจมีใบพัด (stirrer) เพื่อกระจายคลื่นไปสัมผัสกับอาหาร ใบพัดจะช่วยทำให้คลื่นไมโครเวฟไปทำให้จุดร้อนและจุดเย็นในอาหารร้อนขึ้นสม่ำเสมอและทั่วถึง ปัญหาที่สำคัญในการใช้ไมโครเวฟคือการที่อาหารแต่ละจุดถูกทำให้ร้อนไม่ทั่วถึง ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากเตาไมโครเวฟและมีความเกี่ยวข้องกับความไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเตาไมโครเวฟ นอกจากนั้นการจัดเรียงของอาหารภายในไมโครเวฟและคุณสมบัติไดอิเล็ก-ทริกของอาหาร จะมีผลต่อความสม่ำเสมอของความร้อนที่เกิดขึ้น เมื่อไมโครเวฟถูกปล่อยให้เข้ามาในช่องอาหาร (cavity) จะสะท้อนที่ผนังโลหะ การสะท้อนของโลหะเกิดขึ้นเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่มีทิศทางเดียวกันกับผนังโลหะถูกทำให้ลัดวงจร (short circuit) โดยโลหะเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้น ทำให้สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ ในส่วนของใบพัด (stirrer) ทำมาจากโลหะเป็นใบพัดที่หมุนอยู่ในช่องใส่อาหาร โดยใช้มอเตอร์ขนาดเล็กหรือใช้แรงลมที่ได้จากระบบระบายความร้อนให้แก่ แมกนีตรอน และพาความชื้นออกไป ด้านนอกเตาไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่น ๆ ในการกระจายความร้อน เช่น การใช้จานแก้วหรือเซรามิกส์ที่สามารถหมุนและถอดออกได้ ในระบบนี้คลื่นไมโครเวฟจะสัมผัสกับอาหารที่ทำให้หมุนบนจาน ทำให้จุดร้อนและเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับพลังงานโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เตาไมโครเวฟอาจใช้ระบบใดระบบหนึ่งหรือใช้ควบคู่ทั้งสองระบบ เพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความร้อนแก่อาหารให้ดียิ่งขึ้น

ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ

ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ สามารถคำนวณได้จากกฎทางไฟฟ้า โดยคำนวณจากค่าตัวเลขจากด้านหลังหรือด้านข้างของเตาไมโครเวฟ ตัวอย่างเช่น ตัวเลขแสดง 13.3 แอมแปร์ (A) 120 โวลต์ (V) ดังนั้นกำลังไฟฟ้า P = IV = 13.3 x 120 = 1,596 วัตต์ (Watts) โดย I คือกระแส และ V คือความต่างศักย์ ถ้าพลังงานที่ถูกดูดซับในอาหารมีค่า 700 วัตต์ (จากการทดสอบ) ดังนั้น ประสิทธิภาพของไมโครเวฟ = (700/1,596)100 = 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกำลังที่ใช้ในการแปรรูปโดยวิธีอื่น ๆ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของไมโครเวฟจะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่ว่าจะเป็นเตาที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปหรือในอุตสาหกรรม โดยพลังงานส่วนใหญ่ที่สูญเสียกระจายไปเป็นความร้อนในส่วนของแมกนีตรอน ดังนั้นเตาไมโครเวฟจึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนโดยใช้พัดลม ภาพที่ 2.7 แสดงประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ



ภาพที่ 2.7 ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ

ที่มา : Buffler (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.7 จะเห็นว่ามีการสูญเสียความร้อนเล็กน้อยในส่วนของหม้อแปลง (transformer) หลอดไฟ (light bulb) และแผนวงจรไฟฟ้า (electronic circuit) และเมื่อเกิดคลื่นไมโครเวฟ จะเห็นว่ามีการส่งถ่ายพลังงานไปยังอาหารที่มีขนาดใหญ่สูงถึง 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีการสูญเสียพลังงานไปยังแหล่งต่าง ๆ เช่น แมกนีตรอน ช่องใส่อาหารจนถึงตัวอาหาร จนมีประสิทธิภาพเหลือประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามที่ได้ยกตัวอย่างไว้

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

รุ่งนภา (มปป.) รายงานถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ จะเกี่ยวข้องกับระบบไมโครเวฟและวัตถุที่ถูกทำให้ร้อนขึ้น ปัจจัยหลักของอาหารที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุที่ใช้กับไมโครเวฟ ได้แก่

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ เมื่ออาหารได้รับความร้อนจากไมโครเวฟ การเพิ่มของอุณหภูมิจะขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารหลายอย่าง โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดอัตราและเวลาการให้ความร้อน โดยทั่วไปในกระบวนการให้ความร้อนใดๆอุณหภูมิเริ่มต้นยิ่งสูง อาหารจะยิ่งสุกเร็วขึ้น ส่วนปัจจัยที่สำคัญอื่นๆที่มีผลต่ออุณหภูมิที่จะได้ คือ ความร้อนแฝง เช่น น้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็งที่เปลี่ยนไปเป็นน้ำ จะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น คุณสมบัติไดอิเล็กทริกและคุณสมบัติทางความร้อนของอาหาร

2. ขนาด เมื่อทำให้ชิ้นอาหารร้อนขึ้น อาหารที่มีขนาดเหมือนกันจะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และขนาดของชิ้นอาหารที่เล็กกว่าต้องการพลังงานน้อยกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่า

3. รูปร่าง ลักษณะสัณฐานของอาหารมีความสำคัญ โดยอาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นการให้ความร้อนมากเกินไป (over heating) ส่วนอาหารที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่จะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอมากกว่าชิ้นอาหารที่มีมุมแหลมหรือที่มีส่วนหนาและบางอย่างไรก็ตามทรงกลมหรือผิวที่โค้งคล้ายกับทรงกลมอาจจะมีส่วนตรงกลางที่ร้อนกว่าแต่การให้ความร้อนมากเกินไปไม่สามารถสังเกตได้ในชิ้นอาหารที่มีขนาดรัศมีเกิน 0 – 50 มิลลิเมตร

4. ความหนาแน่นหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารโดยส่วนใหญ่มักมีความเป็นเนื้อเดียวกันที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งมีผลต่ออาหารที่ทำให้ร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้ความร้อนที่สม่ำเสมออาหารที่แน่นกว่ามีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการให้ความร้อนนานกว่าอาหารที่มีองค์ประกอบที่เปิดและรูพรุนมากกว่า

5. ความร้อนจำเพาะ ความร้อนจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่ควบคุมการให้ความร้อนอาหาร ความจุความร้อนจำเพาะนิยามให้เป็นปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น 1 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของสารที่จะจุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับของน้ำ หน่วยของความจุความร้อนจำเพาะคือจูล/กรัม องศาเซลเซียส (J/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

°C)ความจุความร้อนของน้ำเท่ากับ 1.0 จูล/กรัม องศาเซลเซียส ส่วนไขมันส่วนใหญ่ประมาณ 0.5 จูล/กรัม องศาเซลเซียสหมายความว่าสำหรับไขมันที่มีน้ำหนักเท่ากับน้ำ ไขมันต้องการความร้อนเพียงครึ่งเดียวของน้ำความร้อนจำเพาะจะขึ้นกับอุณหภูมิ โดยเฉพาะในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสเพียงเล็กน้อยนั้นความร้อนจำเพาะจะมีค่าสูงมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นรอบ จุดเยือกแข็งของอาหารและผลของความร้อนแฝงที่ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนสภาวะทางกายภาพระหว่างน้ำและน้ำแข็ง ดังนั้นปริมาณพลังงานที่ต้องใช้จะเพิ่มขึ้นถ้าให้ความร้อนแก่อาหารแช่เยือกแข็งด้วยไมโครเวฟเนื่องจากผลของความร้อนแฝงเหล่านี้

6. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) ถ้าต้องการให้เกิดสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสม เราจำเป็นต้องทราบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแต่ละองค์ประกอบของอาหารที่นำมาแปรรูป จากการที่ชั้นของผิวอาหารที่ได้รับความร้อนมากเกินไปแต่ภายในชิ้นของอาหารยังเย็นอยู่นั้นเกิดจากการให้ความร้อนที่มากเกินไปต่อผิวของอาหารซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยอัตราการให้ความร้อนที่เหมาะสมต้องเข้ากันได้ (matching) กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาหาร

7. คุณสมบัติไดอิเล็กทริกของอาหาร คุณสมบัตินี้เป็นตัวกำหนดว่าอาหารหรือวัตถุจะสามารถดูดซับไมโครเวฟได้ดีเพียงใด ซึ่งมีความสำคัญมากต่อผู้ผลิตอาหารซึ่งใช้กับกระบวนการที่ใช้ไมโครเวฟ ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กทริกที่แสดงเป็นตัวเลขดังที่กล่าวมาแล้ว มีอยู่ 3 ค่า ได้แก่ค่า dielectric constant (ε') ค่า dielectric loss factor (ε'') และค่า dielectric loss tangent (tan δ) ซึ่งค่าเหล่านี้สูงขึ้น แสดงว่าวัตถุจะร้อนได้ดีขึ้น ค่า ε' เป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่จะเก็บพลังงานไมโครเวฟ ส่วน ε'' แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัตถุที่จะกระจายพลังงานออกไปเป็นความร้อน เมื่อเราต้องการวิเคราะห์กรให้ความร้อนแก่อาหารเรามักใช้ค่า tanδ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่ยอมให้พลังงานไมโครเวฟทะลุทะลวงผ่านไปได้ โดยคุณสมบัติไดอิเล็กทริกจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือ และปริมาณน้ำ เป็นต้น

ในช่วง5-10 ปีที่ผ่านมาความสนใจในการสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) ได้เพิ่มขึ้นเพราะมีข้อดี คือ ลดเวลาการสกัดและปริมาณตัวทำละลาย กว่าเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม เช่นการสกัดแบบ Soxhlet ที่ต้องใช้ตัวทำละลายสกัดอีกครั้งและมีความเสี่ยงต่อการย่อยสลายขององค์ประกอบในการสกัดด้วยไมโครเวฟ ตัวทำละลาย และตัวอย่างจะอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิท สกัดภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ และความดัน ปิดภาชนะให้อุณหภูมิของตัวทำละลายเพิ่มขึ้นสูงกว่าจุดเดือด และใช้เวลาในการสกัดน้อย ทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดเพิ่มขึ้นเตาอบไมโครเวฟในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และมีขนาด และรูปแบบมากมายให้เลือกในท้องตลาด ซึ่งส่วนมากแล้วจะมีจานหมุนสามารถหมุนอาหารให้รับคลื่นได้ทุกทิศทาง จากการสำรวจเตาอบไมโครเวฟเบื้องต้นจะมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบที่ใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว

2. แบบที่ใช้ไมโครเวฟและอุปกรณ์สร้างความร้อน (Heater) เพื่อสามารถใช้ในลักษณะเตาอบไฟฟ้าแบบอบเกรียม (grill)

ในส่วนของระบบควบคุมจะมีทั้งเป็นแบบลูกบิดตั้งเวลา แบบกลไก และลูกบิดตั้งเวลา แบบอิเล็กทรอนิกส์หรือแบบปุ่มสัมผัสซึ่งสามารถตั้งเวลาพร้อมโปรแกรมการทำงานของเตาอบตามแต่ละชนิดของอาหารที่ใช้ได้ ตัวถังภายในมักเป็นเหล็กเคลือบสี หรือในบางรุ่นที่ราคาสูงอาจทำมาจากเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) ซึ่งมีข้อดีในเรื่องความทนทานที่ดีกว่าเหล็ก และภาพลักษณ์ที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

หลักการให้ความร้อนการประกอบอาหารด้วยเตาไมโครเวฟนี้แตกต่างจากการประกอบอาหาร ด้วยเตาอบธรรมดา คือ เตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟ แบบเตาอบแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี แต่เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟ ที่มีความถี่สูงทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือน และชนโมเลกุลอื่นๆต่อไปจนเกิดเป็นพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้เองจะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว และเร็วกว่าประกอบอาหารด้วยระบบอื่นๆโดยไม่เสียพลังงานความร้อน Wang และ Weller (2006) ได้กล่าวไว้ว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟมีประสิทธิภาพและมีความเสถียรสูง Xiao และคณะ (2008) ได้กล่าวไว้ว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟในการสกัดนั้นจะทำให้พนังเซลล์แตกออกเช่นเดียวกับการสกัดโดยทั่วไปแต่การให้คลื่นความร้อนนั้นจะให้ผลที่มีประสิทธิภาพ และมีความเสถียรดีกว่าการใช้คลื่นอุลตร้านิค โดยจะได้สารฟลาโวนอยด์จากพืชตระกูลส้มปริมาณมาก

2.2 การสกัดสาร และตัวทำละลายที่สำคัญ

วัตถุประสงค์ของการสกัด คือ เพื่อสกัดแยกสาระสำคัญ และเพื่อให้สารสกัดที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น หลังจากที่ทำการเตรียมตัวอย่างแล้ว ควรเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับชนิดของสารสกัดที่ต้องการสกัด โดยตัวทำละลายควรมีความสามารถในการละลายสาระสำคัญมากที่สุดและไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่นได้น้อย (มี Seiecyivity สูง) เนื่องจากสารสำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นควรพิจารณาถึงสภาพหรือรูปแบบของสารที่ต้องการสกัด นอกเหนือจากความขั้วของสารดังกล่าวในการเลือกตัวทำละลายมีหลักการ โดยทั่วไปว่าถ้าสารสำคัญมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีขั้วก็ควรเลือกตัวทำละลายที่มีขั้วเช่นเดียวกันในการสกัดอีกทั้งตัวทำละลายที่ใช้จะต้องมีความคงตัวดี หาง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย และไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป (รัตนา 2547) ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. น้ำ

จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีหาง่าย และราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลายมีข้อเสียหลายประการ คือ สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มากเช่นเดียวกับสารที่ต้องการ สารเฉื่อยที่ละลายออกมากับน้ำ เช่นน้ำตาล แป้ง ล้วนเป็นสารอาหารที่ดีของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการบูดเสียของสารสกัดเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิสูงถ้าต้องการให้สารสกัดมีความเข้มข้นจะต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยน้ำออกไปซึ่งอาจเกิดความเสียหายกับสารสำคัญได้

2. แอลกอฮอล์

จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ แอลกอฮอล์มีข้อดีกว่าน้ำกล่าวคือ มีความจำเพาะในการละลายมากกว่าน้ำ เนื่องจากสามารถละลายองค์ประกอบที่ต้องการออกมาได้มากกว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลลินทรีย์ และหากต้องการให้สารสกัดเข้มข้นขึ้นจะระเหยได้ง่ายแต่จะมีราคาแพงกว่าน้ำ

3 คลอโรฟอร์ม (chloroform) และอีเทอร์ (ether)

จัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว (polarlity)ปานกลางใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว(non-pola component) ไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง

4 เมทานอล (methanol)

จัดเป็นตัวทำละลายที่ใช้สารสกัดที่มีขั้วเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่นิยมใช้แอลกอฮอล์มากกว่าเพราะถูกกว่า และเป็นพิษน้อยกว่า

2.2.1 วิธีการสกัด

สำหรับการเลือกวิธีการสกัดควรพิจารณาจากความสามารถในการละลายของสารสำคัญ ถ้าละลายได้ง่ายนิยมใช้วิธีตัวดูดซับ แต่ถ้าละลายได้น้อยก็จำเป็นต้องใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง ความคงตัวของสารสำคัญในตัวอย่างต่อความร้อน คุณค่าของสารสกัด ค่าใช้จ่ายในการสกัด และความต้องการที่จะให้ได้การสกัดที่สมบูรณ์หรือเกือบสมบูรณ์ หากต้องการสารสกัดเจือจางการใช้วิธีมาเซเรชันก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าต้องการสารสกัดที่เข้มข้นก็ต้องใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง

1. มาเซเรชัน (maceration) เป็นวิธีการสกัดสาระสำคัญโดยวิธีการหมักกับน้ำยาสกัด น้ำยาสกัดสามารถแทรกเข้าไปละลายองค์ประกอบออกมาได้ การหมักควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท ในน้ำยาสกัดที่เหมาะสมจะทำเป็นเวลา 7 วันหรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมด ในระหว่างการหมักควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (marc) ออกจากน้ำยาสกัด วิธีการสกัดนี้ใช้น้ำยาในการสกัดน้อย จึงประหยัดเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนความร้อน (รัตนา,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2547) ซึ่งจะทำการสกัดสาร ณ อุณหภูมิห้อง (Cunha *et al.*, 2004) แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของน้ำยาสกัดการสกัดแบบเมเซเรชัน (maceration)

2. การสกัดแบบต่อเนื่อง (continous extraction) เป็นวิธีการสกัดที่ใช้ความร้อนเข้าช่วย (รัตนา, 2547) และวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้จะสกัดสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งโดยใช้สารละลายนิยมใช้อุปกรณ์สกัดที่เรียกว่าซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์ (soxhlet extractor) (รัตนา, 2547) ซึ่งการทำงานนั้นจะเป็นระบบปิดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจากฮีทติ้งแมนเทิล (heating mentle) หรือหม้ออังไอน้ำ น้ำยาสกัดในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบอร์ (thimvle) ซึ่งบรรจุตัวอย่างไว้ น้ำยาสกัดผ่านลงตัวอย่างซ้ำแล้วซ้ำอีกเรื่อยๆจนกระทั่งองค์ประกอบในตัวอย่างถูกสกัดออกมาเมื่อน้ำยาสกัดในเอกซ์แทรกติงแชมเบอร์ (extracting chamble) สูงจนถึงระดับกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลลงภาชนะวนเวียนเช่นนี้จนการสกัดสมบูรณ์

วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องเหมาะกับการสกัดองค์ประกอบที่ทนความร้อน และใช้น้ำยาในการสกัดน้อยไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อเสีย คือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนความร้อน และน้ำยาสกัดที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสม เพราะจะเกิดการแยกตัวของตัวทำละลายแต่ละชนิดเนื่องจากจุดเดือดต่างกัน จะทำให้สัดส่วนของน้ำยาสกัดแตกต่างไปจากเดิม และผลการสกัดไม่ดีเท่าที่คาดเอาไว้ (รัตนา, 2547)

3. การสกัดแบบใช้คลื่นรังสีไมโครเวฟ (microwave assisted extraction; MAE)

วิธีนี้เป็นวิธีใช้คลื่นรังสีไมโครเวฟในการให้ความร้อนแก่ตัวทำละลาย ตัวทำละลายจะแพร่ความร้อนไปสู่ตัวอย่างทำให้เกิดการแยกขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างไปสู่ตัวทำละลาย (Trusheva *et al.*, 2007) วิธีการสกัดแบบนี้เหมาะกับการสกัดองค์ประกอบที่ทนความร้อนและใช้น้ำยาในการสกัดน้อย ไม่สิ้นเปลือง ใช้เวลาในการสกัดน้อยมาก

4. การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasoumd sonicator extraction)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงในการทำปฏิกิริยากับตัวอย่างแล้วทำให้องค์ประกอบเคมีของตัวอย่างแพร่สู่ตัวทำละลาย (Trusheva *et al.*, 2007)วิธีการสกัดแบบนี้ใช้เวลาในการสกัดน้อยไม่ สิ้นเปลือง

5. การทำให้สารสกัดจากตัวอย่างให้เข้มข้น (preconcentration)

สารสกัดอย่างหยาบที่ได้จะมีปริมาณมาก และเจือจางทำให้นำไปแยกองค์ประกอบได้ไม่สะดวก และไม่มีประสิทธิภาพจึงต้องนำมาทำให้มีความเข้มข้นเสียก่อนด้วยวิธีดังนี้

5.1. การระเหย (free evapolation) เป็นการนำตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัดโดยใช้ความร้อนจากหม้ออังไอน้ำ (water bath) วิธีนี้อาจทำให้สารสกัดสลายตัวได้เนื่องจากอุณหภูมิสูงจนเกินไป และหากใช้สารละลายอินทรีย์ในการสกัด การระเหยโดยใช้ความร้อนโดยตรงบนแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนอาจเกิดอันตรายได้ง่าย นอกจากนี้ควรคำนึงถึงอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญเมื่อใช้ความร้อน

7. การกลั่นในสุญญากาศ จัดเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเป็นการระเหยเอาตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัด โดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมทั้งลดความดันลงให้เกือบเป็นสุญญากาศ โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ เครื่องมือนี้เรียกว่าโรตารีอีวาโพเรเตอร์ (rotary evaporator) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบที่จะกลั่นส่วนคอนเดนเซอร์หรือส่วนควบแน่นไอสารละลาย และภาชนะรองรับสารละลายหลังจากการกลั่น โดยการสกัดอย่างหยาบซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะจะแช่อยู่ในหม้ออังไอน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิได้และจะหมุนตลอดเวลาที่ทำงานเพื่อให้มีการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ภาชนะบรรจุสารอย่างหยาบนี้จะต่อเข้ากับส่วนควบแน่น ซึ่งมีระบบทำความเย็นหล่อตลอดเวลา ปลายของส่วนควบแน่นจะมีภาชนะรองรับโดยทั้งระบบจะต่อเข้ากับระบบสุญญากาศ สารที่ระเหยออกจากภาชนะบรรจุควบแน่นที่คอนเดนเซอร์และหยดลงภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น ซึ่งสารละลายดังกล่าวสามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.3 กากองุ่นแดง (Pomace)

