



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสมสำหรับการสกัด
กากองุ่น

Development of Microwave Assisted Extractor with Stirrer Device for
Grape Pomace Extraction

นายกิตติชัย บรรจง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสมสำหรับการสกัด
กากองุ่น

Development of Microwave Assisted Extractor with Stirrer Device for
Grape Pomace Extraction

RCH

TK643ก

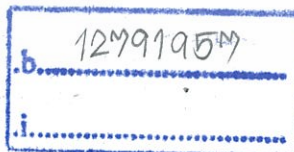
2556

นายกิตติชัย บรรจง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 143551

รับเดือนปี 17 มี.ค. 2559



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสมสำหรับการสกัดกากองุ่น
แห้งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 271,500 บาท

ระยะเวลาในการทำวิจัย 1ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2555 ถึง 30 ก.ย. 2556

หัวหน้าโครงการ นายกิตติชัย บรรจง คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสม ใช้ตู้ไมโครเวฟที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น บรรจุในตู้ไมโครเวฟขนาด 20 ลิตรติดตั้งอุปกรณ์เครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็กไว้ด้านล่าง การทดลองทำโดยเปรียบเทียบผลของการสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ปักดำ ที่กำลังไฟฟ้า 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที ต่อผลผลิตและคุณภาพของสารสกัดจากกากองุ่นแดง การสกัดใช้กากองุ่นแดง 30 กรัมต่อตัวทำละลาย (EtOH 50 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่น) 770 มิลลิลิตร 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 110.71 mg trolox/g sample เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงแตกต่างกัน คือ การสกัดด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร พบว่าวิธีการที่เหมาะสมต่อการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร 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

คำสำคัญ : กากองุ่นแดง การสกัด ไมโครเวฟ สารต้านอนุมูลอิสระ

Research Title: Development of Microwave assisted extractor with stirrer device for grape pomace extraction

Researcher: Kittichai Banjong

Faculty: Agro-industry

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 power (450, 600, 700 and 800 watt) and extraction time (1, 2, 3 and 4 min) on quantity 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 different extraction methods (water bath, microwave and microwave with magnetic stirrer device) was also examined. 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 antioxidation potential of 107.38 mg trolox/g sample.

Keyword : red grape pomace, extraction, microwave, antioxidant

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งเงินทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2556 ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรและนักศึกษาระดับปริญญาตรี และนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดี

นายกิตติชัย บรรจง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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.....	7
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.....	19
2.6 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	27
3.1 วัตถุประสงค์.....	27
3.2 สารเคมี.....	27
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	27
3.4 วิธีการดำเนินงาน.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	36
4.1 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลัง ไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็ง- ทั้งหมด สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์- ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร.....	36
4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากจากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัด- ด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไม- โครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร ที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้าน- อนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟ.....	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	55
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	63
ประวัตินักวิจัย.....	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์w/w) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	36
4.2 ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g dry weight) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	38
4.3 ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมด (mg /g dry sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	39
4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	41
4.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox /g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	44
4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจาก กากองุ่นแดง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัด ด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร.....	54



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 ภาพตัดขวางของแอนโนดในแมกนีตรอน.....	9
2.7 ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ.....	11
2.8 โครงสร้างของเกลือเฟลวิเลียม.....	18
2.9 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน.....	18
2.10 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานินที่มีต่อสีแอนโทไซยานินส์.....	19
3.1-3.4 โมเดลเครื่อง Microwave-assisted extraction magnetic Stirrer.....	29-30
3.5 เครื่องสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ.....	31
3.6 กระบวนการผลิตผลกากองุ่นแดง.....	32
4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์w/w) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	37
4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g dry weight) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	38
4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g dry sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	40
4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g dry sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	41
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	43
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานิน กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	43
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	45
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถใน การรีดิวซ์เฟอร์ริก.....	46
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานิน กับความสามารถใน การรีดิวซ์เฟอร์ริก.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.10 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์w/w) ของสารสกัดกากองุ่นแดง.....	48
4.11 สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง.....	49
4.12 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง.....	51
4.13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg trolox /g sample) ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง.....	52
4.14 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg trolox /g sample) ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง.....	53



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

กากองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งที่ได้จากการผลิตน้ำผลไม้และไวน์ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักองุ่นที่ได้จากการผลิต จะเหลือเป็นกากองุ่นซึ่งประกอบด้วย เปลือก และเมล็ดองุ่น (Mazza and Miniati, 1993) ทั้งนี้เปลือกและเมล็ดองุ่น 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) และป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Owen *et al.*, 2000) มีการประยุกต์นำเมล็ดและกากองุ่นไปทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ อาหารเสริมและยา เนื่องจากองุ่นมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมาก โดยเฉพาะในองุ่นแดงที่มีสารแอนโทไซยานิน นอกจากนี้การแปรรูปของเหลือทิ้งราคาถูกมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และยังช่วยลดปริมาณขยะ และสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล (Alonso *et al.*, 2002; González *et al.*, 2004) ที่สำคัญยังเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกในการดูแลตัวเองสำหรับคนไทยในราคาที่ถูกกลงมากยิ่งขึ้นด้วย

งานวิจัยนี้จึงนำกากองุ่นที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำองุ่นมาสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction ;MAE) มีข้อดีคือใช้เวลาในการสกัดสั้น ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ และประหยัดพลังงานในการสกัดได้มาก โดยคิดแปลงตู้ไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับการสกัดระบบควบแน่นแบบหล่อเย็นและมีการติดตั้งเครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็ก ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยมีการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและความบริสุทธิ์ของสารที่สกัดได้ เช่น กำลังไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดกากองุ่นแดง นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและความบริสุทธิ์ของสารที่สกัดได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอน

โทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดจากองุ่นแดง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบ และพัฒนากระบวนการสกัดไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสม สกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกากองุ่น
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดสารสกัดจากองุ่นด้วยไมโครเวฟร่วมกับอุปกรณ์กวนผสม
3. เพื่อศึกษาผลการสกัด ความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากองุ่น และเปรียบเทียบความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากองุ่นโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับอุปกรณ์กวนผสม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัย คือ การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสม ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแปรรูปอาหาร และศึกษาปัจจัยการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกากองุ่น โดยงานวิจัยศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด รวมถึงวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดที่ได้จากกากองุ่น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

คัดแปลงตู้ไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับการสกัดระบบควบแน่นแบบหล่อเย็นและมีการติดตั้งเครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการทดลองปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสกัด คือ กำลังไฟที่ใช้ในการสกัด และเวลาที่มีผลต่อการสกัด ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตรเท่ากัน นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงโดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบสารปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากองุ่นแดง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. พัฒนาเครื่องสกัดและกระบวนการสกัดด้วยไมโครเวฟ เพื่อใช้สกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกาก องุ่นอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผลของการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกากองุ่น โดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมกับการกวนผสมที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของสารสกัดจากกากองุ่นแดง
3. วิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากกากองุ่นแดงด้วยเครื่องสกัด โดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับอุปกรณ์กวนผสม



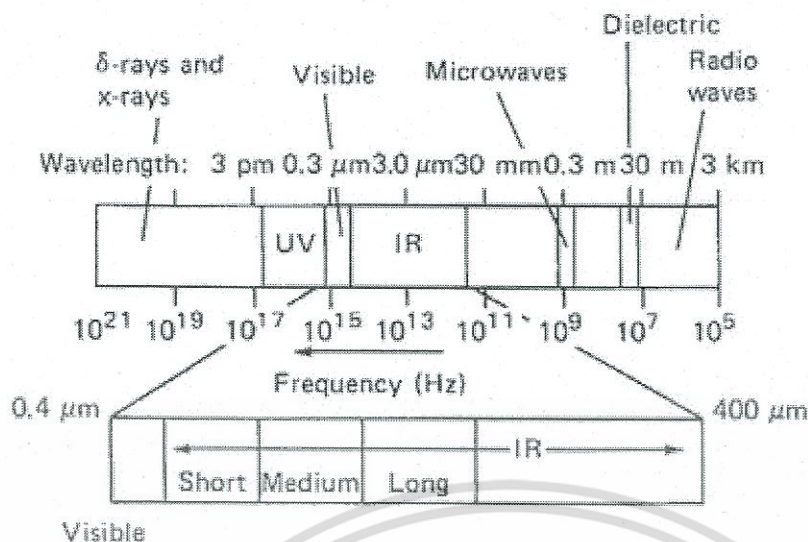
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครเวฟ

ประวัติความเป็นมา ในปี ค.ศ. 1945 บริษัทเรย์เธอร์น ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำหลักการของคลื่นไมโครเวฟจากเรดาร์ในสงครามโลกครั้งที่สองมาใช้ในการปรุงอาหาร เตาไมโครเวฟจึงเริ่มเกิดขึ้น และได้มีการพัฒนาการเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่นเปลี่ยนระบบเตาไมโครเวฟธรรมดาเป็นระบบจานหมุน ควบคุมการทำงานด้วยระบบ Microprocessor และนำระบบ Computer Program Card ระบบ Sensor มาใช้กับเตาไมโครเวฟ และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เตาไมโครเวฟเป็นเตาที่สมบูรณ์แบบแท้จริงและในกลางปี ค.ศ. 1960 ได้เริ่มใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอร์ไรส์ผลิตภัณฑ์นมอบและในการสเตอริไลซ์อาหาร และโดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงกับวัสดุต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้ในการเชื่อมต่อเทอร์โมพลาสติก ใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชันของยางพารา ใช้ในกระบวนการทำแผ่นกระเบื้องเคลือบ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ เป็นต้น Baffler (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 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ (ระหว่างความยาวคลื่น 100 เซนติเมตร – มิลลิเมตร) (Rosenthal, 1992) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ไมโครเวฟไม่ใช่ความร้อนแต่อยู่ในรูปของพลังงาน (energy) และถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและหรือ การหมุนตัวโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาคหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่วัตถุได้รับ