กากองุ่นแดงเป็นผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ และไวน์ โดยประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักองุ่นที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ และไวน์ จะเหลือเป็นกากองุ่นแดงซึ่งประกอบด้วย เปลือก และเมล็ดองุ่น ทั้งนี้เปลือกและเมล็ดองุ่น จะประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลลิก ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin), โปรไซยานิดิน (procyanidins), คาเทชิน (catechin) และอิพิคาเทชิน (epicatechin) สารกลุ่มกรดฟีนอลลิก ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) และสาร ในกลุ่ม stilbenes ได้แก่ เรสเวอราทรอล (resveratrol) โปรไซยานิดิน (procyanidins) ที่สกัดได้จากเมล็ดองุ่นมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์เนื้อเยื่อ และมีประสิทธิภาพในการป้องกันเซลล์เนื้อเยื่อถูกทำลายจากอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับวิตามินอี สารประกอบฟีนอลลิกที่ได้จากองุ่นยังช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ low-density lipoprotein ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจได้

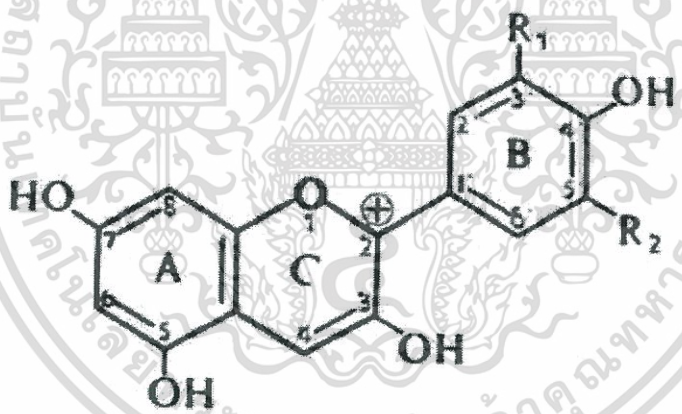
นอกจากนี้ยังมีการนำ กากองุ่นแดง (ประกอบด้วย เมล็ด เนื้อ และเปลือก) มาศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษ ในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งตับอ่อน และมะเร็งท่อน้ำดีซึ่งเป็นมะเร็งตับที่มีอุบัติการณ์สูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย พบว่าสารสกัดจากกากองุ่นแดงสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง และหยุดการกระจายจนตายไปในที่สุด ทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า อะพอพโตซิส (apoptosis) ขณะเดียวกันยังสามารถยับยั้งวัฏจักรเซลล์มะเร็งได้อีกด้วย ทั้งนี้เพราะในองุ่นแดงจะมีสารใยอาหารที่ลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง สารเม็ดสีโดยเฉพาะแอนโทไซยานินสามารถต้านการอักเสบของเนื้อเยื่อ และต้านอนุมูลอิสระทั้งยังเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร Ellagic acid ที่สามารถจับ และทำลายพิษของสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะสารresveratrol ที่พบมากในผิวจากเปลือกองุ่นแดงซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ขณะเดียวกันก็เพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน และยังเป็นสารป้องกัน และต้านมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานจากต่างประเทศว่า สามารถใช้รักษาโรคอัลไซเมอร์ พาร์กินสัน และเอดส์ได้อีกด้วย

2.4 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

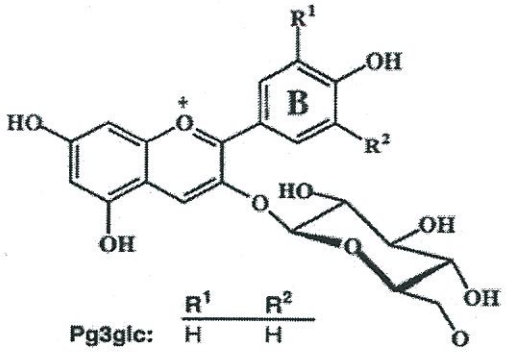
แอนโทไซยานินมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการจัดเป็น functional food เพราะ สารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิด โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze *et al.*, 2004) แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่ม flavonoids ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานในโมเลกุล ประกอบด้วยวงแหวน เบนโซไพแรน (benzopyran) 2 วงต่อกับวงแหวนฟีนิล (phenylring) เป็นอนุพันธ์ของเกลือเฟลวิเลียม (flavylium salt) แสดงในภาพที่ 2.8 ประกอบด้วยส่วนที่เป็น aglycone (anthocyanidin) และน้ำตาล 1 หรือ 2 ตัว โดยปกติจะพบ free aglycone ในอาหารน้อยมาก ยกเว้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัว (degradation) ส่วนของน้ำตาลที่พบมากมีอยู่ 5 ชนิด คือ glucose, rhamnose, galactose, xylose, arabinose แอนโทไซยานิดิน แบ่งออกเป็น 6 ชนิด (ยุพาพร, 2547) โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของเกลือเฟลวิเลียม

ที่มา : Chen และHrazdina (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	R^1	R^2
Pg3glc:	H	H
Cy3glc:	OH	H
Pn3glc:	OCH_3	H
Dp3glc:	OH	OH
Pt3glc:	OCH_3	OH
Mv3glc:	OCH_3	OCH_3

Pg3glc : Palargonidin-3-glucoside

Cy3glc : Cyanidin-3-glucoside

Pn3glc : Peonidin-3-glucoside

Dp3glc : Delphinidin-3-glucoside

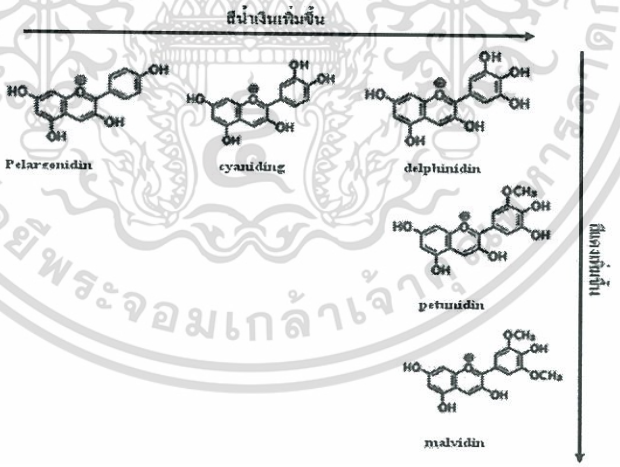
Pt3glc : petunidin-3-glucoside

Mv3glc : Malvidin-3-glucoside

ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

ที่มา : Cabrita และคณะ (2000)

โครงสร้างในส่วนของวงแหวนฟีนิลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล หรือหมู่เมทอกซิลเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน เช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้น และสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นด้วย และการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้สีแดงเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานินที่มีต่อสีแอนโทไซยานิน

ที่มา : นิธิยา (2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ (radical หรือ free radical) คือ กลุ่มของสารซึ่งมีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ของร่างกาย อนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxegen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl redical, $OH^{\cdot}$) ซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ไฮโปคลอรัส (hypochlorous, HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอนุพันธ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO^{+}) และเปอร์ออกซีไนไตรท์ (peroxynitrite, $ONOO^{-}$) เป็นต้น ทั้งกลุ่ม ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (วัลยา และพัชรี, 2542) อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย เช่น เกิดที่ไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม เพอร์รอกไซโซม โดยเกิดจากกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน การเกิดเมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Kelly *et al.*, 1996)

สภาวะ oxidative stress คือ สภาวะที่ร่างกายมีอนุมูลอิสระมากจนร่างกายไม่สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้ทำให้เกิดการทำลายดีเอ็นเอ และองค์ประกอบต่างๆของเซลล์ และป้องกันปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรด โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการทำงาน (inactivation) ของโปรตีน เป็นต้น แล้วพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิสภาพในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไขข้ออักเสบ และต้อกระจก เป็นต้น (วัลยา และพัชรี, 2542)

2.6 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant)

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) คือ สารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน กลไกการทำงานของสารนี้มีหลายแบบ เช่น การขนย้ายออกซิเจนออกไป, เป็นตัวจับอนุมูลอิสระ, ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับกับเหล็กป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระของออกซิเจนในภาพอื่นๆเป็นต้น

ซึ่งกลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ และชา ส่วนใหญ่อยู่ในภาพของประกอบ Polyphenol โดย Polyphenol เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชีวเคมีใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ มีสารที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ proanthocyanidins, tannins, catechin, anthocyanidins, และ flavonoids เป็นต้น

2.6.1 Flavonoids พบมากในผักต่างๆ สามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดได้ Flavonoids แบ่งตามสูตรโครงสร้างได้เป็น 6 ชนิด ดังนี้

- Flavonols พบมากใน หอมแดง แอปเปิล องุ่นแดง บรอคโคลี ชาและไวน์แดง
- Flavones พบมากใน ผักชีฝรั่ง พริกไทยสุก ขึ้นฉ่าย
- Flavanones พบใน ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด
- Anthocyanins พบในเชอร์รี่ ไวน์แดง
- Catechin พบในแอปเปิล ชา
- Isflavones พบในนมถั่วเหลือง ถั่วต่าง ๆ

2.6.2 Catechin เป็นสารประกอบประเภท Flavonoid สามารถแบ่ง Catechin ตามโครงสร้างได้ 5 ชนิด คือ

- Gallocatechin (GC)
- Epicatechin (EC)
- Epigallocatechin (EGC)
- Epicatechin gallate (ECG)
- Epigallocatechin gallate (EGCG)

Catechin เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่พบในชาและเมล็ดองุ่น มีประโยชน์คือ

- ลดอาการของโรคมะเร็ง
- ลดการเจริญเติบโตของเนื้องอก
- ลดความเสี่ยงของการกลายพันธุ์
- ลดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากออกซิเจน
- ลดคอเลสเตอรอลในเลือด
- ลดอาการความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยได้
- ลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้
- กำจัดแบคทีเรียและ influenza virus
- ต่อสู้กับแบคทีเรียในช่องปากที่ทำให้ฟันผุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rohit และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) การสกัดการแยกของสารประกอบฟีนอลิกจากเมล็ดกาแฟ สำหรับผลผลิตรวมของสารสกัดนำมาวิเคราะห์กรดคลอโรจินิก คาเฟอีน และโพลีฟีนอลทั้งหมด ภายใต้เงื่อนไข เวลา (5 นาที), อุณหภูมิ (50 องศาเซลเซียส) และกำลังไฟฟ้า (800 วัตต์) พบว่ากรดคลอโรจินิก และคาเฟอีนจะถูกสกัดด้วยน้ำ ค่าอยู่ในช่วง 31 – 62 เปอร์เซ็นต์ และ 22 – 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กระบวนการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟจึงสามารถจะคาดการณ์ ควบคุม และประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

Hongyan และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) สกัดหาสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ จากมะเขือเทศโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ควบคู่ไปกับการออกแบบคอมโพสิตกลาง และสารต้านอนุมูลอิสระในแบบอื่นๆ (FRAP และ ORAC) การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟมีประสิทธิภาพมากสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ และสารฟีนอลิกทั้งหมด สูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ 96.5 องศาเซลเซียส, 2.06 นาที, เอทานอล 66.2 เปอร์เซ็นต์ และที่ 96.5 องศาเซลเซียส 1.66 นาที, เอทานอล 61.1เปอร์เซ็นต์ สำหรับ ORAC ในมะเขือเทศ 20 พันธุ์ พบว่าสารประกอบฟีนอลิก (TPC) อยู่ในช่วง 489.30-997.45 mg GAE/100 g dry sample (DW) ส่วน FRAP อยู่ในช่วง 6.10-42.73 mg/ g dry sample แต่ ORAC ไม่ได้ค่า

Homa และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) และวิธีอัลตร้าซาวด์ (UAE) สกัดสารคาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอื่น ๆ จากพืช ในงานนี้ศึกษาผลการใช้กำลังไฟฟ้าและเวลาต่อผลผลิตและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากส้มโอ สกัดที่ 900 วัตต์ นาน 6 นาที พบว่ากรดกาแลกทูโลนิก (Gala) และระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) เพิ่มขึ้นตามพลังงาน และเวลา นอกจากนี้ยังจะมีน้ำหนักโมเลกุลลดลงเมื่อมีการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน นอกจากนี้ยังศึกษาการสกัดเพคตินด้วยอัลตราซาวด์ ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาต่อคุณภาพ และปริมาณของเพคตินที่สกัด ให้ผลผลิตสูงสุด คือ เวลา 25 นาที (17.92 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้สำหรับ การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ ให้ผลผลิตสูง และสม่ำเสมอดีกว่าวิธีอัลตร้าซาวด์

Liazid และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาวิธีใหม่สำหรับการสกัดแอนโทไซยานินในองุ่นโดยพัฒนาการสกัดด้วยเตาไมโครเวฟ ภายใต้สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส ออกแบบการทดลองปัจจัยคือ fractional factorial เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลในกระบวนการสกัดของตัวแปรการสกัดที่แตกต่างกัน : ตัวทำละลาย (ส่วนผสมของเมทานอลและน้ำ), การกวน, อุณหภูมิ, เวลาสกัด, พลังงานที่ใช้ และปริมาณการสกัด ตัวทำละลายเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด แอนโทไซยานินสามารถสกัดได้จากองุ่นใน 5 นาทีที่อุณหภูมิการสกัด 100 องศาเซลเซียส ด้วยเมทานอล 40 เปอร์เซ็นต์ ทำซ้ำ และ RSDs (n = 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhendong และคณะ (2010)ได้ทำการออกแบบ Box - Behnken เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) เช่น เวลาสกัด อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว และพลังงานรังสีไมโครเวฟต่อผลการสกัดแอนโทไซยานิน ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า แอนโทไซยานิน ทั้งหมด (TAC) จากซังข้าวโพดสีม่วง (185.1 มิลลิกรัม / 100 กรัม) ที่เวลาสกัดนาน 19 นาที, อัตราของแข็งต่อของเหลว 1:20 และพลังงานไฟฟ้า 555 วัตต์ พบว่า cyanidin - 3 - glucoside, pelargonidin - 3 - glucoside, peonidin - 3 - glucoside และ counterparts malonated เปรียบเทียบกับการสกัดตัวทำละลายทั่วไป การสกัดด้วยไมโครเวฟ มีประสิทธิภาพ และรวดเร็วในการสกัดแอนโทไซยานินจากซังข้าวโพดสีม่วง ในทศวรรษที่ผ่านมาความสนใจในแอนโทไซยานินได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากใช้เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติ และโดยเฉพาะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านการอักเสบ

Tsuyoshi และคณะ (2010) สกัดโดยใช้วิธีไมโครเวฟและใช้เอทานอล 70เปอร์เซ็นต์ (v / v) เป็นตัวทำละลาย ในการแยก hesperidin จากเปลือกผลไม้จำพวกส้ม จากโรงกลั่นน้ำมันชีวมวล hesperidin ในเปลือกผลไม้อ่อนสูงกว่าที่ของผลไม้สุก ประมาณ 3.2 เท่า หลังจากการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟพบ hesperidin ถึง 58.6 mg / g ซึ่งดีมากเมื่อเทียบเป็นจำนวนเงิน สำหรับการตกผลึก hesperidin ที่เหมาะสมเป็น 140 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที โดยใช้วิธี พื้นผิวตอบสนอง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมนี้ hesperidin 86.8 เปอร์เซ็นต์ (47.7 mg / g) ที่แยกได้โดยวิธีMAE จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส, 24 ชั่วโมง)

Nuno และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการสกัด 2 วิธี คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) และการสกัดอุลตร้าโซนิค (USE) ศึกษา Environmental Protection Agency (EPA) polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) จากต้นสน สกัดจากเปลือกต้นสน 2 สายพันธุ์ ในไอบีเรีย (*Pinus pinaster* Ait. and *Pinus pinea* L.) โดยน้ำหนักตัวอย่างต่างกัน (1 และ 5 กรัม) และ PAHs 2 ระดับ (20 ng /g และ 100 ng /g) โดยวิธี Gas chromatography (GC) กับMass spectrometry (MS)

Fishman และคณะ (2006) พบว่าไมโครเวฟสามารถให้ความร้อน และสกัดเพคตินได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลดีมากกว่าวิธีธรรมดา เนื่องจากพันธะโควาเลนท์ยังไม่ถูกทำลายมากเกินไป เพคตินที่ได้จึงมีมวล (molar mass) และความข้นหนืดมากกว่า

สริตา และคณะ (2556) ศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลหมาก (Areca catechu L.) โดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดด้วยตัวละลาย ที่มีขั้วต่างกัน 6 ชนิด คือ เฮกเซน, เอทิลอะซิเตท, อะซีโตน, เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์, เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ นำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ด้วย HPLC และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (EPC) และฟลาโวนอยด์ (EFC) และวิเคราะห์ความสามารถการกวาดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการให้อิเล็กตรอนด้วยวิธีFRAP พบว่าสารสกัดอะซีโตนให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสุด โดย EPC มีปริมาณ 733.11 มก. สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัดแห้ง (mg GAE/g extract) และ EFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ 113.42 มก. สมมูลของเคอเซติน ต่อกรัมของสารสกัดแห้ง (mg QE/g extract) สารสกัดจากอะซีโตนยังให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเช่นกัน โดยพบว่ามีความสามารถเทียบเท่ากับ 184.36 และ 126.15 มก. ทรอลอกซ์ต่อกรัมของสารสกัดแห้ง (mg TEAC/g extract) จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ FRAP ตามลำดับ

พรนภัส และคณะ (2555) ศึกษาการสกัดเพคตินจากฝักสะตอเปล่าด้วยวิธีไมโครเวฟ และศึกษาคุณ สมบัติของเพคตินที่สกัดได้ โดยใช้ 0.1 M Citrate Phosphate buffer เป็นตัวสกัด เปรียบเทียบหาสภาวะที่ได้ผลผลิต (% yield) มากที่สุดจากอัตราส่วนของสารสกัด, pH, กำลังไฟฟ้า และเวลาในการสกัด และตรวจสอบคุณสมบัติของเพคติน ที่สกัดได้พบว่าการสกัดเพคติน ที่อัตราส่วน 1 : 10 (g : ml) ใน 0.1 M Citrate Phosphate buffer, pH 2.6, กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ และเวลา 6 นาที ได้ผลผลิต (% yield) มากที่สุด คือ 15.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้พบว่ามีปริมาณความชื้น 7.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 5.42 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณเมทอกซิล 5.73 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค 5.65 เปอร์เซ็นต์

ธีระพงษ์ (2554) ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิคสาร resveratrol และประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากสาร สกัดจากเปลือกและเมล็ดขององุ่น 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ป๊อกดำ, Muscat Blue, Muscat Hamburg และ Red Globe สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ, ethanol และ petroleum ether พบว่าการสกัดเปลือก องุ่นทุกพันธุ์ ด้วยน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด สำหรับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และสาร resveratrol พบสูงสุดในเมล็ดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำที่สกัดด้วย ethanol เป็น เวลา 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 116.40 mg GAE/g DW และ 268.31 ug/g DW ตามลำดับ พบสาร anthocyanins ปริมาณสูงสุดใน สารสกัดจากส่วนเปลือกที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2- diphenyl - 1 -picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline- 6 -sulphonic acid) (ABTS) ของสารสกัดเปลือกและเมล็ดองุ่น 4 พันธุ์แปรผันตาม ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

ดวงกมล (2553) ศึกษาการลดเวลาในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จากสาหร่าย Haematococcus pluvialis โดยใช้คลื่นอัลตราซาวน์ร่วมกับไมโครเวฟ และตัวทำละลายอินทรีย์ โดยศึกษาปัจจัยที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติของตัวทำละลาย เวลา อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อปริมาณสารแอสตาแซนทินที่สกัดได้ พบว่าสารดังกล่าวสามารถสกัดได้ดีด้วยตัวทำละลายอะซิโตน การใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยร่วมกับการใช้ตัวทำละลายอะซิโตนในการสกัดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาเพียง 5 นาที ด้วยประสิทธิภาพที่เท่ากันแต่เปลี่ยนวิธีการสกัดสาร โดยใช้คลื่นเหนือเสียงเป็นตัวช่วยในการสกัดร่วมกับอะซิโตน พบว่าใช้เวลาในการสกัดนานถึง 45 นาที แต่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า คือ 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาริษา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาวิธีสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอโดยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดระหว่างตู้อบลมร้อน และเตาไมโครเวฟ พบว่าอัตราการระเหยน้ำเปลือกส้มโอ และผงเพคตินด้วยตู้อบลมร้อนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ และการระเหยน้ำด้วยเตาไมโครเวฟเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้า และเวลา แต่ไมโครเวฟสามารถลดเวลาการสกัดทั้ง 2 วิธีได้มากกว่าตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วย 60 เปอร์เซ็นต์เอทานอลร่วมกับไมโครเวฟเป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ควรศึกษาการปรับปรุงสี การละลาย และคุณภาพการเกิดเจลของเพคติน

สุรศักดิ์ และคณะ (2550) ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นยอ(Morinda citrifolia) โดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด โดยศึกษาผลของอุณหภูมิ สัดส่วนองค์ประกอบของเอธทานอล และชนิดของตัวทำละลายที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสกัด โดยผลของเปอร์เซ็นต์การสกัด และประสิทธิภาพในการสกัดของสารสกัด พบว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดของแอนทราควิโนนส์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา และอุณหภูมิของการสกัดด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดยังขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายที่ใช้อีกด้วย และจากตัวทำละลายที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ชนิด (อะซิโตน เอธทานอล เมธทานอล และอะซิโตไนไตร์) ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดคือ เมธทานอล เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแช่ยุ่ย การสกัดด้วยซอคเล็ต และคลื่นอัลตราซาวด์แล้ว การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟจะใช้เวลาสั้นกว่า นอกจากนี้สมบัติการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้โดยใช้คลื่นไมโครเวฟยังมีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยซอคเล็ตเพียงเล็กน้อย แต่มีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยการแช่ยุ่ยและอัลตราซาวด์

ณัฏฐวี (2550) ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดสมุนไพรเจียวกู่หลานโดยใช้ไมโครเวฟ และความดันสูงยิ่ง พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้เจียวกู้หลาน 5 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำ ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 1.47 นาที ซึ่งได้ผลผลิต 36.45.5±4.09 เปอร์เซ็นต์ ซาโปนิน 6.70±0.26 เปอร์เซ็นต์ จีเพนโนไซด์ 1.62±0.44 เปอร์เซ็นต์ และจินเซนโนไซด์ Rb1 2.5±2.00 มก./100ก. จากนั้นนำความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ เจียวกู้หลานในน้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้ศึกษาการสกัดด้วยเอทานอลใช้ความเข้มข้นของเอทานอล 40-80 เปอร์เซ็นต์ และเวลา 1-5 นาทีพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือใช้เอทานอลเข้มข้ น 66.43 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที ได้ผลผลิต 30.97±0.66 เปอร์เซ็นต์ ซาโปนิน 11.30±0.40เปอร์เซ็นต์ และจีเพนโนไซด์ 1.19±0.13 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการสกัดซาโปนินโดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง โดยใช้เจียวกู่หลานเข้มข้นคือ 5-25 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ และความดันที่ใช้สกัด 400-600 MPa จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ เจียวกู่หลาน 5 เปอร์เซ็นต์ในน้ำความดันที่ใช้สกัด 579.37 MPa ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดเจียวกู้หลาน คือ การสกัดด้วยน้ำโดยใช้ไมโครเวฟจะได้สารออกฤทธิ์ในปริมาณสูง นอกจากนั้นการใช้น้ำเป็นตัวสกัดยังสะดวกและบริโภคได้อย่างปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัชรีย์ (2550) ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกไทย โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำแบบต่อเนื่อง วิธีการสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ และวิธีการสกัดด้วยซอกเลท พบว่าวิธีการสกัดด้วยของไหลยิ่งยวดที่ใช้ไดคลอโรมีเทนหรือโทลูอีนเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันหอมระเหยที่มีร้อยละผลได้โดยน้ำหนักสูง และคุณภาพดีคือ กลิ่นหอมมาก มีความหนืด และมีสีน้ำตาลอ่อน ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี พบองค์ประกอบที่พิสูจน์โครงสร้างได้ 64 องค์ประกอบ การยืนยันความถูกต้องของการพิสูจน์เอกลักษณ์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมทำโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี 2 มิติ-แมสสเปกโทรเมตรีซึ่งให้จำนวนองค์ประกอบที่พิสูจน์โครงสร้างได้เพิ่มอีก 43 องค์ประกอบ การหาปริมาณสัมพัทธ์ของแต่ละองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมทำโดยใช้เทคนิคพีควอลยูมนอร์มอลไลเซชันด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี 2 มิติที่ต่อเข้ากับเครื่องตรวจวัดแบบเฟลมไอออไนเซชัน พบว่าสามารถแยกองค์ประกอบได้อย่างน้อย 245 องค์ประกอบ อย่างไรก็ตามเมื่อรวมร้อยละของพื้นที่ใต้พีคของทุกองค์ประกอบที่ทราบโครงสร้างแล้วในแต่ละตัวอย่างพบว่าอยู่ในช่วง 56.4-61.4เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า khusenic acid, khusimol, khusimone, และnootkatone เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมที่ได้จากวิธีการสกัดที่แตกต่างกันทุกตัวอย่าง

จิรวัฒน์ และคณะ (2549) ศึกษาการสกัด และคุณสมบัติของ Capsicum Oleoresin จากพริกแดง และพริกชี้ฟ้าที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน ด้วยวิธี Fischer extraction เพื่อหาชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลิตผลและค่าความเข้มของแสงสีแดง (ASTA value) ของ Capsicum oleoresin โดยการศึกษาการสกัดนี้ ใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ acetone, methanol, และ hexane ที่อุณหภูมิ 50, 60, และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 4.5 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสภาวะสกัดที่เหมาะสมสำหรับ Capsicum oleoresin ของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าคือ การใช้ตัวทำละลาย methanol ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง และพริกแดง และพริกชี้ฟ้ามีปริมาณ capsaicin มากกว่า dihydrocapsaicin โดยพริกแดง และพริกชี้ฟ้ามีปริมาณ capsaicin 1260.55 ppm. และ 510.85 ppm. ปริมาณ dihydrocapsaicin เป็น 525.36 ppm. และ 142.26 ppm. ตามลำดับ และเมื่อนำไปหาปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่าพริกแดงมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 323.73 μg/g และพริกชี้ฟ้ามี 268.13 μg/g

จันทร์สม (2546) ศึกษาผลการอบรำข้าวด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อคุณภาพของน้ำมันรำข้าว พบว่า ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดี คือ เฮกเซน โดยสามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่ผ่านการทำให้แข็งตัวได้ 20.16 และสกัดพอนนิไฟน์ได้ 705.6 มิลลิกรัมต่อรำข้าว 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- กากองุ่นแดง (พันธุ์ ป๊อกดำ) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทสยามไวเนอรี่ จำกัด 9/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางโทรัด อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร

3.2 สารเคมี

- เอธานอล 95เปอร์เซ็นต์
- น้ำกลั่น
- โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- สารละลาย Folin-Ciocalteu
- KCl (โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์)
- $CH_3CO_2Na.3H_2O$ (โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์)
- HCl (ไฮโดรคลอริก)
- กรดแกลลิก (gallic acid)
- Trolox
- 2, 2-diphenyl-1-picrythydrazyl (DPPH)
- โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต
- TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine)
- $FeCl_3 . 6H_2O$

3.3 เครื่องมือ

1) ตู้อบแห้งลมร้อนแบบชั้น
2) เครื่องบด Hammer mill
3) เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Alpha-Pack Enterpise Limited, OAPV-400, Germany)
4) ตู้แช่แข็ง อุณหภูมิในการแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส
5) ตู้เย็น ((SANYO, RM-852C E NG), Thailand)
6) เครื่องหมุนเหวี่ยง (BOECO, C-28, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เครื่องกรองสุญญากาศ (SIBATA, WJ-20, Japan)

8) เครื่องผสม (VORTEX GENIES, G-560E, USA)

9) เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo scientific, USA) พร้อม เซลล์

10) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, WNB14, Germany)

11) เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

12) เครื่องคนสาร (Magnetic stirrer)

13) ตู้ไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร (SAMSUNG Model ME712N)

14) ไมโครปิเปต

15) เทอร์โมมิเตอร์

16) บีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร

17) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50, 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

18) ปิเปต ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

19) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 และ 250 มิลลิลิตร

20) ลูกยาง

21) หลอดทดลอง

22) กระบอกตวง ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร

23) กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman paper)

24) Hot air oven

25) โถดูดความชื้น

26) ที่คีบ (tong)

27) อะลูมิเนียมแคน

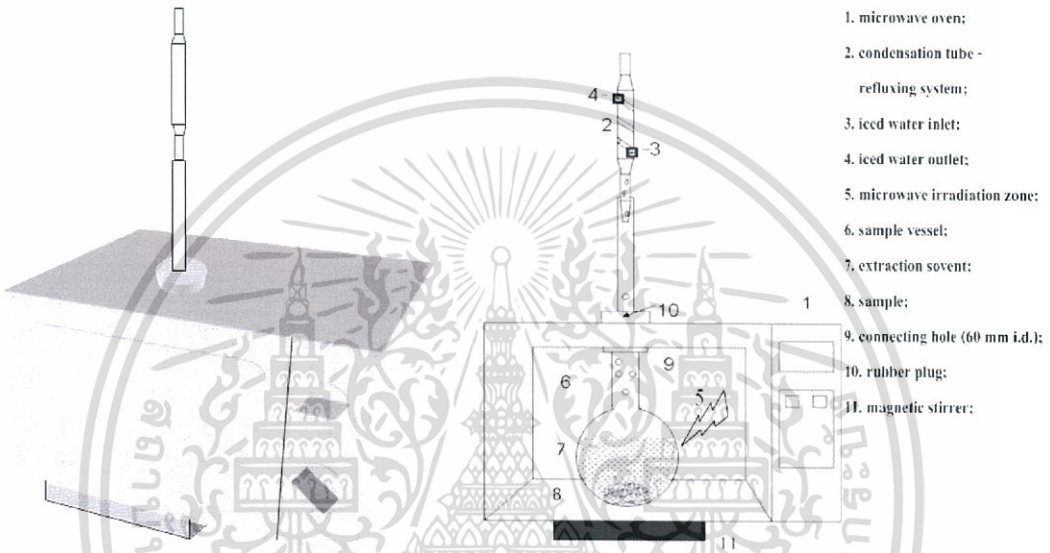
28) ผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง และอุปกรณ์

ออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น บรรจุในตู้ไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร โดยมีอุปกรณ์กวนสารชนิดแท่งแม่เหล็ก ประกอบอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 3.1 โมเดลเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

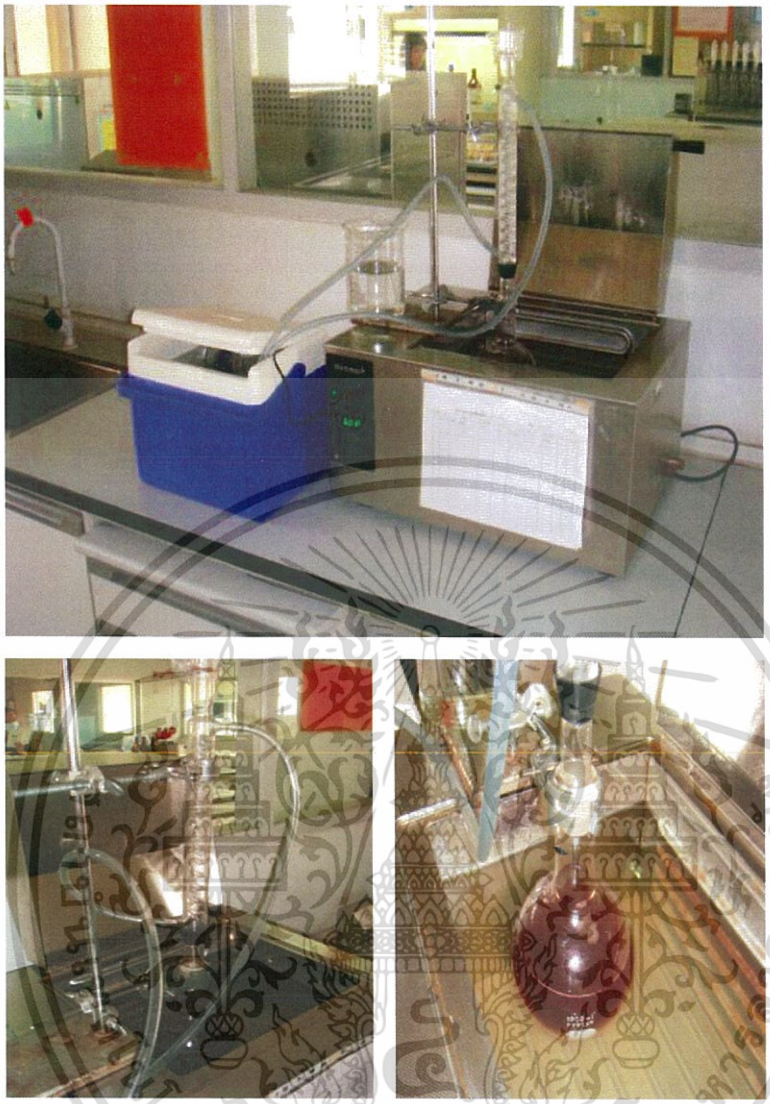
ภาพที่ 3.2 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

ภาพที่ 3.4 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

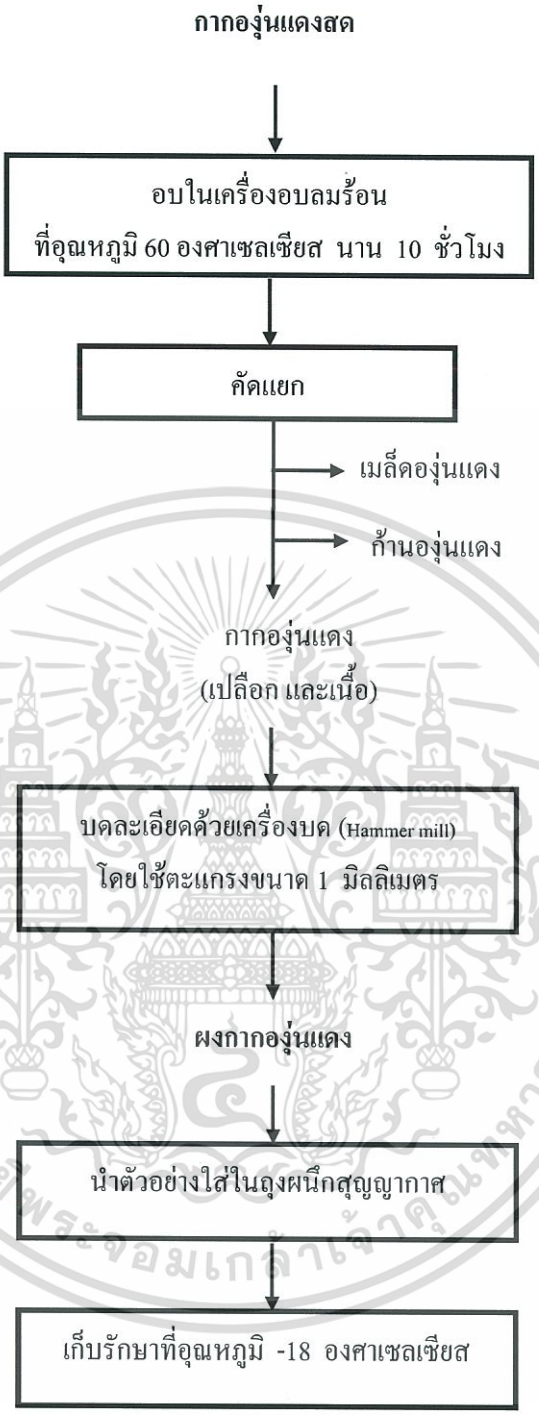


ภาพที่ 3.5 สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.4.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำกากองุ่นแดง พันธุ์ป๊อกดำ จากบริษัท สยามไวเนอรี่ จำกัด ทั้งหมดมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง จนกากองุ่นแดงแห้งมีค่าความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก แยกก้าน และเมล็ด ออกจากกากองุ่นแดงจากนั้นนำกากองุ่นแดงแห้งไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด (Hammer mill) โดยใช้ตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำตัวอย่างใส่ในถุงผนึกสุญญากาศ เก็บที่ -18 องศาเซลเซียส รอการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 กระบวนการผลิตผงกากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

ชั่งตัวอย่างกากองุ่นแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดด้วยตู้ไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 1, 2, 3 และ 4 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง นำสารสกัดไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยง ด้วยความเร็วรอบในการเหวี่ยง 4,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองอีกครั้งด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ได้สารสกัดใสมีสี เก็บตัวอย่างสารสกัดที่ได้ใส่ในขวดแก้วสีชา เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

-การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี AOAC (1990)

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi., 1965)

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี pH different (Mazza and Miniati., 1993)

-การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี DPPH (Murakami *et al*., 2004)

-การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยวิธี FRAP (Benzie and Strain., 1999)

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial experiment) ในแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

1. เวลาในการสกัด โดยเปรียบเทียบเวลาในการสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 1, 2, 3 และ 4 นาที
2. กำลังไฟ ที่ใช้ในการสกัดสารสกัดจากกากองุ่น โดยเปรียบเทียบกำลังไฟ ที่ใช้ในการสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดที่ได้จากกากองุ่นที่ผ่านการสกัดที่เวลา และ กำลังไฟ ที่ระดับที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.4 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

ชั่งตัวอย่างกากองุ่นแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดตามวิธีดังนี้

1. สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร

2. สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร

3. สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ชั่งตัวอย่างกากองุ่นแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร ประกอบเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น (condenser tube) เพื่อให้เกิดการควบแน่นของสารระเหย จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เมื่อครบกำหนดเวลา กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง นำสารสกัดไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยง ด้วยความเร็วรอบในการเหวี่ยง 4,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองอีกครั้งด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ได้สารสกัดใสมีสี เก็บตัวอย่างสารสกัดที่ได้ใส่ในขวดแก้วสีชา เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

-การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี AOAC (1990)

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi., 1965)

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงโดยวิธี pH different (Mazza and Miniati., 1993)

-การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี DPPH (Murakami *et al.*, 2004)

-การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยวิธี FRAP (Benzie and Strain., 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design , CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 1 ปัจจัย คือ วิธีการที่ใช้ในการสกัดสารสกัดจากกากองุ่น โดยเปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในการสกัด 3 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ สกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดที่ได้จากกากองุ่นที่ผ่านวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี ที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.5 การเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

นำสารสกัดจากกากองุ่นที่ได้จากข้อ 3.4.4 ใส่ขวดเก็บตัวอย่างและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 4 และ -18 องศาเซลเซียส นาน 1, 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน เมื่อครบกำหนดเวลานำไปวิเคราะห์ทางเคมี

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธีFolin-Ciocalteu (Singleton and Rossi., 1965)

-การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงโดยวิธี pH different (Mazza and Miniati., 1993)

-การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยวิธี DPPH (Murakami *et al*., 2004)

-การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยวิธี FRAP (Benzie and Strain., 1999)

วางแผนการทดลองแบบสปลิท สปลิท พล๊อท (Split Split plot design) ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์(Randomized Complete Block Design , RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา ได้แก่

1. ปัจจัยหลัก คือ ชนิดของสารสกัดที่ได้จากวิธีสกัดที่แตกต่างกันโดยเปรียบเทียบชนิดของสารสกัด ที่ 3 ระดับ คือ สารกัดจากกากองุ่นที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ สกัดด้วยไมโครเวฟ และสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัจจัยรอง คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิ ที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 25, 4 และ -18 องศาเซลเซียส
3. ปัจจัยรอง คือ เวลาในการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบเวลาในเก็บรักษา 6 ระดับ ได้แก่ 1, 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดที่ได้จากกากองุ่นที่สภาวะ และอายุการเก็บรักษาที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาทางกายภาพของกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำ โดยหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ และความชื้นของกากองุ่นแดงที่เหลือจากกระบวนการผลิตไวน์ (บริษัทสยามไวน์เนอรี่) พบว่าหลังจากนำกากองุ่นแดงที่เหลือจากกระบวนการผลิตไวน์มาอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง

4.1 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

4.1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำ พบว่า การสกัดที่กำลังไฟฟ้า 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์เป็นระยะเวลา 1 นาทีถึง 4 นาทีให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.45-1.97 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) (ตารางที่ 4.1) โดยระยะเวลาสกัดส่งผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาที่ 800 วัตต์ ระยะเวลา 4 นาทีให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าที่ 1 และ 2 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.97±0.11 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ส่วนกำลังไฟฟ้าแม้จะมีแนวโน้มว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งแสดงถึงปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ยังอาจสรุปได้ไม่ชัดเจนว่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณผลผลิตที่สกัดได้เพิ่มขึ้นแต่มีแนวโน้มว่าระยะเวลาสกัดที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นด้วย (ภาพที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