ภาพที่ 2.1 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : Fellows (2000)

คลื่นและมีการดูดซับพลังงานดังกล่าว เป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้น (Fellows, 2000) และมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนแบบโอไมครอนตรงที่ความร้อนแบบโอไมครอนนั้น เกิดจากความต้านทานกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) ของอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยตรง และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ไมโครเวฟไม่ใช่ป้้มในการลำเลียงอาหารที่อยู่ในท่อให้ผ่านกระบวนการดังกล่าว จึงไม่เป็นการทำลายคุณลักษณะหรือโครงสร้างของอาหาร (โดยเฉพาะในการบรรจุแบบปลอดเชื้อ) (รุ่งนภา, มปป.) และแตกต่างจากกระบวนการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมคือเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่กำหนดในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า

2.1.1 กลไกการเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ

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

1. การเคลื่อนที่ของไอออน เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization)

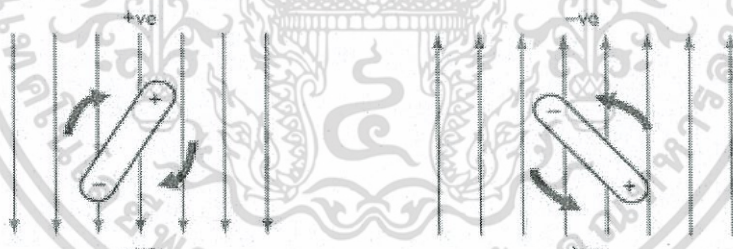
ภายในเตาไมโครเวฟ (microwave oven) จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetron) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสนามไฟฟ้าจะถูกสร้างออกมาในลักษณะ 3 ทิศทาง คือ บนสู่ล่าง ข้างสู่ข้างและหน้าสู่หลัง เมื่ออนุภาคที่มีประจุในอาหารสัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟ จะทำให้เกิดการสั่นและเคลื่อนที่ จึงเกิดการชน (collisions) หรือเสียดสีกับอนุภาคที่อยู่ข้างเคียงเป็นผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นับเป็นแบบใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดความร้อนขึ้นในอาหารนั้น ซึ่งโดยทั่วไปในอาหารจะมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน มีปริมาณน้ำ และเกลือที่ละลายได้แตกต่างกันเช่น โซเดียม, โพแทสเซียม, หรือแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะแตกตัวให้อิออนบวก (cations) และอิออนลบ (anions) ดังนั้นอนุภาคที่มีประจุจึงสามารถที่มีประจุจึงสามารถที่จะมีอิทธิพล (interactions) กับสนามไฟฟ้าใด ๆ รวมทั้งสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นในเตาไมโครเวฟเช่นเดียวกัน

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 น้ำแข็ง โมเลกุลของน้ำจะถูกยึดติดกับโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะของผลึกและไม่สามารถหมุนตัวเองมากพอที่จะชนกับโมเลกุลอื่น ๆ ที่อยู่ข้างเคียงเพื่อทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้ และในส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สหรือไอ จะมีโมเลกุลข้างเคียงจำนวนน้อยมากที่จะชนกันจนสามารถให้เกิดความร้อนขึ้นได้เช่นเดียวกัน โดยอันตรกิริยานี้มีความสำคัญในอาหาร ยกเว้นในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงมากเช่น แสม เป็นต้น



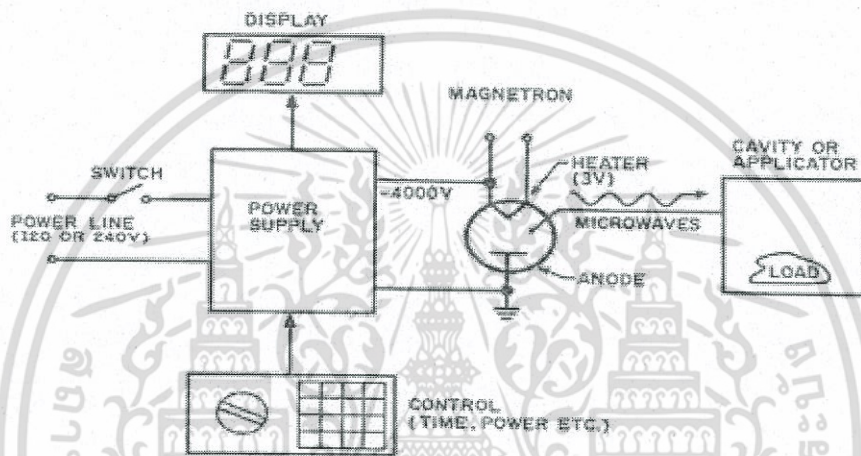
ภาพที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของสารประกอบที่มีขั้วเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า

ที่มา : Singh และHeldman (2001)

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

2.1.2 หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ

ระบบของเตาไมโครเวฟโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 2.3 โดยจะประกอบไปด้วย แมกนีตรอนที่ทำให้หน้าทีสร้างคลื่นไมโครเวฟ แมกนีตรอนที่ใช้ทั่วไปจะมีความต่างศักย์ประมาณ 4,000 โวลต์ และใช้หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) เพื่อเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ให้ได้ตามที่ ต้องการ แมกนีตรอนส่วนใหญ่ถูกผลิตเพื่อให้ใช้กับความต่างศักย์ที่คงที่ (constant voltage) ดังนั้น จึงต้องมีวงจรของไดโอด (diode) และตัวเก็บประจุ (capacitor) เพื่อใช้ในการเปลี่ยนความต่าง ศักย์สลับมาเป็นความต่างศักย์คงที่



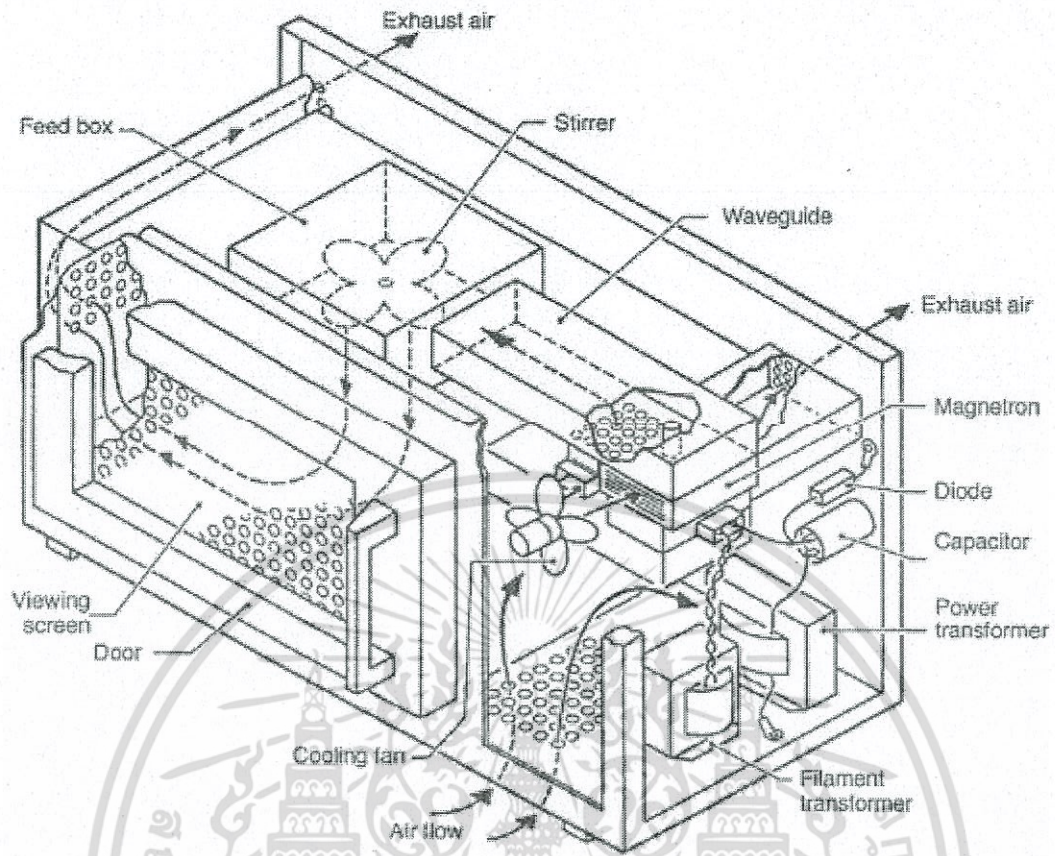
ภาพที่ 2.3 ระบบของเตาไมโครเวฟ

ที่มา : Buffler (1993)