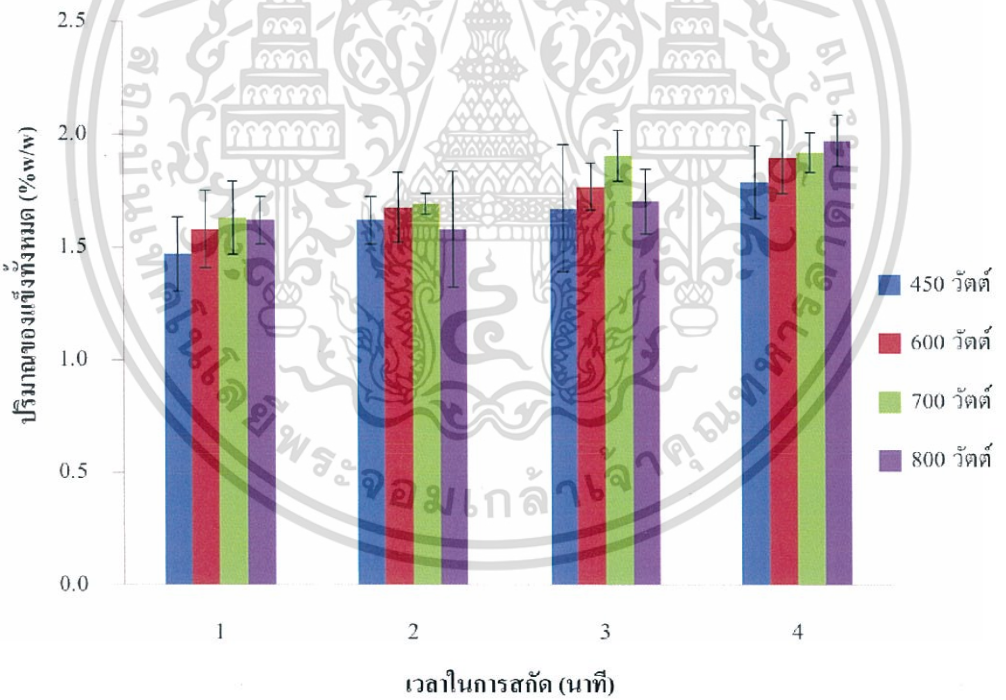
ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เวลาที่ใช้ในการสกัด	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
(นาที)	450	600	700	800
1	$^{A}1.47 \pm 0.16^{ns}$	$^{A}1.58 \pm 0.17^{ns}$	$^{A}1.63 \pm 0.16^{ns}$	$^{AB}1.62 \pm 0.10^{ns}$
2	$^{AB}1.62 \pm 0.11^{ns}$	$^{AB}1.67 \pm 0.15^{ns}$	$^{AB}1.69 \pm 0.04^{ns}$	$^{A}1.58 \pm 0.26^{ns}$
3	$^{AB}1.67 \pm 0.28^{ns}$	$^{AB}1.77 \pm 0.11^{ns}$	$^{B}1.90 \pm 0.11^{ns}$	$^{BC}1.70 \pm 0.14^{ns}$
4	$^{B}1.79 \pm 0.16^{ns}$	$^{B}1.90 \pm 0.17^{ns}$	$^{B}1.92 \pm 0.09^{ns}$	$^{C}1.97 \pm 0.11^{ns}$

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกำลังไฟฟ้าภายในเวลาสกัด (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

NS,ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพบว่ากากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 25.21 – 35.46 mg GAE/g sample โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาทีให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 35.46 mg GAE/g sample (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาเวลาสกัดที่ 1, 2, 3 และ 4 นาที ที่ทุกกำลังไฟฟ้า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยเวลา และกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ทำให้อุณหภูมิสารสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่สกัดได้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนทำลายผนังเซลล์พืช และพันธะโควาเลนซ์ที่เชื่อมระหว่างสารประกอบโพลีฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพืชจึงปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลจากส่วนที่ไม่ละลายในพืชให้อยู่ในรูปอิสระ (free from) หรืออยู่ในรูปที่ละลายได้ จึงมีผลให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นดังกล่าว (ภาพที่4.2) Krishnaswamy และคณะ (2013) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และเวลาสกัด ความเข้มข้นของตัวทำละลาย พบว่า ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด การสกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มของปริมาณปริมาณสารฟีนอลิกสูงขึ้น (ธีระพงษ์, 2554)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	$^{A}25.21 \pm 0.37^{bc}$	$^{A}24.53 \pm 0.53^{ab}$	$^{A}24.33 \pm 0.46^{a}$	$^{A}25.39 \pm 0.29^{c}$
2	$^{B}26.80 \pm 0.35^{b}$	$^{B}29.23 \pm 0.56^{c}$	$^{B}25.54 \pm 0.32^{a}$	$^{B}29.83 \pm 0.66^{d}$
3	$^{C}28.72 \pm 0.17^{a}$	$^{C}30.50 \pm 0.15^{b}$	$^{C}32.95 \pm 0.55^{d}$	$^{C}31.60 \pm 0.49^{c}$
4	$^{D}30.63 \pm 0.52^{a}$	$^{D}31.47 \pm 0.27^{b}$	$^{C}33.57 \pm 0.37^{c}$	$^{D}35.46 \pm 0.19^{d}$

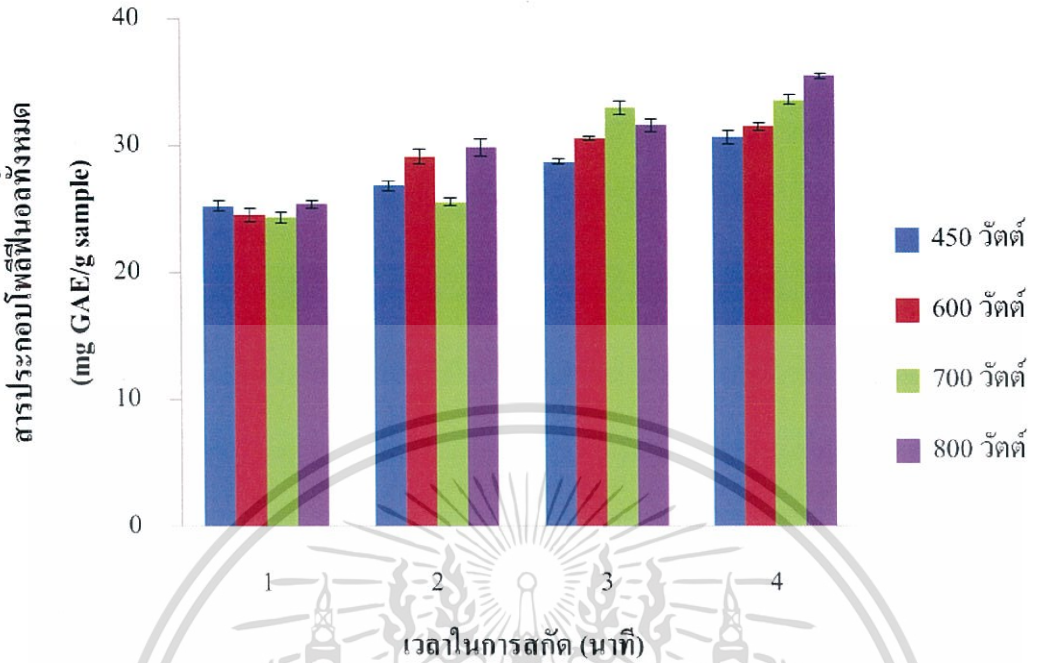
หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาสกัดภายในกำลังไฟฟ้า (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกำลังไฟฟ้าภายในเวลาสกัด (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

NS,ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

4.1.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพบว่า กากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 27.04 - 51.88 mg /g sample (ตารางที่ 4.3) โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาทีให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 51.88 mg /g sample (ภาพที่4.3) และผลของเวลาและที่กำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับ พบว่าผลของเวลาสกัด 1, 2, 3 และ 4 นาทีต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาสกัดที่แตกต่างกันจึงมีผลต่อการสกัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่วนผลของกำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับที่ระยะเวลาสกัด 2, 3, 4 ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมดเพิ่มขึ้น (แถวที่ 2, 3, 4 ; ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุพาพร (2547) พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

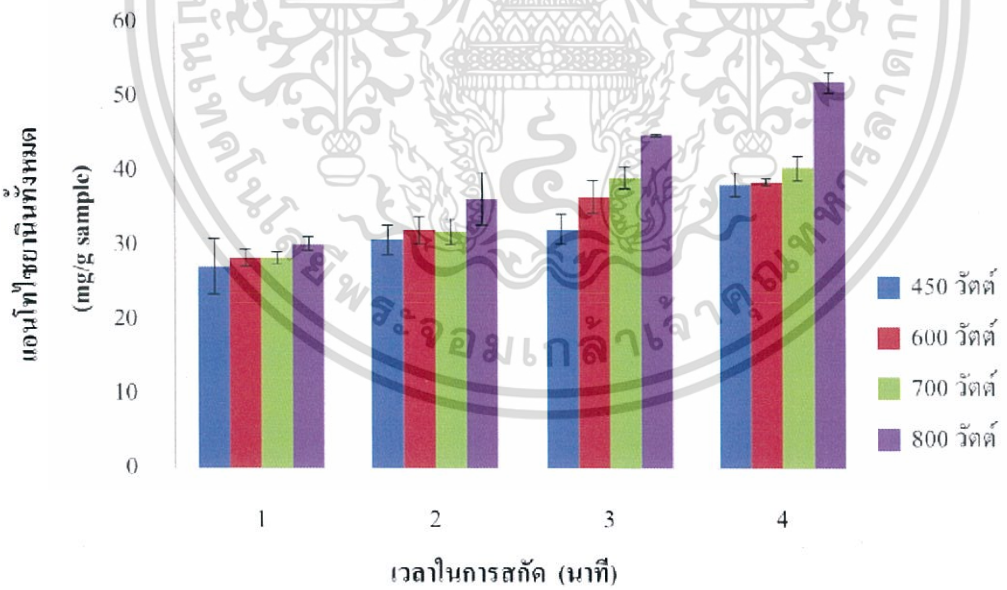
เวลาที่ใช้ในการสกัด	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
(นาที)	450	600	700	800
1	$^{A}27.04 \pm 3.75^{ns}$	$^{A}28.29 \pm 1.14^{ns}$	$^{A}28.25 \pm 0.77^{ns}$	$^{A}30.12 \pm 0.87^{ns}$
2	$^{B}30.67 \pm 1.96^{a}$	$^{B}31.98 \pm 1.82^{a}$	$^{B}31.8 \pm 1.78^{a}$	$^{B}36.17 \pm 3.85^{b}$
3	$^{B}32.10 \pm 1.99^{a}$	$^{C}36.45 \pm 2.17^{b}$	$^{C}39.04 \pm 1.44^{b}$	$^{C}44.73 \pm 0.18^{c}$
4	$^{C}38.08 \pm 1.58^{a}$	$^{C}38.49 \pm 0.39^{a}$	$^{C}40.35 \pm 1.68^{a}$	$^{D}51.88 \pm 1.40^{b}$

หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาสกัดภายในกำลังไฟฟ้า (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกำลังไฟฟ้าภายในเวลาสกัด (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

NS,ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง พบว่า กากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 61.18 – 128.29 mg trolox/g sample (ตารางที่ 4.4) โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาที ให้การสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดอย่างชัดเจนเท่ากับ 128.29 mg trolox/g sample (ภาพที่ 4.4) โดยผลของทั้งเวลาสกัดที่ 1, 2, 3 และ 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่า เมื่อเวลาและกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงขึ้น โดยความสัมพันธ์ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน เนื่องจากโครงสารฟีนอลิกเป็น Benzene ring มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อง 1 หมู่จึงมีคุณสมบัติมีขั้ว ทำให้สามารถละลายได้ดีในเอทานอล และน้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง สามารถให้ไฮโดรเจนกับอนุมูลอิสระได้ (Crozier *et al.* 2006) ทั้งหมดจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เวลาที่ใช้ในการสกัด	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
(นาที)	450	600	700	800
1	$^{A}61.18\pm3.32^{a}$	$^{A}70.25\pm3.77^{b}$	$^{A}73.51\pm3.77^{b}$	$^{A}78.23\pm2.27^{c}$
2	$^{B}72.42\pm2.18^{a}$	$^{A}75.33\pm3.50^{a}$	$^{B}80.77\pm3.14^{b}$	$^{A}84.39\pm3.92^{b}$
3	$^{B}79.32\pm0.63^{a}$	$^{B}85.85\pm2.74^{ab}$	$^{C}88.02\pm6.38^{bc}$	$^{B}94.19\pm2.88^{c}$
4	$^{C}84.67\pm3.50^{a}$	$^{C}93.11\pm1.09^{bc}$	$^{D}96.73\pm4.53^{c}$	$^{C}128.29\pm7.72^{d}$

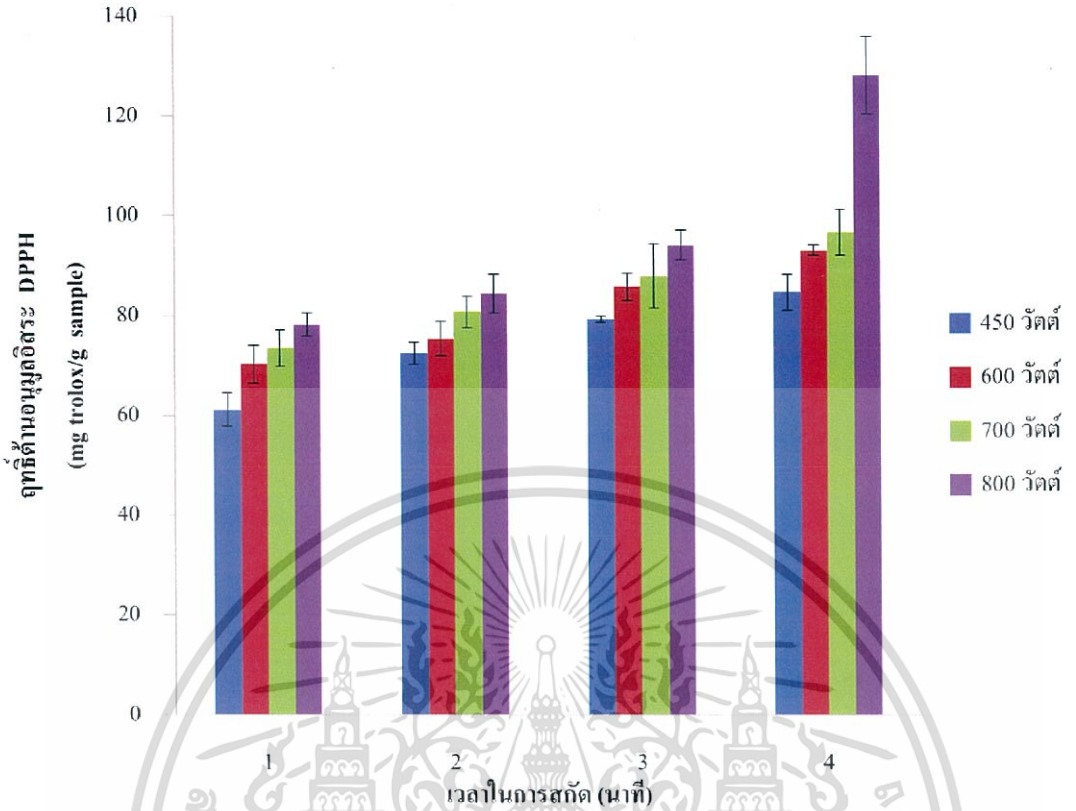
หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาสกัดภายในกำลังไฟฟ้า (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกำลังไฟฟ้าภายในเวลาสกัด (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

NS,ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



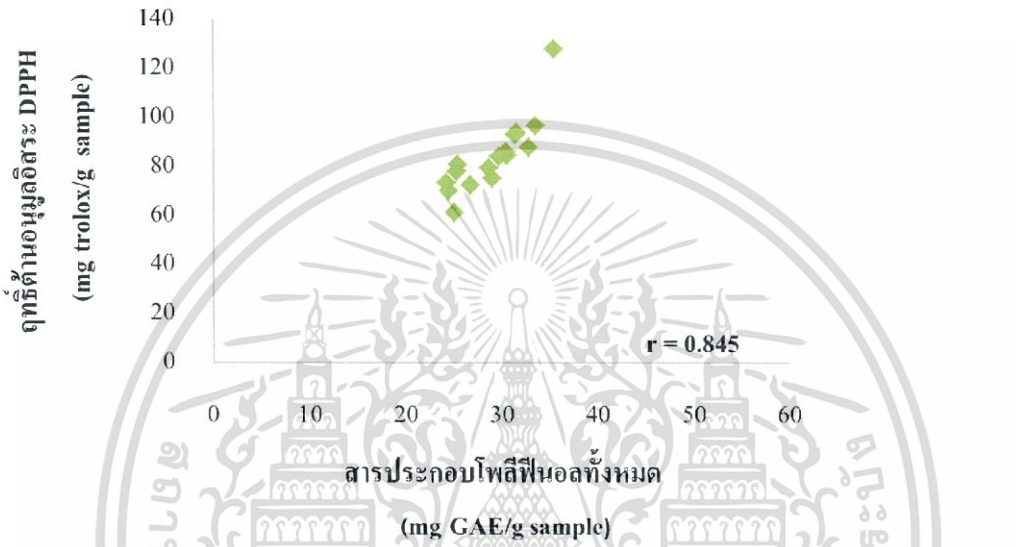
ภาพที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมด ของสารสกัดกากองุ่นแดง

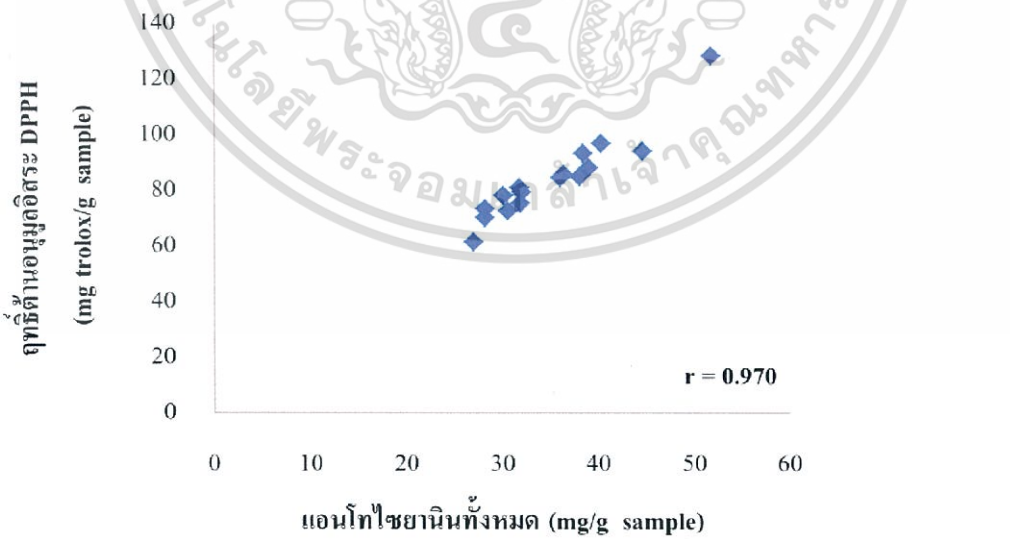
เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความสัมพันธ์เชิงเส้นทางบวกอย่างชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.845 และ 0.970 ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 4.5 และ 4.6) แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง แปรผันโดยตรงกับ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shrikhande (2000) และ Saint-Cricq de Gaulejac และคณะ (1999) อ้างโดย ทิพรัตน์ (2547) ได้ทำการสกัด และแยกสารต่างๆพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารในกลุ่ม tannins-polysaccharides-tannins salts, very condensed tannins, procyanidins และ catechins และ tannin-anthocyanin complexes ซึ่งพบมากในเมล็ดองุ่น ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luengthanapholและคณะ (2004) Sudjaroen และคณะ (2005) และAbdel และ Hameed (2009) อ้างโดย วันเชิง และดวงฤดี (2011) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่เป็น free radical terminatorsที่โครงสร้างหลักประกอบด้วย aromatic ring แทนที่ด้วย hydroxyl group ที่สามารถใช้จับกับอนุมูลอิสระได้ ดังนั้นสารสกัดกากองุ่นแดงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมาก ทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH



ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็นการวัดความสามารถรวมในการรีดิวซ์ โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอริค Fe^{3+}-TPTZ (ferric tripyridyltriazine) เป็นสารทดสอบ อะตอมของเหล็ก ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านออกซิเดชัน ได้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอรัส Fe^{2+}-TPTZ ซึ่งมีสีน้ำเงิน ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (Benzie and Strain, 1999) จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง พบว่ากากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 63.70 - 110.71 mg trolox /g sample (ตารางที่ 4.5) โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาที ให้การสกัดที่มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงสุดอย่างชัดเจนเท่ากับ 110.71 mg trolox/g sample (ภาพที่ 4.7) โดยผลของทั้งเวลาสกัดที่ 1, 2, 3 และ 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่า เมื่อเวลา และกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มสูงขึ้น โดยความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะกล่าวถึงในตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เวลาที่ใช้ในการสกัด	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
(นาที)	450	600	700	800
1	$^{A}63.70\pm7.13^{a}$	$^{A}72.77\pm2.40^{b}$	$^{A}71.71\pm1.05^{b}$	$^{A}74.74\pm3.91^{b}$
2	$^{B}72.62\pm2.88^{a}$	$^{A}74.74\pm2.62^{a}$	$^{A}78.52\pm3.43^{a}$	$^{B}81.09\pm1.83^{b}$
3	$^{B}76.55\pm4.47^{a}$	$^{A}77.61\pm2.62^{a}$	$^{B}88.49\pm2.62^{b}$	$^{C}89.10\pm2.52^{b}$
4	$^{C}80.63\pm3.02^{a}$	$^{B}85.92\pm9.37^{b}$	$^{B}93.33\pm0.52^{c}$	$^{D}110.71\pm6.35^{d}$

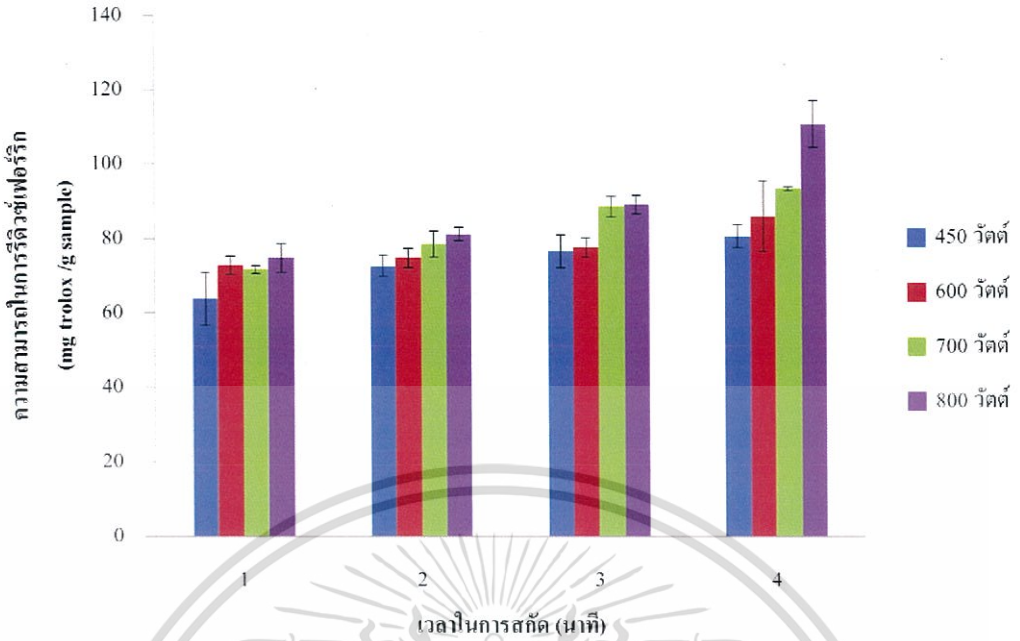
หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาสกัดภายในกำลังไฟฟ้า (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกำลังไฟฟ้าภายในเวลาสกัด (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

NS,ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

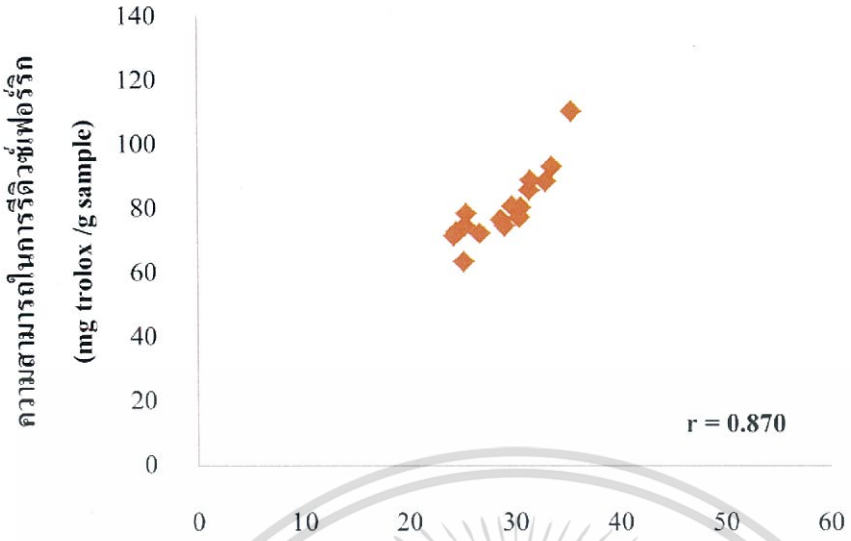


ภาพที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

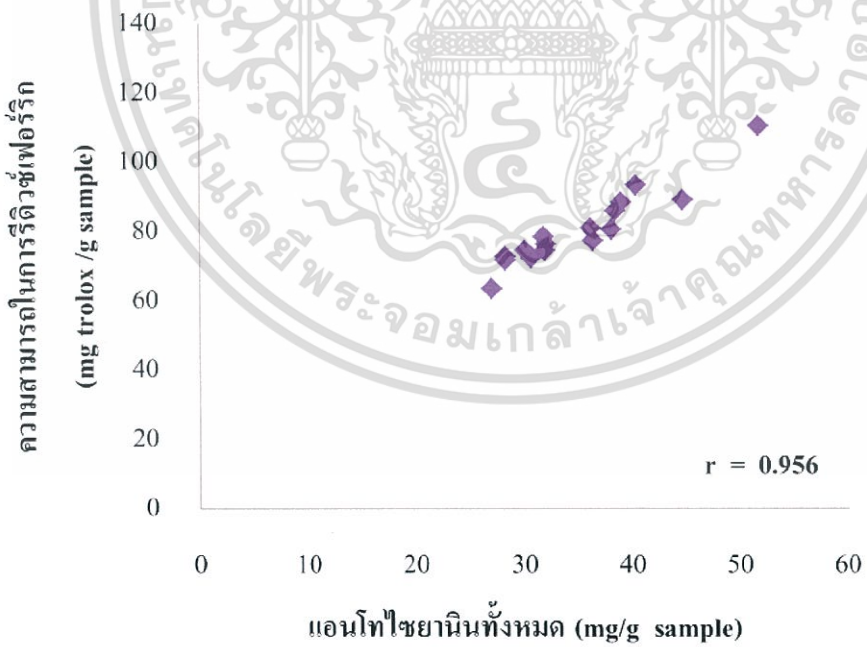
ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ความสัมพันธ์เชิงเส้นทางบวกอย่างชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.870, และ 0.956 ตามลำดับ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 4.8 - 4.9) แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง แปรผันโดยตรงกับ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟที่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำ พบว่า เวลาที่ใช้สกัดนาน 4 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ สามารถสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.97เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 35.46 mg GAE/g sample สารแอนโทไซยานิน ทั้งหมด 51.88 mg /g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 128.29 mg trolox/g sample และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 110.71 mg trolox/g sample ได้มากที่สุด จึงเลือกสภาวะ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร โดยการเปรียบเทียบการสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ใช้สภาวะเดียวกันคือ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร และการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

4.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำที่ผ่านการสกัดที่สภาวะเดียวกัน ด้วยวิธีสกัดที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์หาปริมาณโดยเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยใช้ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก) พบว่า การสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.20-1.88 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยวิธีการสกัดส่งผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดด้วยไมโครเวฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.20 และ1.63 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องกวนสารทำให้เกิดการกวนคนระหว่างกากองุ่นแดงกับเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำที่ผ่านการสกัดที่สภาวะเดียวกัน ด้วยวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าให้ค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ระหว่าง 25.48-34.69 mg GAE/g sample การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารที่สภาวะเวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร สามารถสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 34.69 mg GAE/g sample ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) กับการสกัดด้วยไมโครเวฟที่สภาวะเดียวกัน โดยมีค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 27.35 mg GAE/g sample ซึ่งไม่แตกต่างกันกับการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร โดยมีค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 25.48 mg GAE/g sample ผลค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่สกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร นี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับปริมาณของแข็งทั้งหมด กล่าวคือการติดตั้งเครื่องกวนสารทำให้เกิดการกวนคนระหว่างกากองุ่นแดงกับตัวทำละลาย (Jayaprakasha *et al.* 2007) ธีระพงษ์และคณะ (2554) รายงานไว้ว่าการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 40 - 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการใช้เอทานอลบริสุทธิ์ นอกจากนี้ปริมาณ และชนิดของสารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของพืชและสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก นอกจากนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟ สามารถช่วยลดเวลาได้มากกว่า การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้เวลาสกัดสารสกัดถึง 60 นาที สอดคล้องกับ Abu-Samra และคณะ (1975) รายงานไว้ว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave-assisted extraction; MAE) ทำให้ประหยัดเงินและเวลากว่าวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์แบบดั้งเดิม เพราะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ลดลง และควบคุมการใช้พลังงานจากคลื่นไมโครเวฟได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้พลังงานความร้อนจากเตาให้ความร้อนแบบเดิม ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และสาร resveratrol พบสูงสุดในเมล็ดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 116.40 mg GAE/g DW และ 268.31 mg/g DW ตามลำดับ (ธีระพงษ์ และคณะ, 2554)

4.2.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกันโดยวิธี pH – differential รายงานในหน่วย mg /g sample พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด อยู่ระหว่าง 28.20 - 45.95 mg /g sample วิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) พบว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร สามารถสกัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 45.95 mg /g sample (สรณะ, มปป.) รายงานไว้ว่าการสกัดโดยอาศัยไมโครเวฟเป็นตัวให้ความร้อน (Microwave assisted extraction) ทำให้โมเลกุลของน้ำและองค์ประกอบอื่นๆ ในวัตถุดิบซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีประจุเกิดการเคลื่อนไหวและเสียดสีกัน ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในวัตถุ ความร้อนที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะทำให้สารประกอบในเซลล์พืชเกิดการขยายตัว และทำให้เซลล์แตกสลายในที่สุด เป็นผลให้สารประกอบออกมาจากเซลล์อย่างเป็นอิสระ และจากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ผงกากองุ่นแดงถูกกวนคน ทำให้พื้นผิวอนุภาคสัมผัสกับตัวทำละลาย (เอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) จึงส่งผลที่ดีต่อการสกัดสารสกัดกากองุ่นแดง รองมาคือ การสกัดด้วยไมโครเวฟและอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 35.79 และ 28.20 mg /g sample ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Varzakas และคณะ (2005) พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น Santosbuelga และ Scalbert (2000) กล่าวว่า ความแตกต่างของขั้นตอนการสกัดส่งผลต่อปริมาณโพแอนโทไซยานิน Spranger และคณะ (2008) และ Ramchandani และคณะ (2010) พบว่าปริมาณโพแอนโทไซยานินสูง จะส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น

4.2.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกันโดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วย mg trolox /g sample โดยใช้กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ (ภาคผนวก ง) พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ระหว่าง 52.48 - 118.14 mg trolox /g sample วิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร สามารถสกัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 118.14 mg trolox /g sample รองมาคือ การสกัดด้วยไมโครเวฟ และอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 77.87 และ 52.48 mg trolox /g sample (ตารางที่ 4.7) ตามลำดับ Pinelo และคณะ (2004) ได้กล่าวไว้ว่า quercetin ในเอทานอลมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดีที่สุดเนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนจะทำให้ความสามารถในการให้อะตอมไฮโดรเจนของสารฟีนอลิกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งฟีนอลิกมีฟลาโวนอยด์เป็น สารประกอบซึ่งมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันที่ดี เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของฟลาโวนอยด์สามารถให้อิเล็กตรอน หรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีความคงตัวมากขึ้น จึงช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจึงเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกันโดยรายงานความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในหน่วย mg trolox /g sample โดยใช้กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ (ภาคผนวก จ) พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอยู่ระหว่าง 49.04 - 107.38 mg trolox /g sample วิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร สามารถสกัดความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 107.38 mg trolox /g sample รองมาคือการสกัดด้วยไมโครเวฟ และอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 73.53 และ49.04 mg trolox /g sample ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) สอดคล้องกับ Poudle และคณะ (2008), Xu และคณะ (2010), Katalinic และคณะ (2010) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระในเปลือกองุ่นด้วยวิธี DPPH, FRAP, CAA และABTS พบสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบแอนโทไซยานิน โดยประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระนั้นจะแปรผันตามปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

วิธีการสกัด	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%w/w)	สารประกอบฟีนอล (mg GAE/g sample)	แอนโทไซยานิน (mg /g sample)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg trolox /g sample)	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox /g sample)
อ่างควบคุมอุณหภูมิ	1.20±0.06^{c}	25.48±1.83^{b}	28.20±1.12^{c}	52.48±7.25^{c}	49.04±4.11^{c}
ไมโครเวฟ	1.63±0.04^{b}	27.35±0.31^{b}	35.79±3.38^{b}	77.87±10.38^{b}	73.53±2.14^{b}
ไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร	1.88±0.08^{a}	34.69±1.13^{a}	45.95±3.75^{a}	118.14±7.62^{a}	107.38±2.66^{a}

หมายเหตุ $^{abc...}$ หมายถึง ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงค่าตัวเลขที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ส่วนการสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ใช้สภาวะเดียวกันคือ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร ที่ส่งผลต่อสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำ พบว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เวลาที่ใช้สกัดนาน 4 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ สามารถสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.88 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 34.69 mg GAE/g sample สารแอนโทไซยานิน ทั้งหมด 45.95 mg /g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 118.14 mg trolox/g sample และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 107.38 mg trolox/g sample ได้มากที่สุด จึงทำการศึกษาผลของสภาวะที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษาที่ 1, 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน ต่อสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

4.3 การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าสภาวะและอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร มีแนวโน้มลดลงแบบเอกโพเนนเชียลแสดงว่าจลนศาสตร์การสลายตัวเป็นแบบ First order kinetic สามารถใช้ regression analysis เข้ามาช่วยทำนายค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ตามลำดับ กรณีการคำนวณแบบ first order reaction อัตราการสลายตัว หรือ ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่อุณหภูมิต่างๆในสารสกัดจากกากองุ่นแดงสามารถคำนวณได้จากความชันของกราฟระหว่างล็อกฐานธรรมชาติ (ln) ของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงเทียบกับเวลาที่เก็บรักษาโดยใช้ regression analysis (Sungthongjeen,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2004) ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง ซึ่งคำนวณแบบ First order reaction

4.3.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (ตารางภาคผนวกที่ 1 ช.) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 7 วัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาที่สูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากกว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำ และการศึกษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สารสกัดกากองุ่นแดงมีการเปลี่ยนสีจากแดงอ่อนเป็นสีน้ำตาลอ่อน

2. จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง แสดงดังตารางที่ 4.7 ซึ่งจากการคำนวณพบว่าค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 1.19-6.71, การสกัดด้วยไมโครเวฟค่าอยู่ระหว่าง 1.19-6.88 และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารค่าอยู่ระหว่าง 1.23-3.45 ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ที่อุณภูมิการเก็บรักษา 30 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) มากที่สุดแสดงให้เห็นว่ามีการสลายตัวของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด ส่วนที่อุณภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส การสกัดทั้ง 3วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าวิธีการสกัดและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันจึงมีผลต่อค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า regression coefficient (R^2) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.836-0.976 ของการคำนวณแบบ First order kinetic ดังแสดงในตารางที่ 4.8 นั่นคือ การสลายตัวของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงเป็นแบบ First order kinetic ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่อัตราการสลายตัวของสารขึ้นกับความเข้มข้นของสารหนึ่งองค์ประกอบ และปฏิกิริยาแบบนี้เป็นปฏิกิริยาเคมีที่พบมากที่สุด (Plambeck, 1996)

4.3.2 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่วิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร (ตารางภาคผนวกที่ 2 ช.) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วันปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดด้วยไมโครเวฟมีการลดลงเร็วกว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร คือ 21-30 วัน ตามลำดับ ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาพบว่า อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดได้ดี รองลงมาคือ 4 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจะสอดคลองกับการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงซึ่งจะกล่าวในตอนต่อไป

2. จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง

การศึกษาจลนศาสตร์การสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าสภาวะ และอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดง แสดงดังตารางที่ 4.7 ซึ่งจากการคำนวณพบว่าค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของปริมาณแอนโทไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 1.33-3.44, การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าอยู่ระหว่าง 2.02-3.69 และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารมีค่าอยู่ระหว่าง 1.74-2.79โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) สูงกว่าค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 และ -18 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสกัดทั้ง 3วิธี ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาค่า regression coefficient (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.943-0.860 และมีความสอดคล้องกับจลนศาสตร์การสลายตัวของแอนโทไซยานินในน้ำเบอร์รี่ (Wang and Xu, 2007) และการสลายตัวของแอลฟาแมงโกสตินในสารสกัดจากเปลือกมังคุด (พิลาพา, 2550)

4.3.3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง

1.การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการสลายตัวของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH (ตารางภาคผนวกที่ 3 ช.) คือ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อการสลายตัวของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHเร็วกว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ที่ 4 และ -18 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่จะกล่าวในตอนต่อไป

2. จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดง

การศึกษาจลนศาสตร์ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 3.98-5.78, การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าอยู่ระหว่าง 3.49-9.05 และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารมีค่าอยู่ระหว่าง 3.10-5.11 พบว่าสภาวะ และอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง แสดงดังตารางที่ 4.7 โดยค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นที่อุณภูมิการเก็บรักษา 30 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) มากที่สุดแสดงให้เห็นว่ามีการสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงเร็วที่สุด ส่วนที่อุณภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส การสกัดทั้ง 3วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน และค่า regression coefficient (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.836-0.970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง

1. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษา ส่งผลต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 4 ช.) ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มการสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะแปรผันตามอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยพบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาสูง การสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกจะลดลงอย่างเร็ว การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดด้วยไมโครเวฟ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกจะลดลงภายใน 14 วัน และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารจะลดลงภายใน 21-30 วัน

2. จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง

การศึกษาจลนศาสตร์ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 3.80-5.35, การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าอยู่ระหว่าง 3.21-8.69 และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารมีค่าอยู่ระหว่าง 2.79-4.91 พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง แสดงดังตารางที่ 4.7 โดยค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) ของการสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ที่อุณภูมิการเก็บรักษา 30 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) มากที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีการสลายตัวของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงเร็วที่สุด ส่วนที่อุณภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส การสกัดทั้ง 3วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน และค่า regression coefficient (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.879-0.986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) และ regression coefficient (R^2) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

วิธีการสกัด	อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	สารประกอบฟีนอล k±SD (R^2)	แอนโทไซยานิน k±SD (R^2)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ k±SD (R^2)	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก k±SD (R^2)
สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ	30	$6.71\pm0.70^{a}(0.976)$	$3.44\pm0.17^{ab}(0.903)$	$5.78\pm0.88^{b}(0.896)$	$5.19\pm0.53^{b}(0.920)$
	4	$1.80\pm0.26^{c}(0.923)$	$1.46\pm0.16^{de}(0.890)$	$5.05\pm0.80^{bc}(0.836)$	$5.35\pm0.28^{b}(0.910)$
	-18	$1.19\pm0.09^{d}(0.926)$	$1.33\pm0.20^{e}(0.910)$	$3.98\pm0.75^{cd}(0.930)$	$3.80\pm0.71^{c}(0.906)$
สกัดด้วยไมโครเวฟ	30	$6.88\pm0.25^{a}(0.936)$	$3.69\pm0.32^{a}(0.860)$	$9.05\pm0.82^{a}(0.910)$	$8.69\pm0.29^{a}(0.916)$
	4	$1.75\pm0.05^{c}(0.933)$	$3.15\pm0.36^{b}(0.910)$	$4.94\pm0.41^{bc}(0.943)$	$5.25\pm0.27^{b}(0.879)$
	-18	$1.19\pm0.08^{d}(0.936)$	$2.02\pm0.16^{c}(0.940)$	$3.49\pm0.48^{d}(0.900)$	$3.21\pm0.13^{d}(0.943)$
สกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร	30	$3.45\pm0.29^{b}(0.836)$	$2.79\pm0.15^{b}(0.910)$	$5.03\pm0.13^{bc}(0.920)$	$4.91\pm0.09^{b}(0.940)$
	4	$1.75\pm0.08^{c}(0.846)$	$1.87\pm0.09^{c}(0.910)$	$5.11\pm0.12^{b}(0.956)$	$4.27\pm0.09^{c}(0.976)$
	-18	$1.23\pm0.04^{d}(0.936)$	$1.74\pm0.07^{cd}(0.943)$	$3.10\pm0.12^{d}(0.970)$	$2.79\pm0.04^{d}(0.986)$