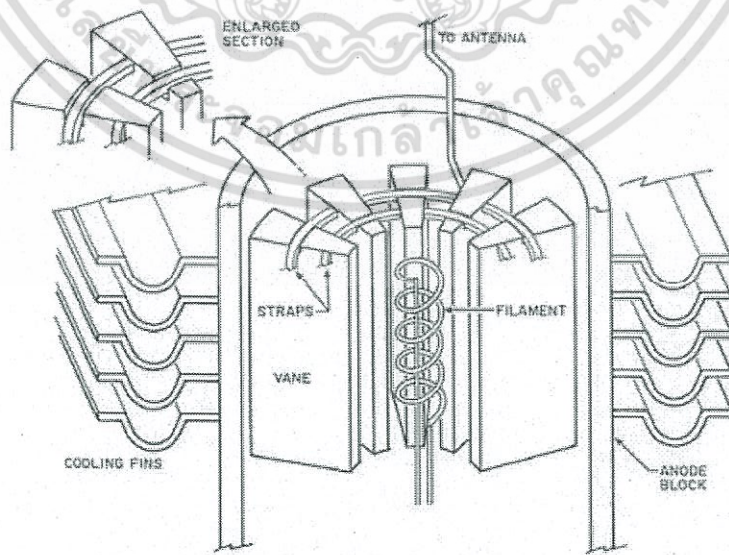
ขนาดของพลังงานไมโครเวฟจะถูกควบคุมโดยการปรับกระแสไฟฟ้าภายในวงจรและมีตัว ควบคุมเวลา ทำหน้าที่ปรับช่วงเวลาการใช้งานของไมโครเวฟ สำหรับเตาไมโครเวฟที่มีราคาสูง จะ มีเฉพาะตัวควบคุมเวลา และอุปกรณ์ควบคุมพลังงาน ในขณะที่เตาไมโครเวฟที่มีราคาสูงขึ้นไป จะ ประกอบด้วยระบบที่ควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนสุดท้ายของระบบคือช่องว่างในเตา หรือช่องใส่อาหาร (cavity) ซึ่งเป็นบริเวณที่ให้ไมโครเวฟได้สัมผัสกับอาหาร ภาพรวมโดยทั่วไป ของเตาไมโครเวฟแสดงดังภาพที่ 2.4

แมกนีตรอนเป็นหัวใจของเตาไมโครเวฟ ทำหน้าที่สร้างคลื่นไมโครเวฟ มีลักษณะเป็น หลอดสูญญากาศที่มีโครงภายนอกเป็นโลหะเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยมีแผ่นลักษณะเป็นปีกเพื่อ ใช้ในการระบายความร้อน แสดงดังภาพที่ 2.5 โครงสร้างภายในของแมกนีตรอน ส่วนที่สร้างคลื่น ไมโครเวฟเรียกว่าไดโอด (diode) ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกทำจากทองแดง มีเส้นผ่าน ศูนย์กลางประมาณ 4.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 3.2 เซนติเมตร โดยหลอดจะถูกผลิตหุ้มท้าย ด้วยแผ่นทองแดง เพื่อให้ภายในเป็นสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



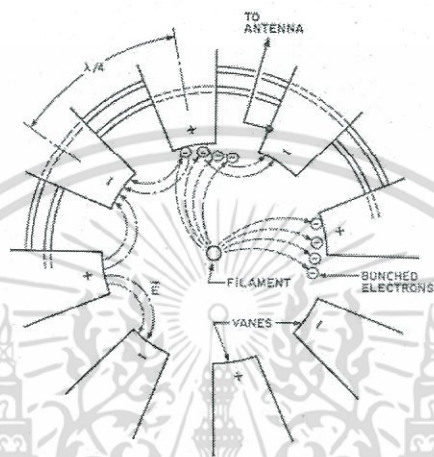
ภาพที่ 2.4 เตาไมโครเวฟโดยทั่วไป
ที่มา : Buffler (1993)



ภาพที่ 2.5 ภาพตัดขวางของแมกนีตรอน
ที่มา : Buffler (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในหลอดไดโอด จะประกอบด้วยแผ่นทองแดง (vanes) ซึ่งมีประมาณ 12 แผ่น วางในแนวตั้งโดยหันส้นด้านหนึ่งมาเรียงกันในแนววงกลม โดยเว้นช่องว่างตรงกลางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.95 เซนติเมตรไว้ให้เป็นที่อยู่ของไส้ (filament) ที่เป็นเกลียว (ทำหน้าที่เป็นแคโทด (cathode)) และเรียกท่อทองแดงทรงกระบอกและ vanes ว่าเป็นส่วนแอนโนด (anode) การทำงานของแอนโนดในแมกนีตรอนในการทำให้เกิดคลื่นไมโครเวฟแสดงดังภาพที่ 2.6 และ เป็นไปตามลำดับดังนี้



ภาพที่ 2.6 ภาพตัดขวางของแอนโนดในแมกนีตรอน

ที่มา : Buffler (1993)

1. ไส้เป็นเกลียว (filament) ถูกทำให้ร้อน
2. อิเล็กตรอนที่อยู่บริเวณผิวหน้าของส้นแผ่นทองแดงจะถูกกระตุ้นทำให้เกิดหมอกอิเล็กตรอนบริเวณตรงกลางของไดโอด
3. เมื่อผ่านความต่างศักย์ประมาณ 4,000 โวลต์ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (E) ขึ้นระหว่างแอนโนดและไส้ filament และเร่งอิเล็กตรอนให้ไปยังแอนโนดในแนวรัศมีวงกลม
4. สนามแม่เหล็ก (ที่ถูกสร้างขึ้นจากการนำวงแหวนแม่เหล็ก (ferrite) 2 วง มาวางไว้ด้านบนและล่างของแอนโนด สนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นจะมีทิศทางเดียวกันกับแกนของไส้ filament และมีทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า) จะบังคับให้อิเล็กตรอนวิ่งเป็นทางโค้ง (ถ้าความทรงของสนามแม่เหล็กมีขนาดที่พอเหมาะ อิเล็กตรอนจะถูกกวาดออกจากพื้นผิวบริเวณปลายสุดของส้นแผ่นทองแดง ถ้าสนามแม่เหล็กอ่อนเกินไปจะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนกับแผ่นทองแดง และถ้ามีความแรงเกินไปจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ย้อนกลับและชนกับไส้ filament

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

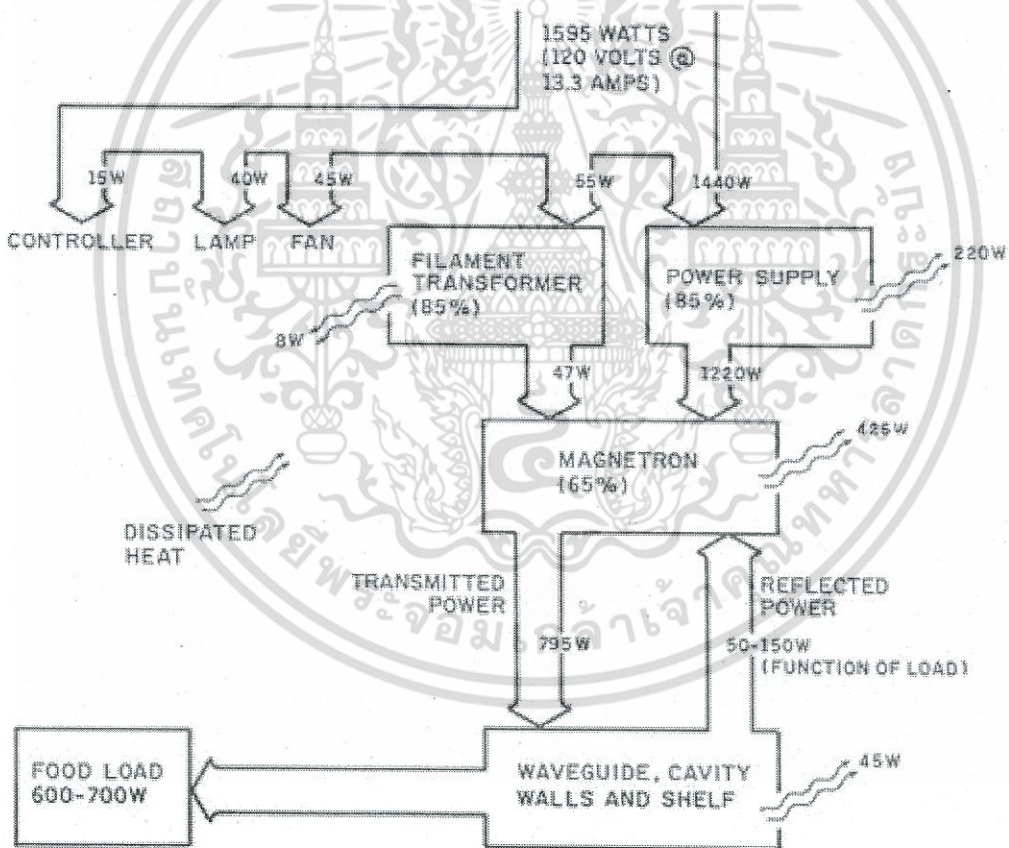
การเคลื่อนย้ายประจุบวกเช่นกัน แผ่นทองแดงที่อยู่ระหว่างแผ่นที่มีประจุบวก จะถูกเหนี่ยวนำให้มีประจุลบและมีการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับแผ่นที่มีประจุบวก ทำให้แผ่นทองแดงมีสภาพประจุบวกและลบสลับกันไปทั้งวง

6. จากการที่มีแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างประจุที่ต่างและเหมือนกัน ทำให้อิเล็กตรอนที่วิ่งวนอยู่ถูกเร่งเข้าไปหาแผ่นทองแดงที่มีประจุบวก ในขณะที่เดียวกันแผ่นทองแดงที่มีประจุลบจะผลักอิเล็กตรอนเหล่านี้ไว้ ทำให้กลับมารวมอยู่กับอิเล็กตรอนในกลุ่มที่ถูกเร่งจนกลายเป็นกลุ่มก้อนของอิเล็กตรอน