หมายเหตุ $^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีการสกัดที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกัน (คอลัมน์) ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (R^2)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำด้วยเครื่องไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร ที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยมีอุปกรณ์เครื่องกวนสารชนิดแท่งแม่เหล็ก โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของสารสกัดจากกากองุ่นแดงคือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากกากองุ่นแดง สรุปได้ดังนี้

1. ผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร โดยชั่งตัวอย่างกากองุ่นแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดด้วยตู้ไมโครเวฟ ที่กำลังไฟ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 1, 2, 3 และ 4 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดคือที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 4 นาที ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.97 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 35.46 mg GAE/g sample ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 51.88 mg /g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 128.29 mg trolox/g sample และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 110.71mg trolox/g sample จึงเลือกสภาวะการสกัดที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เป็นสภาวะคงที่โดยการเปรียบเทียบการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกันซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

2. ผลของการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดกากองุ่นแดงที่แตกต่างกัน คือการสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ใช้สภาวะเดียวกันคือ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร และการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร พบว่าวิธีการที่เหมาะสมต่อการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.88 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 34.69 mg GAE/g sample ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 45.95 mg /g sample ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 118.14 mg trolox/g sample และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 107.38 mg trolox/g sample

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลของการการเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัด และอุณหภูมิการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ สกัดด้วยไมโครเวฟ และสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ 30, 4 และ 18 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษาที่ 1, 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน พบว่าวิธีการสกัด สภาวะ และอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาสูงขึ้น และจากการศึกษาจลนศาสตร์ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) พบว่าวิธีการสกัด และอุณหภูมิการรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดง ที่อุณภูมิการเก็บรักษา 30 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) มากที่สุดแสดงให้เห็นว่ามีการสลายตัวของสารสกัดกากองุ่นแดงเร็วที่สุด ส่วนที่อุณภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส การสกัดทั้ง 3วิธี ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก และค่า regression coefficient (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.836-0.986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จันทร์สม แก้วอุดร. 2546. การทำให้รำข้าวมีความคงตัวด้วยไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์, ภัทรภร ชื่นสดใส, ศิริรัตน์ ใจสมุทร, ธารวิมล วงศ์จิรัง และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์. 2549. การสกัดและคุณสมบัติของ Capsicum Oleoresin จากพริกแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 37 (5) : 337-340

ณัฏฐวี สิทธิไกรพงษ์. 2550. ประสิทธิภาพในการสกัดซาโปนิน จากเจียวกู้หลาน โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ และเทคนิคความดันสูงยิ่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 78 หน้า

ดวงกมล เรือนงาม. 2553. การสกัดสารแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชา วิศวกรรมเคมี. กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 93 หน้า.

ทิพรัตน์ หงภัทรคีรี. 2547. การศึกษาการใช้พืชสมุนไพรและเครื่องเทศเพื่อเสริมกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ไวน์ผลไม้เมืองร้อน. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www2.diw.go.th/sura/การหมักไวน์.doc.

พัชรีย์ พริบดีเวช. 2550. การศึกษาส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. เชียงใหม่ :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรนภัส ลีสุรพงศ์, ถิรวิทย์ วรพงศ์พัฒน์ และกัญญ์กนก แก้วนาเส็ง. 2555. การสกัดเพคตินจากฝักสะตอเปล่าด้วยวิธีไมโครเวฟ. ตรัง :โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://main.helloproject.in.th/project/abstract/M5.pdf.

พิลาพา ยืนนาน. ความคงตัวของแอลฟาแมงโกสตินในสารสกัดจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 หน้า.

ธีระพงษ์ ขันทเจริญ. ปริมาณสารฟีนอลิคและสารเรสเวอราทรอลในเปลือกและเมล็ดองุ่น 4 พันธุ์. 2555. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.สาขา เทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรโลยี.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 340 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาริษา ทองสุข, ศิริพร เพชรมูล, สุวิมล ประสม, วีรยุทธ บุญไทย และ ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. 2551. กรรมวิธีการสกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อประโยชน์เชิงพานิชย์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. ปีที่39 (3) : 571-577, กันยายน – ธันวาคม.

ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. 2547. การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. มปป. การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร. เอกสารประกอบกาสอน, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16 หน้า.

รัตนา อินทราปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 215 หน้า.

วันเชิง สิทธิกิจโยธิน และ ดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข. 2554. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ปีที่16 (1) : 47-55.

วราภรณ์ มงคลสัมฤทธิ์. 2553. การเสริมคุณค่าเกลือทะเลด้วยสารสกัดจากกากองุ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และ พัชรี บุญศิริ. 2542. โปรออกซิแดนท์ อีกโฉมหน้าของ แอนติออกซิแดนท์. วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่53 (3) :196-198, พฤษภาคม-มิถุนายน.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2543. การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 173 – 195.

สริตา สังข์ทอง, ปัญญวัฒณ์ ปีนตาทอง และ ภาณุพงษ์ ใจวุฒิ. 2556. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเมล็ดหมาก (*Areca catechu L.*) ด้วยวิธีการสกัดของแข็งด้วยของเหลวโดยไมโครเวฟ.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2) : 195-202

สรณะ สมโน. มปป. การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยคลื่นไมโครเวฟ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.stri.cmu.ac.th/DB_Article/articledetail.php?id=13

สุรศักดิ์ เหมวิมล. 2547. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นยอโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abdel-Hameed, E.S. 2009. Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian Ficus species leaf samples. Food Chemistry, 114(4): 1271–1277.

Abu-Samra, A., Morris, J.S. and Koirtyohann, S.R. 1975. Wet ashing of some biological samples in a microwave oven. J.Analytical Chemistry, 47: 1475.

Alonso, A. M., Guillén, D. A., Barroso, C. G., Puertas, B., and García, A. 2002. Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. J.Agricultural and Food Chemistry. 50: 5832-5836.

AOAC. 1990. Ojicial Methods of Analysis, ed. K. Helrich. Assoc. of Analytical Chem., Washington, DC.

Benzie, Iris F.F. and Strain, J.J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. Analytical Biochemistry. 239(1): 6-70.

Buffler, C.R. 1993. Microwave cooking and processing : Engineering Fundamental for the Food Scientist. Van Nostrand Reinheld, New York.

Cabrita, L., Foaaen, T. and Anddersen, O. M. 2000. Color and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. Food Chemistry, London. 8(1):101-107.

Chen, L.J. and Hrazdina, G. 1981. Stuctural aspecta of anthocyanin-flawonoid complex formation and its role in plant colour. Phytochemistry. 20: 297-297.

Crozier, R.H., Agapow, P-M. and Dunnett, L.J. 2006. Conceptual issues in phylogeny and conservation : a reply to Faith and Baker. Evol. Bioinf. Online 2: 197-199.

Cunha, I. B. S., Sawaya, A. C. H. F., Caetano, F. M., Shimizu, M. T., Marcucci, M. C., Drezza, F. T., Povia, G. S. and Carvalho, P. O. 2004. Factors that influence the yield and composition of Brazilian propolis extracts. J. Braz Chem Soc. 15: 964-970.

Fellow, P. J. 2000. Dielectric. ohmic and infrared heating. Food Processing Technology : Principles and Practice. 2nd ed. P.J.Fellows (ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 365 – 384.

Fishman, M.L., Chau H.K., Hoagland, P.D. and Hotchkiss, A. T. 2006. Microwave-assisted extraction of lime pectin. J.Food Hydrocolloids. 20 : 1170–1177.

Frankel E.N. and Meyer A.S. 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. J. SCI. FOOD AGRIC. 80: 1925-1941.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

González-Paramás, A. M., Esteban-Ruano, S., Santos-Buelga, C., Pacual-Teresa, S., and Rivas-Gonzalo, J. C. 2004. Flavanol content and antioxidant activity in winery byproducts. J. Agricultural and Food Chemistry. 52 : 234-238.

Homa, B., Farzin, Z. A., Amir F. and Mahdy M. 2011. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. J. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 50 : 1237–1243.

Hongyan, L.,Zeyuan, D., Tao W., Ronghua L., Steven L. and Rong T. 2012. Microwave-assisted extraction of phenolics with maximal antioxidant activities in tomatoes. J. Food Chemistry. 130 : 928–936.

Katalinic, V., Smole Mozina, S., Skroza, D., Generalic, I., Abramovic, H., Milos, M., Ljubenkev, I., Piskemik, S., Terinc, I., Pezo, P. and Boban, M. 2010. Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 Vits vinifera grown in Dalmatia (Croatia). Food Chemistry. 119: 715-723.

Kelly, P., Punchard, N. A. and Neville P. 1996. Free Radicals A Practical Approach. J.Free Radicals. 336 pp.

Krishnaswamy, K., Orsat, V., Gariépy, Y. and Thangavel, K. 2013. Optimization of Microwave Assisted Extraction of Phenolic Antioxidants from Grape Seeds (*Vitis vinifera*). J. Food and Bioprocess Technology. (6): 441-455.

Lazze MC, Savio M, Pizzala R, Cazzalini O, Perucca P, Scovassi AI, Stivala LA and Bianchi L. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. J.Carcinogenesis. 25: 1427–1433.

Liazida, A., Guerrero, R.F., Cantos, E., Palmaa, M. and Barrosoa C.G. 2011. Microwave assisted extraction of anthocyanins from grape skins. J.Food Chemistry. 124: 1238–1243.

Luengthanaphol, S., Mongkholkhajornsilp, D., Douglas,S., Douglas, P.L., Pengsopa, L., and Pongamphai, S., 2004. Extraction of antioxidants from sweet Thai tamarind seed coat–preliminary experiments. J. Food Engineering. 63: 247–252.

Makato, S., Hiroshi H., Toshiaki A., Shiehiro K and Nobuyuki Y. 1998. Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins. J. Agriculture and Food Chemistry. 46: 1460-1464.

Mazza, G and Miniati, E. 1993. Grapes in Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca

Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H. and Matoba, T. 2004. Effect of thermal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. J. Food Science, 69(1) : FCT7-FCT10

Nuno R., Silvia L., Damia B. and Arminda A. 2009. Microwave-assistedextraction and ultrasonic extraction to determine polycyclic aromatic hydrocarbons in needles and bark of *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus pinea* L. by **GC–MS**. J.Talanta. 77 : 1120–1128

Owen R., Giacosa A., Hull W., Haubnwe R., Spiegelhalder B. and Bartsch H. 2000. The antioxidant / anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. Eur- J. Cancer. 36: 1235-47.

Pinelo, M., Fabbro, P.D., Marzocco, L., Nunez, M.J. and Vicoli, M.C. 2005. Optimization of continuous phenol extraction from Vitis vinifara by products. J.Food Chemistry. 92: 109-117.

Plambeck, J.A., 1996. First-Order Rate Laws. 1996. Manchester University.

Poudel, P.R., Tamura, H., Kataoka, I. and Mochioka, R. 2008. Phenolic compounds and antioxidant activities of skins and seeds of five wild grapes and two hybrids native to Japan. J.Food Composition and Analysis. 21: 622-625.

Ramchandani, A. G., Chettiyar, R. S., and Pakhale, S. S. 2010. Evaluation of antioxidant and ant initiating activities of crude polyphenolic extracts from seedless and seeded Indian grapes. J.Food Chemistry. 119(1): 298–305

Raton : CRC press.Murakami, M., Yaruguchi, T., Takarura, H. and Matoba, T. 2004. Effects of thermal treatment on radical-scavenging activity of single and mixed polyphenolic compound. J. Food Sci. 69(1) : FCT7-FCT10.

Rohit, U., Ramalakshmi, K. and Jagan Mohan Rao, L. 2012. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans. J. Food Chemistry 130 : 184–188.

Saint-Cricq de Gaulejac, N. Glories, Y. and Vivas, N. 1999. Free radical scavenging effect of anthocyanins in red wines. J.Food Research Internatinal. 32: 327-333.

Saito, M., Hosoyama, H., Ariga, T., Kataoka, S., and Yamaji, N. 1998. Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins. J.Agricultural and Food Chemistry. 46: 1460-1464.

Santos-Buelga, C. and Scalbert, A. 2000. Proanthocyanidins and tannin-like compounds: nature, occurrence. dietary intake and effects on nutrition and health. J. Food Sci. Agric.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shafiee, M., Carbonneau M.A., Urban N., Descomps B. and Leger C. L. 2003. Grape and grape seed extract capacities at protecting LDL against oxidation generated by Cu^{2+}, AAPH or SIN^{-1} and at decreasing superoxide THP^{-1} cell production. A comparison to other extracts or compounds. J.Free Radical Research. 37: 573-584.

Shrikhande, A. J. 2000. Wine by-products with health benefits. J.Food Research International. 33: 469-474.

Singh, R.P. and Heldman, D.R. 2001. Microwave Heating. introduction to food Engineering. 3rd ed. Academic Press, London. 306 – 311.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagents. American J. Enology and Viticulture. 16 : 144-158.

Spranger, I., Sun, B.M., Ana, M., Freitas, V.D., Ricardo, D.S. and Jorge, M. 2008. Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. J.Food Chemistry. 108(2): 519–532.

Sudjaroen,Y., Haubner, R.,Wurtele, G., Hull,W.E., Erben,G., Spiegelhalder, B., Changbumrung, S., Bartsch, H., and Owen, R.W. 2005. Isolation and structure elucidation of phenolic antioxidants from Tamarind (Tamarindus indica L.) seeds and pericarp. Food and Chemical Toxicology. 43: 1673-1682.

Sungthongjeen, S. 2004. Application of Arrhenius Equation and Plackett-Burman Design to Ascorbic Acid Syrub Development. Naresuan University Journal. 12: 1-12

Trusheva, B., Trunkov, D. and Bankova, V. 2007. Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. J. Chemistry Central. 1 : 13.

Tsuyoshi, I., Shuntaro, T., Kazunori, O., Kiyotaka, O. and Jun-ichi A. 2010. Isolation of hesperidin from peels of thinned Citrus unshiu fruits by microwave-assisted extraction. J. Food Chemistry. 123 : 542–547

Varzakas T. H. 2008. 9 - Fruit/Fruit Juice Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste. Waste Management for the Food Industries. 569-628

Wang, L. J., and Weller, C. L. 2006. Recent advances in extraction of natural products from plants. Trends Food Sci. Technol. 17: 300-312.

Wang, W.D. and Xu, S.Y. 2007. action kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. Journal of Food Engineering. 82: 271-275.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xiao, S., Jin, H., Korn, T., Liu, S.M., Oukka, M., Lim, B., and Kuchroo, V.K. 2008. Retinoic acid increases Foxp^{3+} regulatory T cells and inhibits development of Th17 cells by enhancing TGF-beta-driven Smad3 signaling and inhibiting IL-6 and IL-23 receptor expression. J. Immunol. 181:2277–2284

Xu, C., Yali, Lei, C. and Jiang, L. 2010. Phenolic compounds and antioxidant properties of different grape cultivars grown in China. J.Food Chemistry. 119: 1557-1566.

Yusuf, Y. and Romeo, T.T. 2006. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of sovent type on extraction of grape seed polyphenols. J. Food Composition and analysis. 19: 41-48.

Zhendong, Y. and Weiwei, Z., 2010. Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple corn (Zea mays L.) cob and identification with HPLC–MS. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11 : 470–476.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของกากองุ่นแดง (Moisture content) (AOAC. 1995)

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างสารสกัดจากกากองุ่นแดง

อุปกรณ์

1. ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)
2. โถดูดความชื้น (Disiccator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. Tong
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. ช้อนตักสาร

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids) ทำได้โดยวิธี Gravimetric (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)
2. โถดูดความชื้น (Disiccator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. Tong
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. ปิดฝาแคน นำใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา
4. ชั่งตัวอย่างสารสกัดองุ่น ตัวอย่างละ 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถ้วยอลูมิเนียม
5. นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที
6. นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
7. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) = $100 - \frac{(\text{น้ำหนักที่ชั่งหลังอบ} - \text{น้ำหนักที่ชั่งก่อนอบ})}{\text{น้ำหนักที่ชั่งก่อนอบ}} \times 100$

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ได้เท่ากับ

$$100 - \frac{(3.0151-(16.6180-16.5761))}{3.0151} \times 100 = 1.3896$$

ดังนั้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 1.3896 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

(Total polyphenol contents)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol contents)

การตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi., 1965) มีหลักการ คือ วัดปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบทั้งหมดที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุล และไม่คำนึงถึงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบโพลีฟีนอลนั้น ๆ ดังนั้นการวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ จึงไม่มีการระบุชนิดของสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน (reduction-oxidation) โดยที่สารประกอบโพลีฟีนอลถูกออกซิไดซ์ในสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนทังสติก-ฟอสโฟโมลิบดิก (Phosphotungstic-phosphomolybdic complex) ได้ผลิตภัณฑ์เชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินและสามารถวัดค่าดูดกลืนแสงที่ได้ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

1.สารเคมี

1.1 Folin-Ciocalteu

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

1.3 สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2.การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างสารสกัด

2.1 ปีเปตตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

2.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที

2.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้ เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที

2.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

2.5 สำหรับ blank ให้ใช้เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์แทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 2.1

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างเกลือเสริมสารสกัดองุ่น

3.1 ปีเปตตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที

3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที

3.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

3.5 สำหรับ blank ให้ใช้เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์แทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 3.1

4. การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

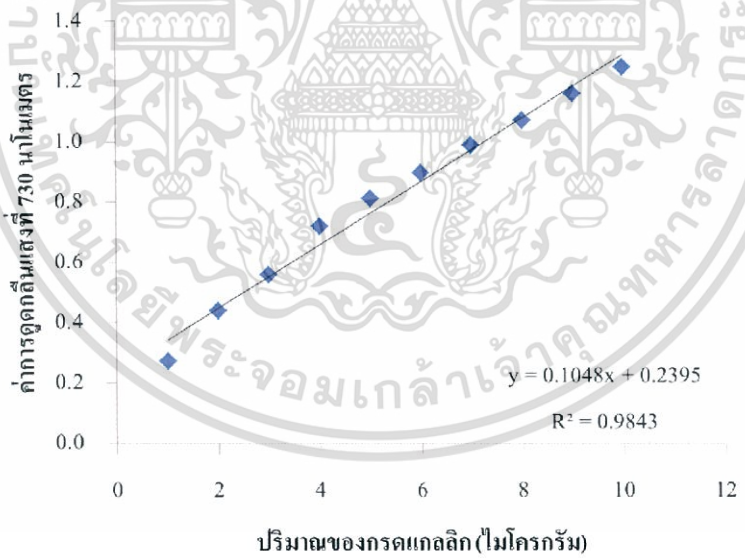
4.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

4.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร4.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที

4.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที

4.5 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

4.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม



ภาพที่ 1 ข. กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ความเข้มข้นของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ 0.025 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมจากตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9.75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำตัวอย่างปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร นำค่าที่ได้แทนในสมการ y = 0.1048x + 0.2395 เพื่อหาค่า x (ค่าปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่าง) เช่น สารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้ จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เมื่อวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.786 นำค่าที่ได้แทน y ในสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

$$y = 0.1048x + 0.2395$$

$$0.786 = 0.1048x + 0.2395$$

$$x = 5.22 \text{ ไมโครกรัม}$$

แสดงว่า ตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ในสารละลายตัวอย่าง 1.5 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ 5.22ไมโครกรัม เพราะฉะนั้น สารสัดตัวอย่าง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ (10×5.22)/1.5 เท่ากับ 34.76ไมโครกรัม หรือ 0.0348มิลลิกรัม เนื่องจาก สารสกัดตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 0.0348 มิลลิกรัม ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 0.0348 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ (10×0.0348)/0.25 เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม

เนื่องจาก ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากสารสกัดกากองุ่น เข้มข้น 1 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดง เข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม เช่นเดียวกัน สารสกัดกากองุ่นแดง เข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดได้ 770 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ (770×1.39)/1 เท่ากับ 1070.75 มิลลิกรัม

เนื่องจาก ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากกากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1070.75 มิลลิกรัม เช่นเดียวกัน กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1070.75 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ (1×1070.75)/30.0041 เท่ากับ 35.69 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differentiate method โดยเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารแอนโทไซยานิน เมื่อแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนฟอร์มของโครงสร้างมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถวัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ maximum wavelength ของสารแอนโทไซยานินที่ต้องการวิเคราะห์ โดยวัดค่าความเปลี่ยนแปลงในการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของสารแอนโทไซยานินที่เปลี่ยนโครงสร้างจาก flavylium cation ที่ pH1 ซึ่งเป็นสีแดงไป เป็นโครงสร้าง carbinol pseudobase ซึ่งไม่มีสีที่ pH 4.5