7. ทันทีที่กลุ่มอิเล็กตรอนนี้วิ่งผ่านแผ่นทองแดงที่อยู่ถัดมา จะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบวกขึ้นในแผ่นทองแดงนั้น ส่วนแผ่นทองแดงที่กลุ่มอิเล็กตรอนนี้วิ่งผ่านมาก่อนหน้านี้เปลี่ยนจากสภาพประจุบวกเป็นลบ และเมื่อกลุ่มอิเล็กตรอนวิ่งต่อไปเรื่อย ๆ ตามวงโคจร จะทำให้แผ่นทองแดงแต่ละแผ่นเกิดสภาพประจุที่สลับกันไปมาจากบวกเป็นลบ และเป็นบวกอีกครั้ง โดยถ้าอิเล็กตรอนมีความเร็วที่เหมาะสมกับช่องว่างระหว่างแผ่นทองแดง จะสามารถเปลี่ยนประจุสลับไปมาได้ 2.45 พันล้านครั้งต่อวินาที ประจุที่สลับกันดังกล่าวนี้จะถูกเชื่อมต่อเป็นเส้นลวดจากแผ่นทองแดงไปยังสายอากาศ (antenna) เพื่อจับคลื่นไมโครเวฟที่เกิดขึ้น แล้วส่งต่อผ่านท่อนำคลื่น (wave guide) และผ่านไปยังใบพัด (stirrer) ทำให้เกิดการแผ่ของคลื่นไมโครเวฟที่มีสัญญาณขนาด 2.45 GHz ในช่องใส่อาหาร

ถ้าคลื่นไมโครเวฟถูกสร้างขึ้นและปล่อยให้ส่งผ่านในอากาศ พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นจะไม่ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ได้ตามความต้องการ จึงมักใส่สายอากาศ (antenna) เพื่อจับคลื่นและส่งผ่านท่อทรงกระบอกที่เรียกว่า wave guide ซึ่งจะนำทางคลื่นไมโครเวฟให้ตรงไปสู่ช่องใส่อาหารโดยอาจมีใบพัด (stirrer) เพื่อกระจายคลื่นไปสัมผัสกับอาหาร ใบพัดจะช่วยทำให้คลื่นไมโครเวฟไปทำให้จุลินทรีย์และจุดเย็นในอาหารร้อนขึ้นสม่ำเสมอและทั่วถึง ปัญหาที่สำคัญในการใช้ไมโครเวฟคือการที่อาหารแต่ละจุดถูกทำให้ร้อนไม่ทั่วถึง ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากเตาไมโครเวฟและมีความเกี่ยวข้องกับความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเตาไมโครเวฟ นอกจากนั้นการจัดเรียงของอาหารภายในไมโครเวฟและคุณสมบัติไดอิเล็กทริกของอาหาร จะมีผลต่อความร้อนที่สม่ำเสมอของความร้อนที่เกิดขึ้น เมื่อไมโครเวฟถูกปล่อยให้เข้ามาในช่องอาหาร (cavity) จะสะท้อนที่ผนังโลหะ การสะท้อนของโลหะเกิดขึ้นเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่มีทิศทางเดียวกันกับผนังโลหะถูกทำให้ลัดวงจร (short circuit) โดยโลหะเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้น ทำให้สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ ในส่วนของใบพัด (stirrer) ทำมาจากโลหะเป็นใบพัดที่หมุนอยู่ในช่องใส่อาหาร โดยใช้มอเตอร์ขนาดเล็กหรือใช้แรงลมที่ได้จากระบบระบายความร้อนให้แก่ แมกนีตรอน และพาความร้อนออกไป ด้านนอกเตาไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่น ๆ ในการกระจายความร้อน เช่น การใช้จานแก้วหรือเซรามิกส์ที่สามารถหมุนและถอดออกได้ ในระบบนี้คลื่นไมโครเวฟจะสัมผัสกับอาหารที่ทำให้หมุนบนจาน ทำให้จุลินทรีย์และเย็น

ได้รับพลังงานโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เตามาโครเวฟอาจใช้ระบบใดระบบหนึ่งหรือใช้ควบคู่ทั้งสองระบบ เพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความร้อนแก่อาหารให้ดียิ่งขึ้นประสิทธิภาพของเตามาโครเวฟ ประสิทธิภาพของเตามาโครเวฟ สามารถคำนวณได้จากกฎทางไฟฟ้า โดยคำนวณจากค่าตัวเลขจากด้านหลังหรือด้านข้างของเตามาโครเวฟ ตัวอย่างเช่น ตัวเลขแสดง 13.3 แอมแปร์ (A) 120 โวลต์ (V) ดังนั้นกำลังไฟฟ้า $P = IV = 13.3 \times 120 = 1,596$ วัตต์ (Watts) ถ้าพลังงานที่ถูกดูดซับในอาหารมีค่า 700 วัตต์ (จากการทดสอบ) ดังนั้นประสิทธิภาพของไมโครเวฟ = $(700/1,596)100 = 44$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่ามียังค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังที่ใช้ในการแปรรูปโดยวิธีอื่น ๆ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของไมโครเวฟจะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่ว่าจะเป็เตาที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปหรือในอุตสาหกรรม โดยพลังงานส่วนใหญ่ว่ที่สูญเสียกระจายไปเป็นความร้อนในส่วนองแมกนีตรอน ดังนั้นเตามาโครเวฟจึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนโดยใช้พัดลม ภาพที่ 2.7 แสดงประสิทธิภาพของเตามาโครเวฟ



ภาพที่ 2.7 ประสิทธิภาพของเตามาโครเวฟ
ที่มา : Buffler (1993)

จากภาพที่ 2.7 จะเห็นว่ามีการสูญเสียความร้อนเล็กน้อยในส่วนองหม้อแปลง (transformer) หลอดไฟ (light bulb) และแผงวงจรไฟฟ้า (electronic circuit) และเมื่อเกิดคลื่นไมโครเวฟ จะเห็นว่าการส่งถ่ายพลังงานไปยังอาหารที่มีขนาดใหญ่สูงถึง 85-90 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีการเอกสเทินชันของพลังงานไปยังอาหารที่มีขนาดเล็กสูงถึง 85-90 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีการกระจายพลังงานที่ไม่สม่ำเสมอทั้งชิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียพลังงานไปยังแหล่งต่าง ๆ เช่น แมกนีตรอน ช่องใส่อาหารจนถึงตัวอาหาร จนมีระสิทธิภาพเหลือประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามที่ได้ยกตัวอย่างไว้

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

รุ่งนภา (มปป.) รายงานถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเกี่ยวข้องกับระบบไมโครเวฟและวัตถุที่ถูกทำให้ร้อนขึ้น ปัจจัยหลักของอาหารที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุที่ใช้กับไมโครเวฟ ได้แก่

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

2. ขนาด เมื่อทำให้ชิ้นอาหารร้อนขึ้น อาหารที่มีขนาดเหมือนกันจะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และขนาดของชิ้นอาหารที่เล็กกว่าต้องการพลังงานน้อยกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่า

3. รูปร่าง ลักษณะพื้นฐานของอาหารมีความสำคัญ โดยอาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นการให้ความร้อนมากเกินไป (over heating) ส่วนอาหารที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่จะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอมากกว่าชิ้นอาหารที่มีมุมแหลมหรือที่มีส่วนหนาและบาง อย่างไรก็ตามทรงกลมหรือผิวที่โค้งคล้ายกับทรงกลมอาจจะมีส่วนตรงกลางที่ร้อนกว่าแต่การให้ความร้อนมากเกินไปไม่สามารถสังเกตได้ในชิ้นอาหารที่มีขนาดรัศมีเกิน 0-50 มิลลิเมตร

4. ความหนาแน่นหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารโดยส่วนใหญ่มักมีความเป็นเนื้อเดียวกันที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งมีผลต่ออาหารที่ทำให้ร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้ความร้อนที่สม่ำเสมออาหารที่แน่นกว่ามีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการให้ความร้อนนานกว่าอาหารที่มีองค์ประกอบที่เปิดและรูพรุนมากกว่า

5. ความร้อนจำเพาะ ความร้อนจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่ควบคุมการให้ความร้อนอาหาร ความจุความร้อนจำเพาะนิยามให้เป็นปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น 1 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของสารที่จะจุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับของน้ำ หน่วยของความจุความร้อนจำเพาะคือจูล/กรัม องศาเซลเซียส ($J/g^{\circ}C$) ความจุความร้อนของน้ำเท่ากับ 1.0 จูล/กรัม องศาเซลเซียส ส่วนไขมันส่วนใหญ่ประมาณ 0.5 จูล/กรัม องศาเซลเซียสหมายความว่าสำหรับไขมันที่มีน้ำหนักเท่ากับน้ำ ไขมันต้องการความร้อนเพียงครึ่งเดียวของน้ำความร้อนจำเพาะจะขึ้นกับอุณหภูมิ โดยเฉพาะในสถานะอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียสเพียงเล็กน้อยนั้นความร้อนจำเพาะจะมีค่าสูงมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นรอบ จุดเยือกแข็งของอาหารและผลของความร้อนแฝงที่ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนสภาวะทางกายภาพระหว่างน้ำและน้ำแข็ง ดังนั้นปริมาณพลังงานที่ต้องใช้จะเพิ่มขึ้นถ้าให้ความร้อนแก่อาหารแช่เยือกแข็งด้วยไมโครเวฟเนื่องจากผลของความร้อนแฝงเหล่านี้

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

7. คุณสมบัติไดอิเล็กทริกของอาหาร คุณสมบัตินี้เป็นตัวกำหนดว่าอาหารหรือวัตถุจะสามารถดูดซับไมโครเวฟได้ดีเพียงใด ซึ่งมีความสำคัญมากต่อผู้ผลิตอาหารซึ่งใช้กับกระบวนการที่ใช้ไมโครเวฟ ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กทริกที่แสดงเป็นตัวเลขดังที่กล่าวมาแล้ว มีอยู่ 3 ค่า ได้แก่ค่า dielectric constant (ϵ') ค่า dielectric loss factor (ϵ'') และค่า dielectric loss tangent ($\tan \delta$) ซึ่งค่าเหล่านี้สูงขึ้น แสดงว่าวัตถุจะร้อนได้ดีขึ้น ค่า ϵ' เป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่จะเก็บพลังงานไมโครเวฟ ส่วน ϵ'' แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัตถุที่จะกระจายพลังงานออกไปเป็นความร้อน เมื่อเราต้องการวิเคราะห์การให้ความร้อนแก่อาหาร เรามักใช้ค่า $\tan \delta$ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่ยอมให้พลังงานไมโครเวฟทะลุทะลวงผ่านไปได้ โดยคุณสมบัติไดอิเล็กทริกจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และปริมาณน้ำ เป็นต้น ในช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมาความสนใจในการสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) ได้เพิ่มขึ้นเพราะมีข้อดีคือลดเวลาการสกัดและปริมาณตัวทำละลาย กว่าเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม เช่นการสกัดแบบ Soxhlet ที่ต้องใช้ตัวทำละลายสกัดอีกครั้งและมีความเสี่ยงต่อการย่อยสลายขององค์ประกอบ ในการสกัดด้วยไมโครเวฟ ตัวทำละลาย และตัวอย่างจะอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิท สกัดภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ และความดัน ปิดภาชนะให้อุณหภูมิของตัวทำละลายเพิ่มขึ้นสูงกว่าจุดเดือด และใช้เวลาในการสกัดน้อย ทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดเพิ่มขึ้นเดอบไมโครเวฟในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และมีขนาด และรูปแบบมากมายให้เลือกในท้องตลาด ซึ่งส่วนมากแล้วจะมีจานหมุนสามารถหมุนอาหารให้รับคลื่นได้ทุกทิศทาง จากการสำรวจเดอบไมโครเวฟเบื้องต้นจะมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

1. แบบที่ใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว
2. แบบที่ใช้ไมโครเวฟและอุปกรณ์สร้างความร้อน (Heater) เพื่อสามารถใช้ในลักษณะเดอบไฟฟ้าแบบอบเกรียม (grill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของระบบควบคุมจะมีทั้งเป็นแบบถูกบดตั้งเวลา แบบกลไก และถูกบดตั้งเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์หรือแบบปุ่มสัมผัสซึ่งสามารถตั้งเวลาพร้อมโปรแกรมการทำงานของเตาอบตามแต่ละชนิดของอาหารที่ใช้ได้ ตัวถังภายในมักเป็นเหล็กเคลือบสี หรือในบางรุ่นที่ราคาสูงอาจทำมาจากเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) ซึ่งมีข้อดีในเรื่องความทนทานที่ดีกว่าเหล็ก และภาพลักษณ์ที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

หลักการให้ความร้อนการประกอบอาหารด้วยเตาไมโครเวฟนี้แตกต่างจากการประกอบอาหาร ด้วยเตาอบธรรมดา คือ เตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟ แบบเตาอบแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี แต่เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟ ที่มีความถี่สูงทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือน และชนโมเลกุลอื่นๆต่อไปจนเกิดเป็นพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้จะกลายเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว และเร็วกว่าประกอบอาหารด้วยระบบอื่นๆโดยไม่เสียพลังงานความร้อน Wang และ Weller (2006) ได้กล่าวไว้ว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟมีประสิทธิภาพและมีความเสถียรสูง Xiao et al., (2008) ได้กล่าวไว้ว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟในการสกัดนั้นจะทำให้ผนังเซลล์แตกออกเช่นเดียวกับการสกัดโดยทั่วไปแต่การให้คลื่นความร้อนนั้นจะให้ผลที่มีประสิทธิภาพ และมีความเสถียรดีกว่าการใช้คลื่นอุลตราซาวด์ โดยจะได้สารฟลาโวนอยด์จากพืชตระกูลส้มปริมาณมาก

2.2 การสกัดสาร และตัวทำละลายที่สำคัญ (Extraction and solvent of active constituents)

วัตถุประสงค์ของการสกัด คือ เพื่อสกัดแยกสารสำคัญ และเพื่อให้สารสกัดที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น หลังจากที่ทำกรเตรียมตัวอย่างแล้ว ควรเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับชนิดของสารสกัดที่ต้องการสกัด โดยตัวทำละลายควรมีความสามารถในการละลายสารสำคัญมากที่สุดและไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่นได้น้อย (มี Selectivity สูง) เนื่องจากสารสำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นควรพิจารณาถึงสภาพหรือรูปแบบของสารที่ต้องการสกัด นอกเหนือจากความขั้วของสารดังกล่าวในการเลือกตัวทำละลายมีหลักการโดยทั่วไปว่าถ้าสารสำคัญมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีขั้วก็ควรเลือกตัวทำละลายที่มีขั้วเช่นเดียวกันในการสกัดอีกทั้งตัวทำละลายที่ใช้จะต้องมีความคงตัวดี หาง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย และไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป (รัตนา 2547) ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้คือ

1. น้ำ

จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีหาง่าย และราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลายมีข้อเสียหลายประการ คือ สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มากเช่นเดียวกับสารที่ต้องการ สารละลายที่ละลายออกมามากับน้ำ เช่น น้ำตาล แป้ง ล้วนเป็นสารอาหารที่ดีของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการบูดเสียของสารสกัดเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิสูงถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาสุขภาพภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้สารสกัดมีความเข้มข้นจะต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยน้ำออกไปซึ่งอาจเกิดความเสียหายกับสารสำคัญได้

2. แอลกอฮอล์

จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ แอลกอฮอล์มีข้อดีกว่าน้ำกล่าวคือ มีความจำเพาะในการละลายมากกว่าน้ำ เนื่องจากสามารถละลายองค์ประกอบที่ต้องการออกมาได้มากกว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และหากต้องการให้สารสกัดเข้มข้นขึ้นจะระเหยได้ง่ายแต่จะมีราคาแพงกว่าน้ำ

3 คลอโรฟอร์ม (chloroform) และอีเทอร์ (ether)

จัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว (polarity) ปานกลางใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (non-polar component) ไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง

4 เมทานอล (methanol)

จัดเป็นตัวทำละลายที่ใช้สารสกัดที่มีขั้วเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่นิยมใช้แอลกอฮอล์มากกว่าเพราะถูกกว่า และเป็นพิษน้อยกว่า

2.2.1 วิธีการสกัด

สำหรับการเลือกวิธีการสกัดควรพิจารณาจากความสามารถในการละลายของสารสำคัญ ถ้าละลายได้ง่ายนิยมใช้วิธีตัวดูดซับ แต่ถ้าละลายได้น้อยก็จำเป็นต้องใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง ความคงตัวของสารสำคัญในตัวอย่างต่อความร้อน คุณค่าของสารสกัด ค่าใช้จ่ายในการสกัด และความต้องการที่จะให้ได้การสกัดที่สมบูรณ์หรือเกือบสมบูรณ์ หากต้องการสารสกัดเจือจางการใช้วิธีมาเชเรชันก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าต้องการสารสกัดที่เข้มข้นก็ต้องใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง

1. มาเชเรชัน (maceration) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญโดยวิธีการหมักกับน้ำยาสกัด น้ำยาสกัดสามารถแทรกเข้าไปละลายองค์ประกอบออกมาได้ การหมักควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในน้ำยาสกัดที่เหมาะสมจะใช้เวลา 7 วันหรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมด ในระหว่างการหมักควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (marc) ออกจากน้ำยาสกัด วิธีการสกัดนี้ใช้น้ำยาในการสกัดน้อย จึงประหยัดเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนความร้อน (รัตนา, 2547) ซึ่งจะทำให้การสกัดสาร ฌ อุณหภูมิห้อง (Cumha *et al.*, 2004) แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของน้ำยาสกัดการสกัดแบบมาเชเรชัน (maceration).

2. การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดที่ใช้ความร้อนเข้าช่วย (รัตนา, 2547) และวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้จะสกัดสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งโดยใช้สารละลายนิยมใช้อุปกรณ์สกัดที่เรียกว่าซอกซ์เลตเตอร์ (soxhlet extractor) (รัตนา, 2547) ซึ่งการทำงานนั้นจะเป็นระบบปิดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจากฮีทติ้งแมนเทิลรั่วไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหมักให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(heating mentle) หรือหม้ออังไอน้ำ น้ำยาสกัดในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบอร์ (thimble) ซึ่งบรรจุตัวอย่างไว้ น้ำยาสกัดผ่านลงตัวอย่างช้าแล้วช้าอีกเรื่อยๆจนกระทั่งองค์ประกอบในตัวอย่างถูกสกัดออกมาเมื่อน้ำยาสกัดในเอกซ์แทรกติงแชมเบอร์ (extracting chamble) สูงจนถึงระดับกัลกน้ำ สารสกัดจะไหลลงภาชนะวเนเวียนเช่นนี้จนการสกัดสมบูรณ์

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

3. การสกัดแบบใช้คลื่นรังสีไมโครเวฟ (microwave assisted extraction; MAE)

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

4. การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound sonicator extracyion)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงในการทำปฏิกิริยากับตัวอย่างแล้วทำให้องค์ประกอบเคมีของตัวอย่างแพร่สู่ตัวทำละลาย (Trusheva *et al.*, 2007) วิธีการสกัดแบบนี้ใช้เวลาในการสกัดน้อยไม่สิ้นเปลือง