1.สารเคมี

1.1 โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (KCl buffer) ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ pH 1.0 เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.86 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 980 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ จนอ่านค่า pH ได้ 1.0 ปรับปริมาตรของสารละลายให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.2 โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ($CH_3CO_2Na.3H_2O$) ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ pH 4.5 เตรียมโดยชั่งโซเดียมอะซิเตต 54.43 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 960 มิลลิลิตรปรับค่า pH ของสารละลาย ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ จนอ่านค่า pH ได้ 4.5 ปรับปริมาตรของสารละลายให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2.การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

2.1 สแกนหาความยาวคลื่นสูงสุดของตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดง โดยการเจือจางสารสกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1.0 ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยระดับปริมาณของสารสกัดไม่ควรเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรรวมของสารละลายเจือจาง เพื่อรักษาสภาวะของ buffer capacity

2.2 เตรียมสารละลาย 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เจือจางสารสกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (KCl buffer) pH 1.0

ชุดที่ 2 เจือจางด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ($CH_3CO_2Na.3H_2O$ buffer) pH 4.5

2.3 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 15 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละชุดตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่นสูงสุดและที่ 700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาโนเมตร เปรียบเทียบ blank ซึ่งใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

ปิเปตสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ดูดสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มา 0.8 มิลลิลิตร เจือจางให้ได้ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

คำนวณค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกากองุ่นแดง (absorbance, A) ตามสมการดังนี้

$A = (A_{\text{ความยาวคลื่นสูงสุด}} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{\text{ความยาวคลื่นสูงสุด}} - A_{700})_{pH\ 4.5}$ = (0.976-0.340)-(0.117-0.058)

= 0.577

นำค่าการดูดกลืนแสงที่คำนวณได้ไปคำนวณความเข้มข้นของแอนโทไซยานินในสารสกัดกากองุ่นแดงโดยคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = (A \times MW \times DF \times 100)/(\epsilon \times l)$$

โดยที่ MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กูลโคไซด์

DF คือ Dilution factor

ϵ คือ Molar absorptivity ของไซยานิดิน-3-กูลโคไซด์

l คือ ความกว้างของคิวเวต เท่ากับ 1 เซนติเมตร

ปริมาณแอนโทไซยานิน = (0.577 × 449.2 × 5 × 100)/(26,900 × l)

= 4.82 มิลลิกรัม

จากนั้นคำนวณย้อนกลับหาปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้ต่อ1 มิลลิลิตร = (B×A)/D

โดยที่ A = ปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้จากสารเจือจาง

B = ปริมาณสารตัวอย่างเจือจาง 10 เปอร์เซ็นต์

D = ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่ดูดมาเจือจาง

ปริมาณสารแอนโทไซยานินต่อปริมาตร 1 มิลลิลิตร = (7×4.82)/0.8

= 42.1750 มิลลิกรัม

ถ้าปริมาตรสารสกัดที่ได้เท่ากับ 770 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ

(770×42.1750)/0.8 = 40,593.4375 มิลลิกรัม

หากใช้ปริมาณกากองุ่นแดงในการสกัด 30.0041 กรัมในการสกัดจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเท่ากับ

(40,593.4375×30)/770 = 1,581.5625 มิลลิกรัม

ดังนั้นกากองุ่นแดง 1 กรัมจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ

(1×1,581.5625)/30.0041 = 52.7115 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) โดยมีหลักการคือ เมื่ออนุมูลอิสระสังเคราะห์ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซเดชันจะมีผลทำให้อนุมูลอิสระ DPPH เปลี่ยนเป็นโมเลกุล DPPH เนื่องจากได้รับไฮโดรเจนอะตอมจากสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งตรวจวัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

1. สารเคมี

1.1 สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ เตรียมโดยชั่ง DPPH 0.039 กรัมละลายในเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

1.2 เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานของ DPPH

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มิลลิโมลาร์

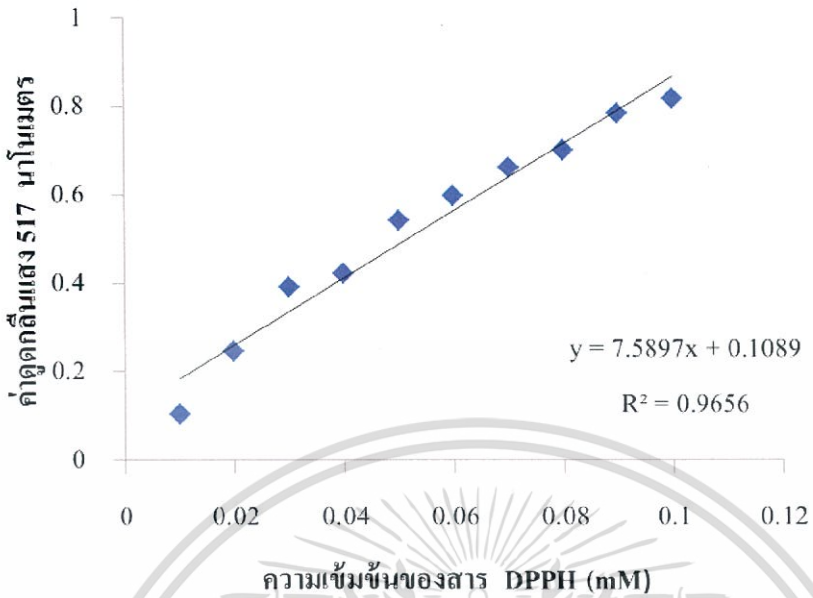
2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน DPPH ในข้อ 2.1 ใส่ในหลอดทดลอง ปริมาตร 0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4, 3, 3.6, 4.2, 4.8, 5.4 และ 6 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 6 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (จะได้สารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้น 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 และ 0.1 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ)

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที

2.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอล 95เปอร์เซ็นต์เป็น blank

2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานDPPH (มิลลิโมลาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ง. กราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลาย DPPH โดยให้ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลายโทรลอกซ์โดยให้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความ เข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรโดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับ ปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.2 มิลลิลิตร

2.3 ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

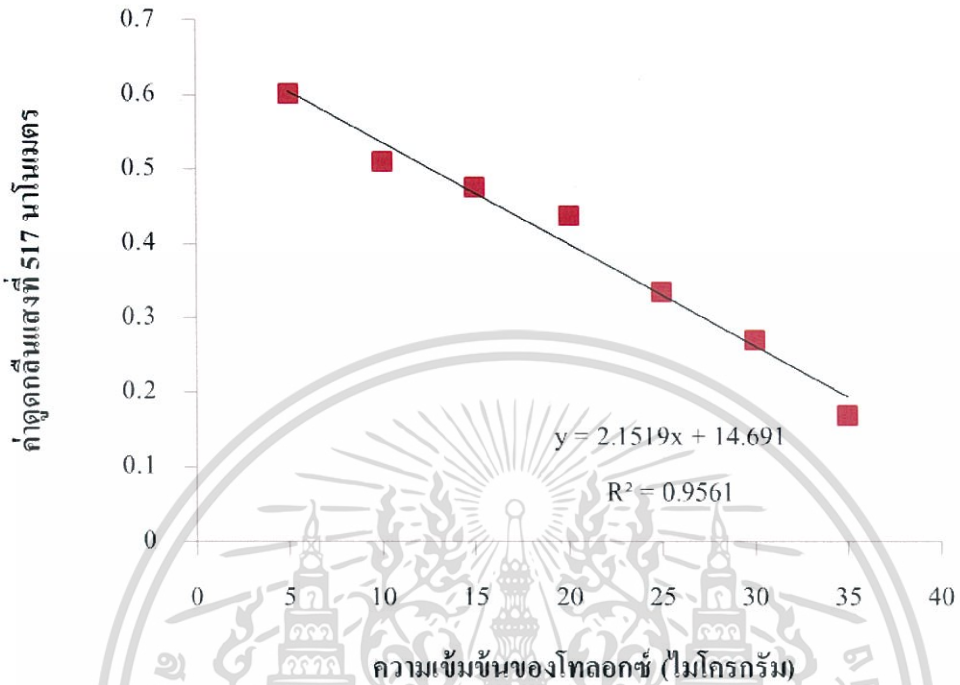
2.4 เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

2.5 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่มืด

2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยไมโครกรัม



ภาพที่ 2 ง. กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4. การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

4.1 ความเข้มข้นของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ (เตรียมจากตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยปิเปต สารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์ มา 0.06 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ครบ 1.2 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากันในหลอดทดลอง

4.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4.8 มิลลิลิตร

4.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที

4.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

4.5 คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

สารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.447 นำค่าที่ได้ แทนในสมการ $y = 7.5897x + 0.1089$ เพื่อหาค่า x (ค่าความเข้มข้นของ DPPH) เช่น

จากสมการ

$$y = 7.5897x + 0.1089$$

$$0.447 = 7.5897x + 0.1089$$

$$x = 0.0447$$

หลังจากได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างจากสมการดังกล่าวแล้ว นำค่า x ที่ได้แทนลงในสมการ

(1-(ค่าความเข้มข้นของ DPPHของตัวอย่าง/ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของหลอดควบคุม)) x 100

เพื่อคำนวณหาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด เช่น ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของตัวอย่างสารสกัด เท่ากับ 0.0447 และค่าความเข้มข้นของ DPPH ของหลอดควบคุม เท่ากับ 0.0704 จากสมการ

(1-(ค่าความเข้มข้นของ DPPHของตัวอย่าง/ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของหลอดควบคุม)) × 100

แทนค่าในสมการ (1-(0.0447/0.0704)) x 100 มีค่าเท่ากับ 36.5168

แสดงว่า ตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)แบบมีอุปกรณ์กวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 36.5168 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain 1999 มีหลักการคือ ดูความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

1. สารเคมี

1.1 อะซิเตตบัฟเฟอร์ (acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ชั่งโซเดียมอะซิเตทไตเดรต 3.1 กรัม ผสมกับ กรดแกลเชียลอะซิติก 16 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

1.2 สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ชั่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HClความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับ ปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.3 สารละลาย $FeCl_3 . 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ชั่ง $FeCl_3 . 6H_2O$ 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.4 FRAP reagent ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ :สารละลาย $FeCl_3 . 6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ซึ่งจะต้อง เตรียมใหม่ทุกวัน

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

2.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความ เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

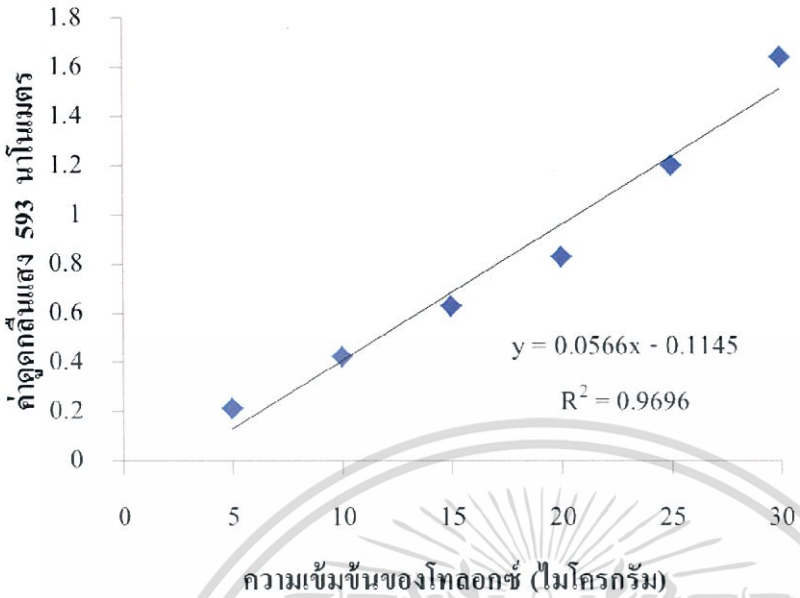
2.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ฉ. กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์.

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของตัวอย่างสารสกัด

3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตรประมาณ 0.1 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

3.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

4. ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

สารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) แบบมีอุปกรณ์ควบแน่น ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.347 นำค่าที่ได้ แทนในสมการ $y = 0.0566x - 0.1145$ เพื่อหาค่า x

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

x= ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (ไมโครกรัม/ 0.1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c= จุดตัดแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ หลังจากได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างจากสมการดังกล่าวแล้ว นำค่า x ที่ได้แทนลงในสมการ

0.347= 0.0566x - 0.1145

x = 4.1078 ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์/0.1 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

แสดงว่า ตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4.1078 ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (10×4.1078)/0.1 เท่ากับ 4107.7738ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เนื่องจากตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากสารสกัดกากองุ่นแดง เข้มข้น 1 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดง เข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4107.7738ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เช่นเดียวกัน

สารสกัดกากองุ่นแดง เข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4107.7738ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดได้ 770 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก อยู่ (770×4107.7738)/1 เท่ากับ 3162985.87 ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์

เนื่องจาก ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากกากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 3162985.87ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เช่นเดียวกัน

กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 3162985.87ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 1 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก อยู่ (1×3162985.87)/ 30.0041 เท่ากับ 105418.5 ไมโครกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์

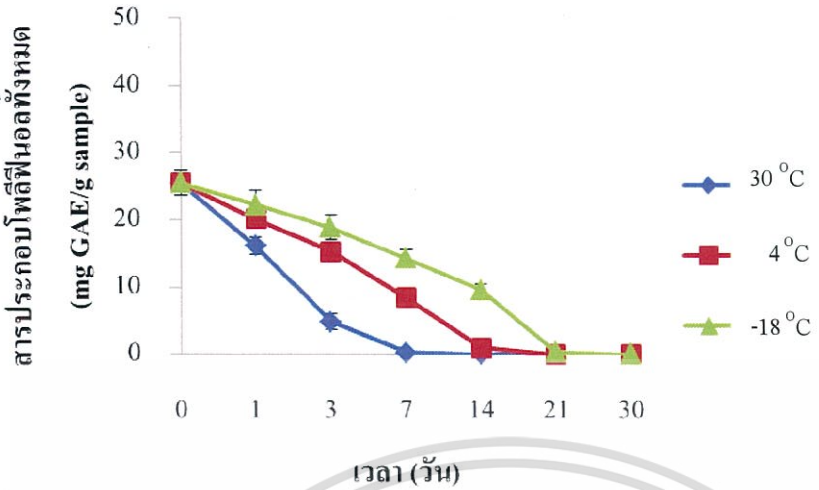
ดังนั้นกากองุ่นแดงอบแห้ง 1 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกทั้งหมด 105.4184มิลลิกรัมสมบูรณ์ของโทรลอกซ์/1กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

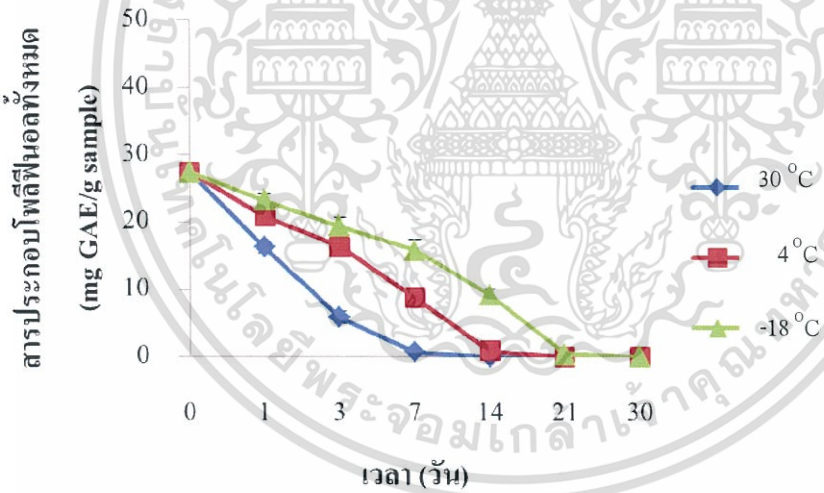
ภาคผนวก ช.

ตารางการเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

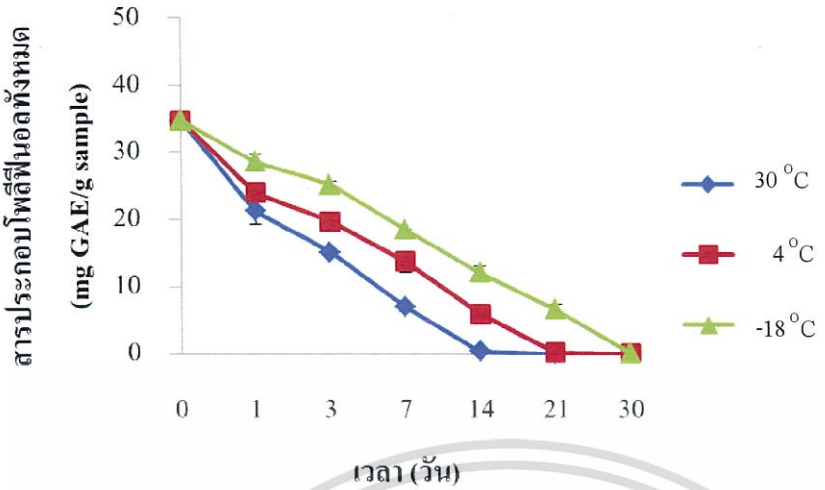


ภาพที่ 1 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

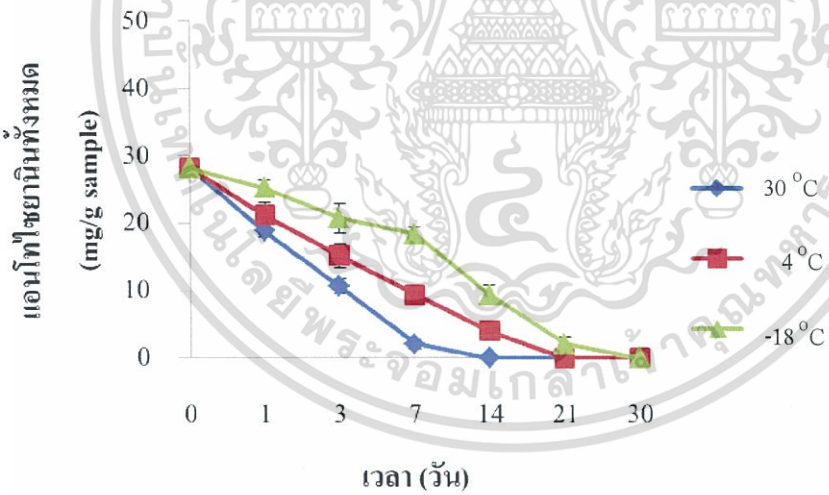


ภาพที่ 2 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

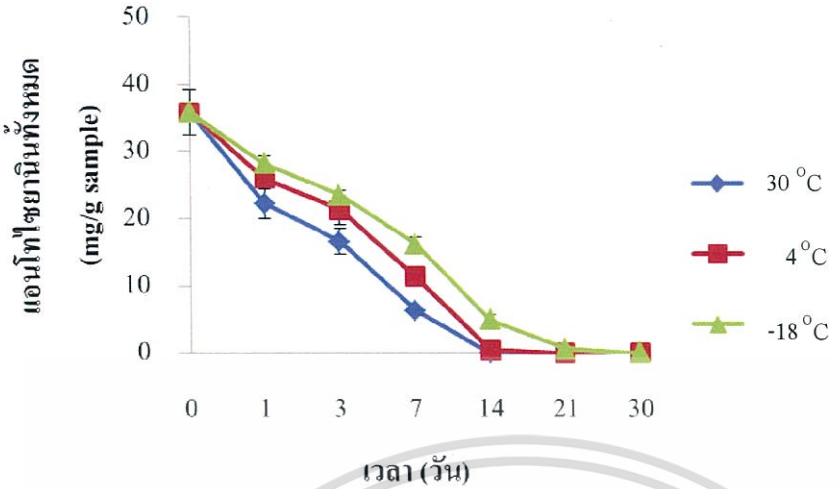


ภาพที่ 3 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

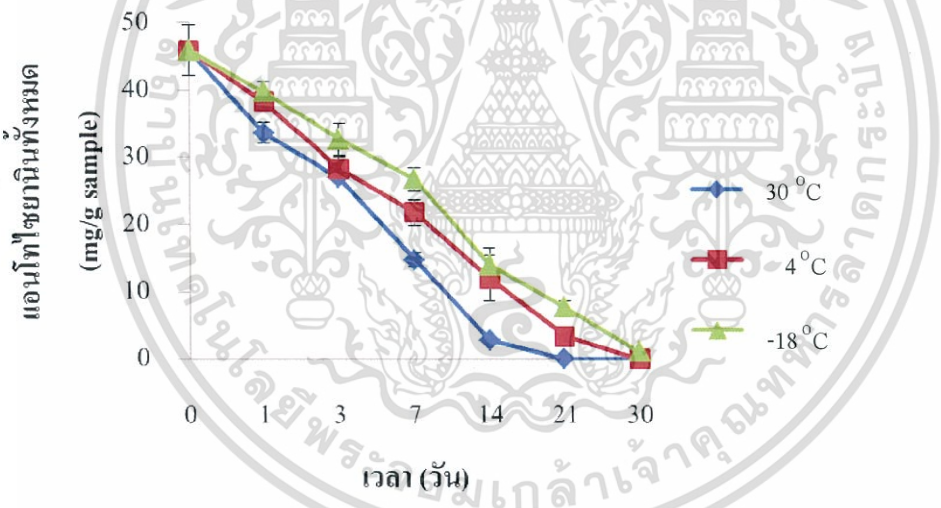


ภาพที่ 4 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

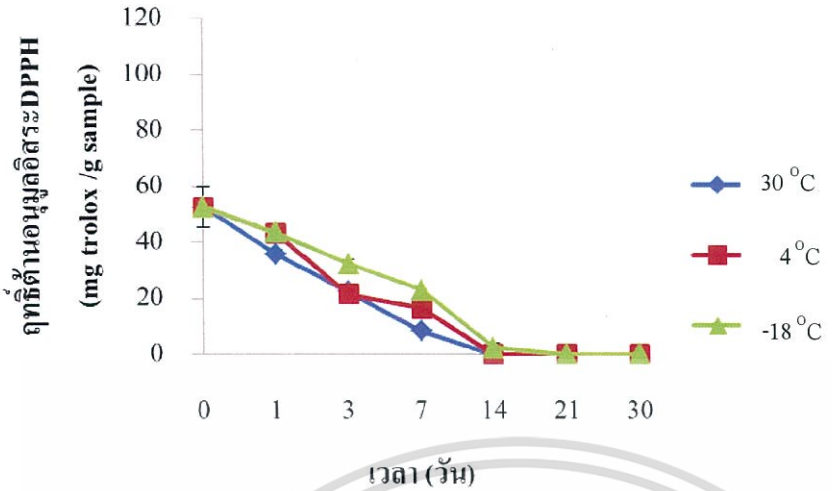


ภาพที่ 5 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

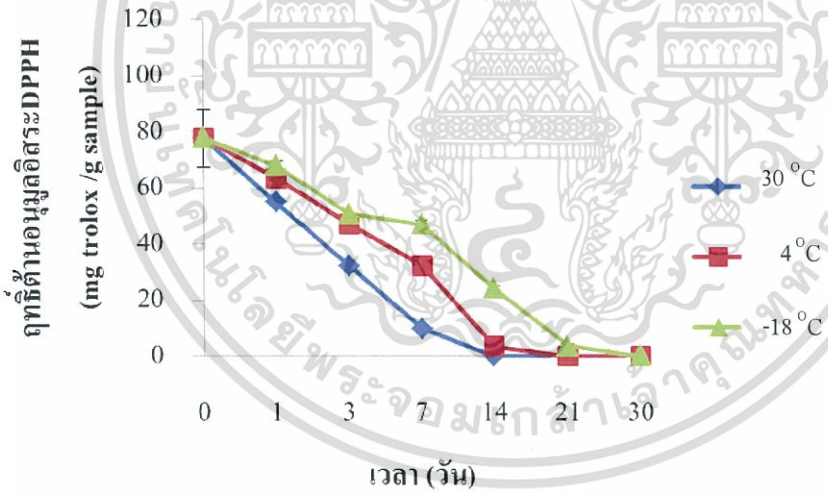


ภาพที่ 6 ช. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

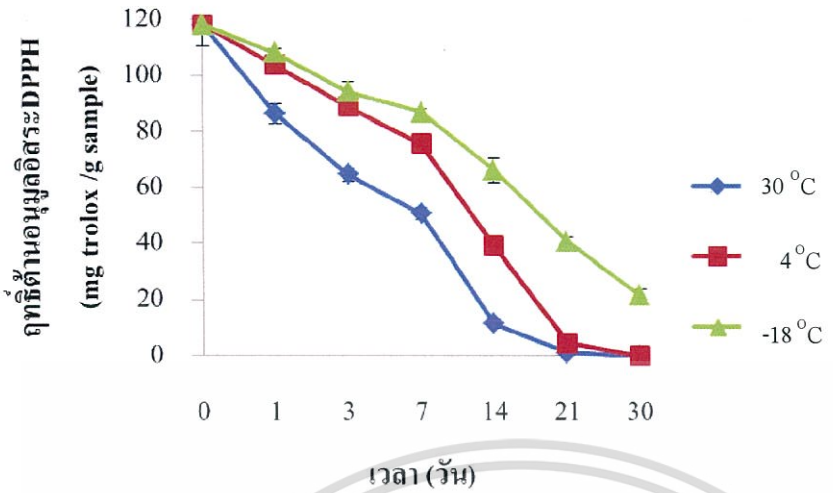


ภาพที่ 7 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

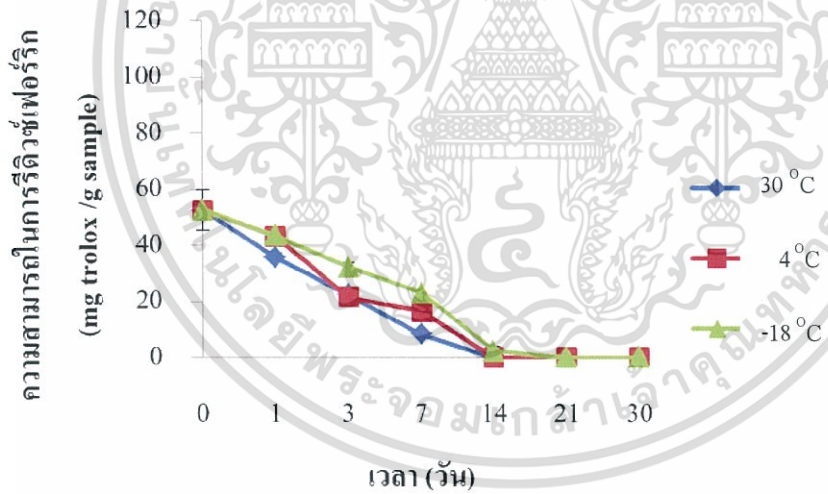


ภาพที่ 8 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

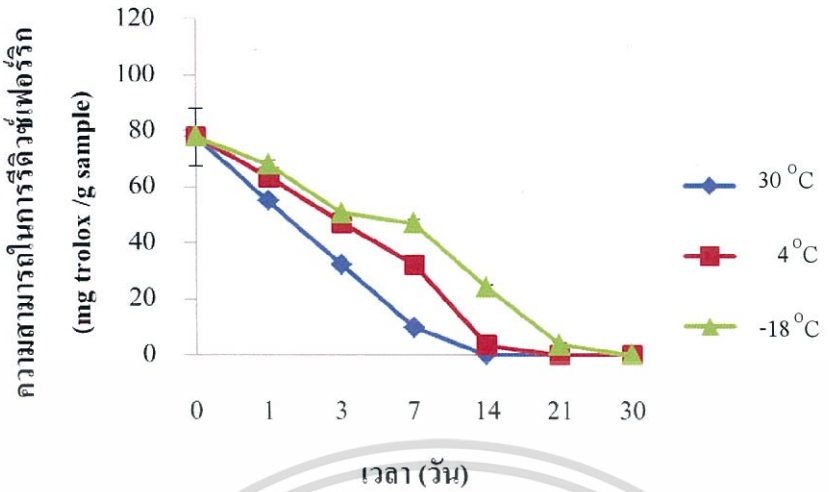


ภาพที่ 9 ช. การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPHของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์ควนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

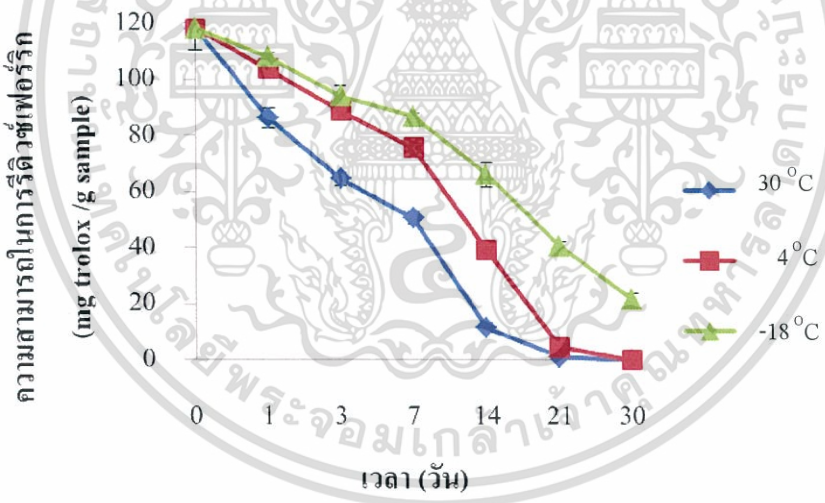


ภาพที่ 10 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 12 ช. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30, 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

วิธีการสกัด	อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
		1	3	7	14	21	30
ไมโครเวฟ	30	$^{B}16.31\pm0.85^{c}_{A}$	$^{B}5.88\pm0.98^{c}_{B}$	$^{B}0.69\pm0.07^{c}_{C}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{D}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{B}20.85\pm0.61^{b}_{A}$	$^{B}16.40\pm0.48^{b}_{B}$	$^{B}8.79\pm0.73^{b}_{C}$	$^{B}0.90\pm0.99^{b}_{D}$	$^{B}0.00\pm0.00^{b}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{B}23.22\pm1.02^{a}_{A}$	$^{B}19.40\pm1.34^{a}_{B}$	$^{B}15.87\pm1.53^{a}_{C}$	$^{B}9.20\pm0.84^{a}_{D}$	$^{B}0.40\pm0.21^{a}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{a}_{F}$
ไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร	30	$^{A}21.20\pm1.91^{c}_{A}$	$^{A}15.11\pm0.55^{c}_{B}$	$^{B}6.92\pm0.65^{c}_{C}$	$^{B}0.36\pm0.55^{c}_{D}$	$^{A}0.00\pm0.00^{c}_{E}$	$^{A}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{A}23.97\pm0.99^{b}_{A}$	$^{A}19.73\pm0.25^{b}_{B}$	$^{A}13.73\pm1.55^{b}_{C}$	$^{A}5.97\pm0.58^{b}_{D}$	$^{A}0.18\pm0.11^{b}_{E}$	$^{A}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{A}28.62\pm1.12^{a}_{A}$	$^{A}25.21\pm0.50^{a}_{B}$	$^{A}18.46\pm0.06^{a}_{C}$	$^{A}12.04\pm1.02^{a}_{D}$	$^{A}6.53\pm0.80^{a}_{E}$	$^{A}0.11\pm0.01^{a}_{F}$
อ่างควบคุมอุณหภูมิ	30	$^{C}16.10\pm1.29^{c}_{A}$	$^{C}4.82\pm1.21^{c}_{B}$	$^{C}0.26\pm0.13^{c}_{C}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{D}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{C}20.15\pm0.57^{b}_{A}$	$^{C}15.32\pm1.08^{b}_{B}$	$^{C}8.39\pm1.33^{b}_{C}$	$^{C}1.02\pm0.23^{b}_{D}$	$^{C}0.00\pm0.00^{b}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{C}22.25\pm2.10^{a}_{A}$	$^{C}18.85\pm1.82^{a}_{B}$	$^{C}14.24\pm1.29^{a}_{C}$	$^{C}9.58\pm0.91^{a}_{D}$	$^{C}0.33\pm0.19^{a}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{a}_{F}$

หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$_{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษากับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ใช้วิธีสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษากับวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อแอนโทไซยานินทั้งหมด

วิธีการสกัด	อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
		1	3	7	14	21	30
ไมโครเวฟ	30	$^{B}22.21 \pm 2.20^{c}_{A}$	$^{B}16.61 \pm 1.87^{c}_{B}$	$^{B}6.33 \pm 0.27^{c}_{C}$	$^{B}18.36 \pm 1.10^{c}_{D}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{c}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{B}25.98 \pm 1.44^{b}_{A}$	$^{B}21.3 \pm 2.15^{b}_{B}$	$^{B}11.31 \pm 1.22^{b}_{C}$	$^{B}0.46 \pm 0.55^{b}_{D}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{b}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{B}28.25 \pm 1.11^{a}_{A}$	$^{B}23.5 \pm 0.78^{a}_{B}$	$^{B}16.21 \pm 1.14^{a}_{C}$	$^{B}4.95 \pm 0.77^{a}_{D}$	$^{B}0.57 \pm 0.189^{a}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{a}_{F}$
ไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร	30	$^{A}33.63 \pm 1.60^{c}_{A}$	$^{A}26.96 \pm 0.67^{c}_{B}$	$^{B}14.77 \pm 0.98^{c}_{C}$	$^{B}2.86 \pm 0.47^{c}_{D}$	$^{A}0.00 \pm 0.00^{c}_{E}$	$^{A}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{A}38.26 \pm 1.25^{b}_{A}$	$^{A}28.32 \pm 1.80^{b}_{B}$	$^{A}21.8 \pm 1.88^{b}_{C}$	$^{A}12.02 \pm 3.34^{b}_{D}$	$^{A}3.36 \pm 0.82^{b}_{E}$	$^{A}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{A}39.72 \pm 1.60^{a}_{A}$	$^{A}32.68 \pm 2.34^{a}_{B}$	$^{A}26.70 \pm 1.70^{a}_{C}$	$^{A}14.00 \pm 2.50^{a}_{D}$	$^{A}7.63 \pm 1.12^{a}_{E}$	$^{A}1.05 \pm 0.54^{a}_{F}$
อ่างควบคุมอุณหภูมิ	30	$^{C}18.84 \pm 0.814^{c}_{A}$	$^{C}10.64 \pm 1.15^{c}_{B}$	$^{C}2.08 \pm 0.70^{c}_{C}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{D}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{C}21.24 \pm 1.83^{b}_{A}$	$^{C}15.18 \pm 174^{b}_{B}$	$^{C}9.41 \pm 0.93^{b}_{C}$	$^{C}4.00 \pm 3.98^{b}_{D}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{b}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{C}25.25 \pm 1.15^{a}_{A}$	$^{C}20.8 \pm 2.18^{b}_{B}$	$^{C}18.36 \pm 1.10^{a}_{C}$	$^{C}9.42 \pm 1.44^{a}_{D}$	$^{C}2.11 \pm 1.07^{a}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{a}_{F}$

หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$_{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษากับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ใช้วิธีสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษากับวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

วิธีการสกัด	อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
		1	3	7	14	21	30
ไมโครเวฟ	30	$^{B}54.84\pm1.20^{c}_{A}$	$^{B}32.27\pm1.99^{c}_{B}$	$^{B}9.83\pm1.79^{c}_{C}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{D}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{B}63.61\pm3.11^{b}_{A}$	$^{B}47.34\pm1.90^{b}_{B}$	$^{B}32.21\pm1.81^{b}_{C}$	$^{B}3.54\pm0.62^{b}_{D}$	$^{B}0.00\pm0.00^{b}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{B}68.20\pm1.24^{a}_{A}$	$^{B}50.69\pm0.37^{a}_{B}$	$^{B}47.01\pm1.58^{a}_{C}$	$^{B}24.14\pm1.13^{a}_{D}$	$^{B}3.64\pm0.84^{a}_{E}$	$^{B}0.00\pm0.00^{a}_{F}$
ไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร	30	$^{A}86.46\pm3.53^{c}_{A}$	$^{B}64.57\pm2.55^{c}_{C}$	$^{B}50.59\pm2.18^{c}_{C}$	$^{B}11.43\pm1.73^{c}_{D}$	$^{A}1.09\pm0.40^{c}_{E}$	$^{A}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{A}103.74\pm1.94^{b}_{A}$	$^{A}88.83\pm1.99^{b}_{C}$	$^{B}75.70\pm1.60^{b}_{C}$	$^{B}39.13\pm0.47^{b}_{D}$	$^{A}4.58\pm1.68^{b}_{E}$	$^{A}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{A}108.20\pm1.51^{a}_{A}$	$^{A}94.18\pm3.48^{a}_{C}$	$^{B}86.80\pm1.38^{a}_{C}$	$^{B}66.07\pm4.37^{a}_{D}$	$^{A}40.66\pm1.81^{a}_{E}$	$^{A}21.80\pm2.00^{a}_{F}$
อ่างควบคุมอุณหภูมิ	30	$^{C}35.87\pm1.50^{c}_{A}$	$^{C}22.29\pm1.91^{c}_{B}$	$^{B}8.28\pm0.62^{c}_{C}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{D}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{c}_{F}$
	4	$^{C}43.33\pm1.34^{b}_{A}$	$^{C}21.60\pm1.42^{b}_{B}$	$^{B}16.39\pm1.05^{b}_{C}$	$^{C}0.00\pm0.00^{b}_{D}$	$^{C}0.00\pm0.00^{b}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{C}43.61\pm2.36^{a}_{A}$	$^{C}32.36\pm1.58^{a}_{B}$	$^{B}23.11\pm0.36^{a}_{C}$	$^{C}2.44\pm1.54^{a}_{D}$	$^{C}0.00\pm0.00^{a}_{E}$	$^{C}0.00\pm0.00^{a}_{F}$

หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$_{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษากับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ใช้วิธีสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษากับวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4 ช. การเปรียบเทียบผลของสภาวะ และอายุการเก็บรักษาต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

วิธีการสกัด	อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
		1	3	7	14	21	30
ไมโครเวฟ	30	$^{B}54.53 \pm 2.26^{c}_{A}$	$^{B}29.81 \pm 0.45^{c}_{B}$	$^{B}9.48 \pm 0.34^{c}_{C}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{c}_{D}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{c}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{B}61.54 \pm 0.70^{b}_{A}$	$^{B}44.50 \pm 0.70^{b}_{B}$	$^{B}34.79 \pm 2.31^{b}_{C}$	$^{B}3.87 \pm 1.08^{b}_{D}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{b}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{B}66.78 \pm 1.41^{a}_{A}$	$^{B}52.77 \pm 1.71^{a}_{B}$	$^{B}45.70 \pm 0.36^{a}_{C}$	$^{B}25.72 \pm 1.64^{a}_{D}$	$^{B}3.91 \pm 0.16^{a}_{E}$	$^{B}0.00 \pm 0.00^{a}_{F}$
ไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร	30	$^{A}91.70 \pm 0.75^{c}_{A}$	$^{A}69.96 \pm 1.19^{c}_{B}$	$^{B}60.34 \pm 1.71^{c}_{C}$	$^{B}14.73 \pm 0.90^{c}_{D}$	$^{A}1.71 \pm 0.61^{c}_{E}$	$^{A}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{A}92.27 \pm 0.74^{b}_{A}$	$^{A}86.81 \pm 1.52^{b}_{B}$	$^{A}79.00 \pm 0.72^{b}_{C}$	$^{A}42.78 \pm 1.77^{b}_{D}$	$^{A}12.02 \pm 1.56^{b}_{E}$	$^{A}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{A}97.32 \pm 1.27^{a}_{A}$	$^{A}94.41 \pm 0.51^{a}_{B}$	$^{B}87.29 \pm 1.26^{a}_{C}$	$^{A}67.38 \pm 0.65^{a}_{D}$	$^{A}42.86 \pm 1.10^{a}_{E}$	$^{A}22.51 \pm 1.06^{a}_{F}$
อ่างควบคุมอุณหภูมิ	30	$^{C}34.80 \pm 3.87^{c}_{A}$	$^{C}25.74 \pm 2.40^{c}_{B}$	$^{C}9.44 \pm 0.78^{c}_{C}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{D}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{c}_{F}$
	4	$^{C}42.78 \pm 0.63^{b}_{A}$	$^{C}23.22 \pm 2.73^{b}_{B}$	$^{C}11.74 \pm 1.49^{b}_{C}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{b}_{D}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{b}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{b}_{F}$
	-18	$^{C}46.12 \pm 0.80^{a}_{A}$	$^{C}31.49 \pm 1.99^{a}_{B}$	$^{C}23.16 \pm 2.94^{a}_{C}$	$^{C}1.71 \pm 0.61^{a}_{D}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{a}_{E}$	$^{C}0.00 \pm 0.00^{a}_{F}$

หมายเหตุ $^{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$_{ABC...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษากับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ใช้วิธีสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (แถว) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$^{abc...}$ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษากับวิธีที่ใช้สกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง (คอลัมน์) เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวลำนำพร ปลดเปลื้อง

ที่อยู่ 354/78 แขวงคลองสองต้นนุ่น เขตลาดกระบัง จ.กรุงเทพฯ 10520

(lamnamporn@yahoo.com, เบอร์ติดต่อ 089-8133426)

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษามัธยมปลายจากโรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา ปีการศึกษา 2548
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ปีการศึกษา 2552
- ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้