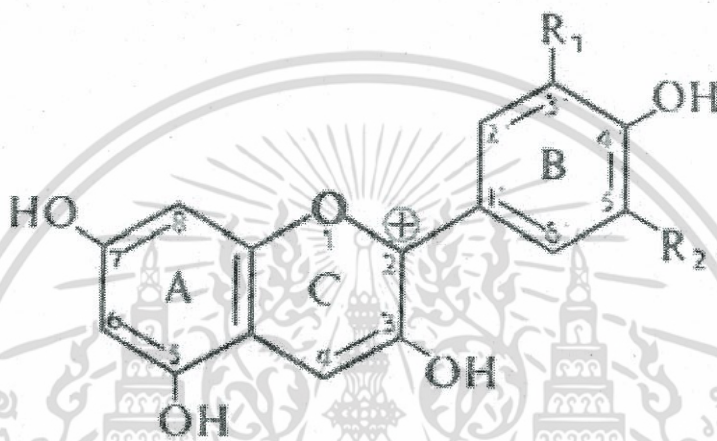
5. การทำให้สารสกัดจากตัวอย่างให้เข้มข้น (preconcentration)

สารสกัดอย่างหยาบที่ได้จะมีปริมาณมากและเจือจางทำให้นำไปแยกองค์ประกอบได้ไม่สะดวก และไม่มีประสิทธิภาพจึงต้องนำมาทำให้มีความเข้มข้นเสียก่อนด้วยวิธีดังนี้

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

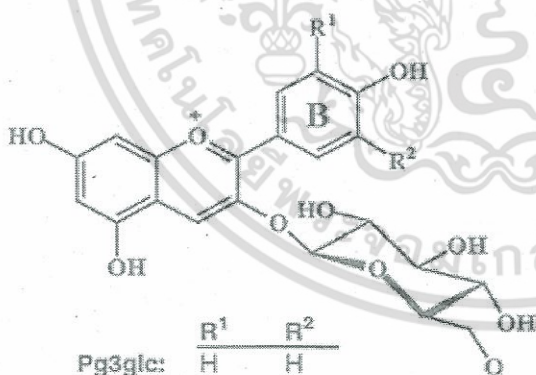
6. การกลั่นในสุญญากาศ จัดเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเป็นการระเหยเอาตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัด โดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมทั้งลดความดันลงให้เกือบเป็นสุญญากาศ โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ เครื่องมือนี้เรียกว่า โรตารีอีวาโปเรเตอร์ (rotary evaporator) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบที่จะกลั่นส่วนคอนเดนเซอร์หรือส่วนควบแน่นไอสารละลาย และภาชนะรองรับสารละลายหลังจากการกลั่น โดยการสกัดอย่างหยาบซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะจะแช่อยู่ในหม้ออังไอน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิได้และจะหมุนตลอดเวลาที่ทำงานเพื่อให้มีการ

คัน และโรคมะเร็ง (Lazze *et al.*, 2004) แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่ม flavonoids ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานในโมเลกุล ประกอบด้วยวงแหวน เบนโซไพแรน (benzopyran) 2 วงต่อกับวงแหวนฟีนิล (phenylring) เป็นอนุพันธ์ของเกลือฟลิวเวียม (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 แอนโทไซยานิน แบ่งออกเป็น 6 ชนิด (ยุพาพร, 2547) โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของเกลือฟลิวเวียม

ที่มา : Chen and Hrazdina (1981)



	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

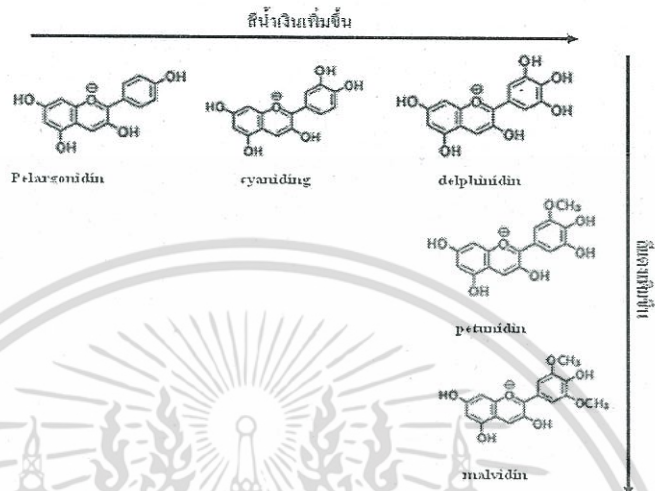
Mv3glc : Malvidin-3-glucoside

ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

ที่มา : Cabrita *et al.* (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ภาพที่ 2.10 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานินที่มีต่อสีแอนโทไซยานิน
ที่มา : นิธิยา (2539)

2.5 อนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ (radical หรือ free radical) คือ กลุ่มของสารซึ่งมีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ของร่างกาย อนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, OH[•]) ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H₂O₂) ไฮโปคลอไรต์ (hypochlorous, HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอนุพันธ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO[•]) และเปอร์ออกซีไนไตรต์ (peroxynitrite, ONOO⁻) เป็นต้น ทั้งกลุ่ม ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (วัลยา และพัชรี, 2542) อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกในร่างกาย เช่น เกิดที่ไมโทคอนเดรีย ไมโครโซม เพอร์ออกซิโซม โดยเกิดจากกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน การเกิดเมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Kelly *et al.*, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะ oxidative stress คือ สภาวะที่ร่างกายมีอนุมูลอิสระมากจนร่างกายไม่สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้ทำให้เกิดการทำลายดีเอ็นเอ และองค์ประกอบต่างๆของเซลล์ และป้องกันปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของโปรตีน เป็นต้น แล้วพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิสภาพในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไช้ออกเสบ และต่อกระดูก เป็นต้น (วิทยา และพัชร, 2542)

2.6 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant)

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) คือ สารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน กลไกการทำงานของสารนี้มีหลายแบบ เช่น การขนย้ายออกซิเจนออกไป, เป็นตัวจับอนุมูลอิสระ, ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับกับเหล็กป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระของออกซิเจนในภาพอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งกลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ และชา ส่วนใหญ่อยู่ในภาพของประกอบ Polyphenol โดย Polyphenol เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชีวเคมีในธรรมชาติ 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 บรอกโคลี ชาและไวน์แดง
- Flavones พบมากใน ผักชีฝรั่ง พริกไทยสุก ขึ้นฉ่าย
- Flavanones พบใน ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด
- Anthocyanins พบในเชอร์รี่ ไวน์แดง
- Catechin พบในแอปเปิล ชา
- Isoflavones พบในนมถั่วเหลือง ถั่วต่าง ๆ

2.6.2 Catechin เป็นสารประกอบประเภท Flavonoid สามารถแบ่ง Catechin ตามโครงสร้างได้ 5 ชนิด คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัยสงขลาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Catechin เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่พบในชาและเมล็ดองุ่น มีประโยชน์คือ

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

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rohit *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) การสกัดการแยกของสารประกอบฟีนอลิกจากเมล็ดกาแฟ สำหรับผลผลิตรวมของสารสกัดนำมาวิเคราะห์กรดคลอโรจีนิก คาเฟอีน และโพลีฟีนอลทั้งหมด ภายใต้เงื่อนไข เวลา (5 นาที), อุณหภูมิ (50 องศาเซลเซียส) และกำลังไฟฟ้า (800 วัตต์) พบว่าการสกัดคลอโรจีนิก และคาเฟอีนจะถูกสกัดด้วยน้ำ ค่าอยู่ในช่วง 31 – 62 เปอร์เซ็นต์ และ 22 – 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กระบวนการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟจึงสามารถจะลดการฉีก คบคุม และประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

Hongyan *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) สกัดหาสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ จากมะเขือเทศโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ควบคุมไปกับการออกแบบคอมโพสิตกลาง และสารต้านอนุมูลอิสระในแบบอื่นๆ (FRAP และ ORAC) การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟมีประสิทธิภาพพมากสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ และสารฟีนอลิกทั้งหมด สูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ 96.5 องศาเซลเซียส, 2.06 นาที, เอทานอล 66.2 เปอร์เซ็นต์ และที่ 96.5 องศาเซลเซียส 1.66 นาที, เอทานอล 61.1 เปอร์เซ็นต์ 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 *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ (MAE) และวิธีอัลตราซาวด์ (UAE) สกัดสารคาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอื่น ๆ จากพืช ในงานนี้ศึกษาผลการใช้กำลังไฟฟ้า และเวลาต่อผลผลิตและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากส้มโอ สกัดที่ 900 วัตต์ นาน 6 นาที พบว่าการลดกาแลกทูโลนิก (Gala) และระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) เพิ่มขึ้นตามพลังงาน และเวลา นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักโมเลกุลลดลงเมื่อมีการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน นอกจากนี้ยังศึกษาการสกัดเพคตินด้วยอัลตราซาวด์ ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาต่อ

คุณภาพ และปริมาณของเพคตินที่สกัด ให้ผลผลิตสูงสุด คือ เวลา 25 นาที (17.92 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้สำหรับ การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ ให้ผลผลิตสูง และสม่ำเสมอดีกว่าวิธีอัลตราซาวด์

Liazid *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาวิธีใหม่สำหรับการสกัดแอนโทไซยานินในองุ่นโดย พัฒนาการสกัดด้วยเตาไมโครเวฟ ภายใต้สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส ออกแบบการทดลองปัจจัยคือ fractional factorial เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลใน กระบวนการสกัดของตัวแปรการสกัดที่แตกต่างกัน : ตัวทำละลาย (ส่วนผสมของเมทานอลและ น้ำ), การกวน, อุณหภูมิ, เวลาสกัด, พลังงานที่ใช้และปริมาณการสกัด ตัวทำละลายเป็นตัวแปรที่ สำคัญที่สุด แอนโทไซยานินสามารถสกัดได้จากองุ่นใน 5 นาทีที่อุณหภูมิการสกัด 100 องศา เซลเซียส ด้วยเมทานอล 40 เปอร์เซ็นต์ ทำซ้ำ และ RSDs (n = 9)

Zhendong *et al.* (2010) ได้ทำการออกแบบ Box - Behnken เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมใน การสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) เช่น เวลาสกัด อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว และพลังงานรังสี ไมโครเวฟต่อผลการสกัดแอนโทไซยานิน ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า แอนโทไซยานิน ทั้งหมด (TAC) จากซังข้าวโพดสีม่วง (185.1 มิลลิกรัม / 100 กรัม) ที่เวลาสกัดนาน 19 นาที, อัตรา ของแข็งต่อของเหลว 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 *et al.* (2010) สกัดโดยใช้วิธีไมโครเวฟและใช้เอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ (v / v) เป็นตัวทำละลาย ในการแยก hesperidin จากเปลือกผลไม้จำพวกส้ม จากโรงกลั่นน้ำมันชีวมวล hesperidin ในเปลือกผลไม้ที่อ่อนสูงกว่าที่ของผลไม้สุก ประมาณ 3.2 เท่า หลังจากการสกัดด้วยวิธี ไมโครเวฟพบ hesperidin ถึง 58.6 mg / g ซึ่งดีมากเมื่อเทียบเป็นจำนวนเงิน สำหรับการตกผลึก hesperidin ที่เหมาะสมเป็น 140 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที โดยใช้วิธี พื้นผิวตอบสนอง ภายใต้ สภาวะที่เหมาะสมนี้ hesperidin 86.8 เปอร์เซ็นต์ (47.7 mg / g) ที่แยกได้โดยวิธี MAE จะเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส, 24 ชั่วโมง)

Nuno *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาการสกัด 2 วิธี คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) และ การสกัดอุลตราโซนิก (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) กับ Mass spectrometry (MS)

Fishman *et al.* (2006) พบว่าไมโครเวฟสามารถให้ความร้อน และสกัดเพคตินได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลดีมากกว่าวิธีธรรมดา เนื่องจากพันธะโควาเลนต์ยังไม่ถูกทำลายมากเกินไป เพคตินที่ได้จึงมีมวล (molar mass) และความข้นหนืดมากกว่า

สรिता 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 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 และศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ 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, ปริมาณกรดคาแลกทูโรนิก 5.65 เปอร์เซ็นต์

ธีระพงษ์ (2554) ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกสาร resveratrol และประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากสาร สกัดจากเปลือกและเมล็ดขององุ่น 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ป็อกดำ, 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 พบสูงสุดในเมล็ดองุ่นพันธุ์ป็อกดำที่สกัดด้วย ethanol เป็น เวลา 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 116.40 mg GAE/g DW และ 268.31 ug/g DW ตามลำดับ พบสาร anthocyanins ปริมาณสูงสุดใน สารสกัดจาก ส่วนเปลือกที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพการเป็น สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2- diphenyl - 1 -picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline- 6 -sulphonic acid) (ABTS) ของสารสกัดเปลือกและเมล็ดองุ่น 4 พันธุ์แปรผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้พิมพ์นี้เผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เมื่อนำสารสกัดเมล็ดคองุ่นพันธุ์ปอกคำโดย ethanol เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไป แยก fraction พบสาร resveratrol ใน fraction ที่ 3 ผ่านคอลัมน์ที่เวลา 5.30 - 6.00 นาที และสามารถยับยั้งเชื้อ *Wscherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้ดี

ดวงกมล (2553) ศึกษาการลดเวลาในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* โดยใช้คลื่นอัลตราซาวด์ร่วมกับไมโครเวฟ และตัวทำละลายอินทรีย์ โดยศึกษาปัจจัยที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติของตัวทำละลาย เวลา อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อปริมาณสาร แอสตาแซนทินที่สกัดได้ พบว่าสารดังกล่าวสามารถสกัดได้ดีด้วยตัวทำละลายอะซิโตน การใช้คลื่น ไมโครเวฟช่วยร่วมกับการใช้ตัวทำละลายอะซิโตนในการสกัดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาเพียง 5 นาที ด้วย ประสิทธิภาพที่เท่ากันแต่เปลี่ยนวิธีการสกัดสาร โดยใช้คลื่นเหนือเสียงเป็นตัวช่วยในการสกัด ร่วมกับอะซิโตน พบว่าใช้เวลาในการสกัดนานถึง 45 นาที แต่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า คือ 45 องศา เซลเซียส

ปาริษา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาวิธีสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอโดยเพิ่ม ประสิทธิภาพการสกัดระหว่างตู้อบลมร้อน และเตาไมโครเวฟ พบว่าอัตราการระเหยน้ำเปลือกส้ม โอ และผงเพคตินด้วยตู้อบลมร้อนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ และการระเหยน้ำด้วยเตา ไมโครเวฟเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้า และเวลา แต่ไมโครเวฟสามารถลดเวลาการสกัดทั้ง 2 วิธีได้ มากกว่าตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วย 60 เปอร์เซ็นต์ เอทานอลร่วมกับไมโครเวฟเป็นสถานะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ควรศึกษาการปรับปรุงสี การ ละลาย และคุณภาพการเกิดเจลของเพคติน

สุรศักดิ์ และคณะ (2550) ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากราก ของต้นยอ (*Morinda citrifolia*) โดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด โดยศึกษาผลของอุณหภูมิ สัดส่วน องค์กรประกอบของเอทานอล และชนิดของตัวทำละลายที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสกัด โดยผลของ เปอร์เซ็นต์การสกัด และประสิทธิภาพในการสกัดของสารสกัด พบว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดของแอน ทราควิโนนส์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา และอุณหภูมิของการสกัดด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยัง พบอีกว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดยังขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายที่ใช้อีกด้วย และจากตัวทำละลายที่ ทำการศึกษาทั้ง 4 ชนิด (อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และอะซิโตนในไตร์) ตัวทำละลายที่ เหมาะสมที่สุดคือ เมทานอล ยังพบอีกว่าปริมาณสารแอนทราควิโนนส์ที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับสัดส่วน องค์กรประกอบของน้ำในตัวทำละลาย ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่น้ำส่งผลให้ค่าความมีขั้วของตัวทำ ละลายเปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังทำให้ลักษณะของรากยอที่นำมาสกัดพองตัวขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแช่อยู่ การสกัดด้วยซอกเล็ด และคลื่นอัลตราซาวด์แล้ว การสกัดด้วย คลื่นไมโครเวฟจะใช้เวลาสั้นกว่า นอกจากนี้สมบัติการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไมโครเวฟยังมีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยซอกเล็ดเพียงเล็กน้อย แต่มีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยการแช่ชงและอัลตราซาวด์

ณัฐวี (2550) ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดสมุนไพรเจียวกู่หลานโดยใช้ไมโครเวฟ และความดันสูงยิ่ง พบว่าสถานะที่เหมาะสม คือ การใช้เจียวกู่หลาน 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./100g. จากนั้นนำความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ เจียวกู่หลานในน้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้ศึกษาการสกัดด้วยเอทานอลใช้ความเข้มข้นของเอทานอล 40-80 เปอร์เซ็นต์ และเวลา 1-5 นาทีพบว่าสถานะที่เหมาะสม คือใช้เอทานอลเข้มข้น 66.43 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที ได้ผลผลิต 30.97±0.66 เปอร์เซ็นต์ ซาโปนิน 11.30±0.40 เปอร์เซ็นต์ และจีเพนโนไซด์ 1.19±0.13 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการสกัดซาโปนิน โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง โดยใช้เจียวกู่หลานเข้มข้นคือ 5-25 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ และความดันที่ใช้สกัด 400-600 MPa จากการศึกษพบว่าสถานะที่เหมาะสม คือ เจียวกู่หลาน 5 เปอร์เซ็นต์ในน้ำความดันที่ใช้สกัด 579.37 MPa ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดเจียวกู่หลาน คือ การสกัดด้วยน้ำโดยใช้ไมโครเวฟจะได้สารออกฤทธิ์ในปริมาณสูง นอกจากนั้นการใช้น้ำเป็นตัวสกัดยังสะดวกและบริโภคน้ำได้อย่างปลอดภัย

พัชรีย์ (2550) ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกไทย โดยใช้วิธีสกัดที่แตกต่างกันได้แก่ วิธีการสกัดด้วยไอน้ำแบบต่อเนื่อง วิธีการสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ และวิธีการสกัดด้วยซอกเลท พบว่าวิธีการสกัดด้วยของไหลยิ่งยวดที่ใช้ไดคลอโรมีเทนหรือโทลูอินเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันหอมระเหยที่มีร้อยละผลได้โดยน้ำหนักสูง และคุณภาพดีคือ กลิ่นหอมมาก มีความหนืด และมีสีน้ำตาลอ่อน องค์ประกอบสารระเหยในน้ำมันหอมระเหยรากหญ้าแฝกหอมถูกแยก และพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี และเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี 2 มิติ-แมสสเปกโตรเมตรี ค่าครรชนีแวนเดินดูลได้คำนวณเพื่อใช้ยืนยันความแม่นยำในการพิสูจน์เอกลักษณ์องค์ประกอบ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรีพบองค์ประกอบที่พิสูจน์โครงสร้างได้ 64 องค์ประกอบ การยืนยันความถูกต้องของการพิสูจน์เอกลักษณ์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมทำโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี 2 มิติ-แมสสเปกโตรเมตรีซึ่งให้จำนวนองค์ประกอบที่พิสูจน์โครงสร้างได้เพิ่มอีก 43 องค์ประกอบ การหาปริมาณสัมพัทธ์ของแต่ละองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมทำโดยใช้เทคนิคพีควอลูมโนธอร์มอลไลเซชันด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี 2 มิติที่ต่อเข้ากับเครื่องตรวจวัดแบบเฟลมไอออไนเซชัน พบว่าสามารถแยกองค์ประกอบได้อย่างน้อย 245 องค์ประกอบ อย่างไรก็ตามเมื่อรวมร้อยละของพื้นที่ใต้พีคของทุกองค์ประกอบที่ทราบโครงสร้างแล้วในแต่ละตัวอย่างพบว่าอยู่ในช่วง 56.4-61.4 เปอร์เซ็นต์ และยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า khusenic acid, khusimol, khusimone, และnootkatone เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกหอมที่ได้จากวิธีการสกัดที่แตกต่างกันทุกตัวอย่าง

จิรวัดน์ และคณะ (2549) ศึกษาการสกัด และคุณสมบัติของ Capsicum Oleoresin จากพริกแดง และพริกชี้ฟ้าที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน ด้วยวิธี Fischer extraction เพื่อหาชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและค่าความเข้มของแสงสีแดง (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 $\mu\text{g/g}$ และพริกชี้ฟ้ามี 268.13 $\mu\text{g/g}$

จันทร์สม (2546) ศึกษาผลการอบรำข้าวด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อคุณภาพของน้ำมันรำข้าว พบว่าตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดี คือ เฮกเซน โดยสามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่ผ่านการทำให้แห้งตัวได้ 20.16 และสกัดพอนิฟีนได้ 705.6 มิลลิกรัมต่อรำข้าว 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- กากองุ่นแดง (พันธุ์ Pokdum) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทสยามไวเนอรี่ จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร

3.2 สารเคมี

- เอทานอล 95เปอร์เซ็นต์
- น้ำกลั่น
- โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- สารละลาย Folin-Ciocalteu
- KCl (โพแทสเซียมคลอไรด์บัพเฟอร์)
- $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (โซเดียมอะซิเตตบัพเฟอร์)
- HCl (ไฮโดรคลอริก)
- กรดแกลลิก (gallic acid)
- Trolox
- 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต
- TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine)
- $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

3.3 เครื่องมือ

- 1) ตู้อบแห้งลมร้อนแบบขึ้น
- 2) เครื่องบด Hammer mill
- 3) เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Alpha-Pack Enterprise 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
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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) ไมโครปีเปต
- 15) เทอร์โมมิเตอร์
- 16) ปีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 17) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50, 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 18) ปีเปต ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร
- 19) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 และ 250 มิลลิลิตร
- 20) ลูกยาง
- 21) หลอดทดลอง
- 22) กระจกตวง ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 23) กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman paper)
- 24) Hot air oven
- 25) โถดูดความชื้น
- 26) ที่คีบ (tong)
- 27) อะลูมิเนียมแกน
- 28) ผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง และอุปกรณ์

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

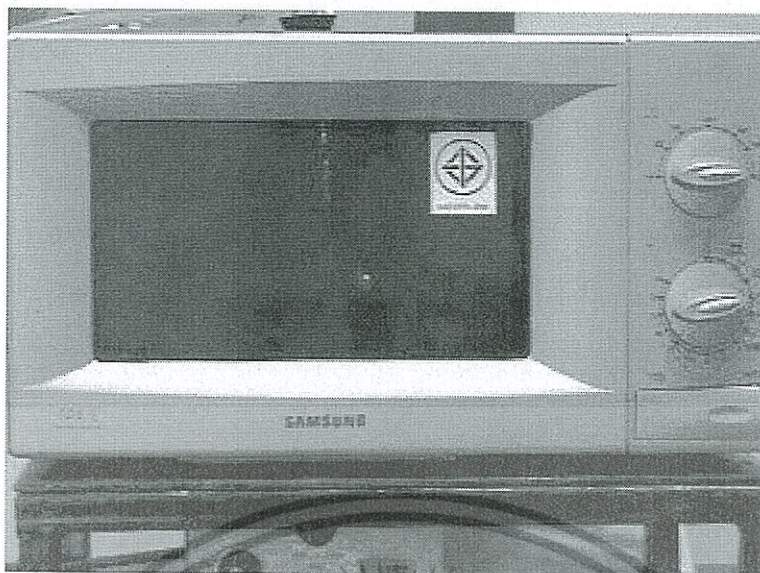


ภาพที่ 3.1 โมเดลเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

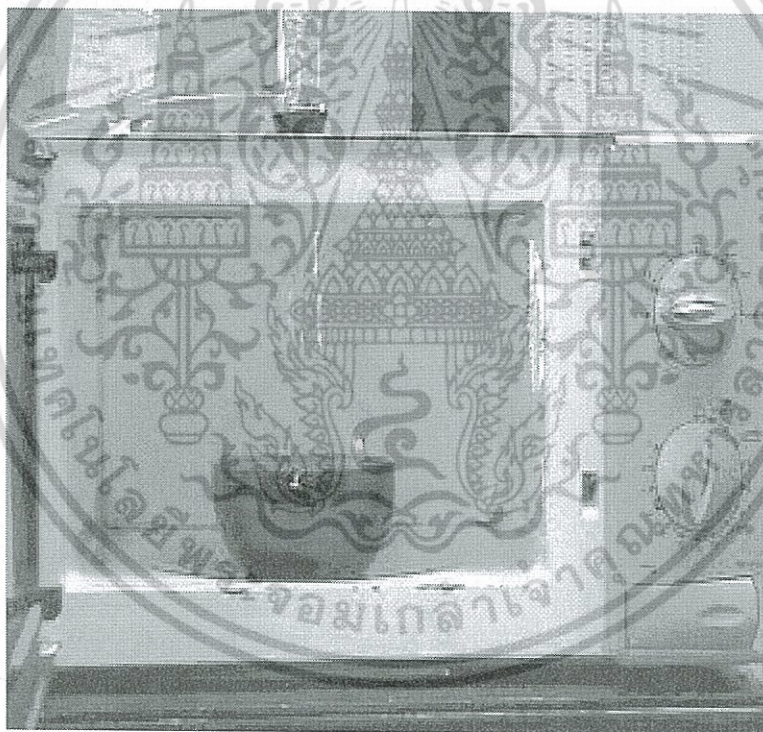


ภาพที่ 3.2 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

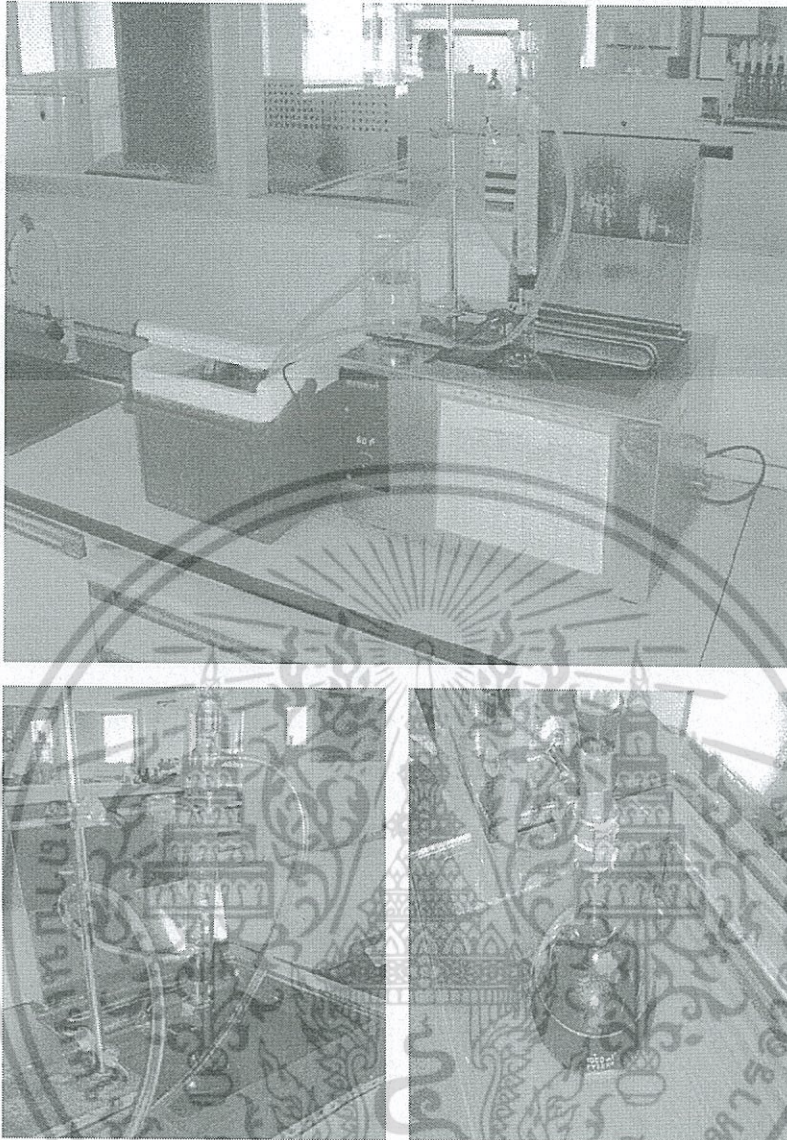


ภาพที่ 3.3 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร



ภาพที่ 3.4 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร

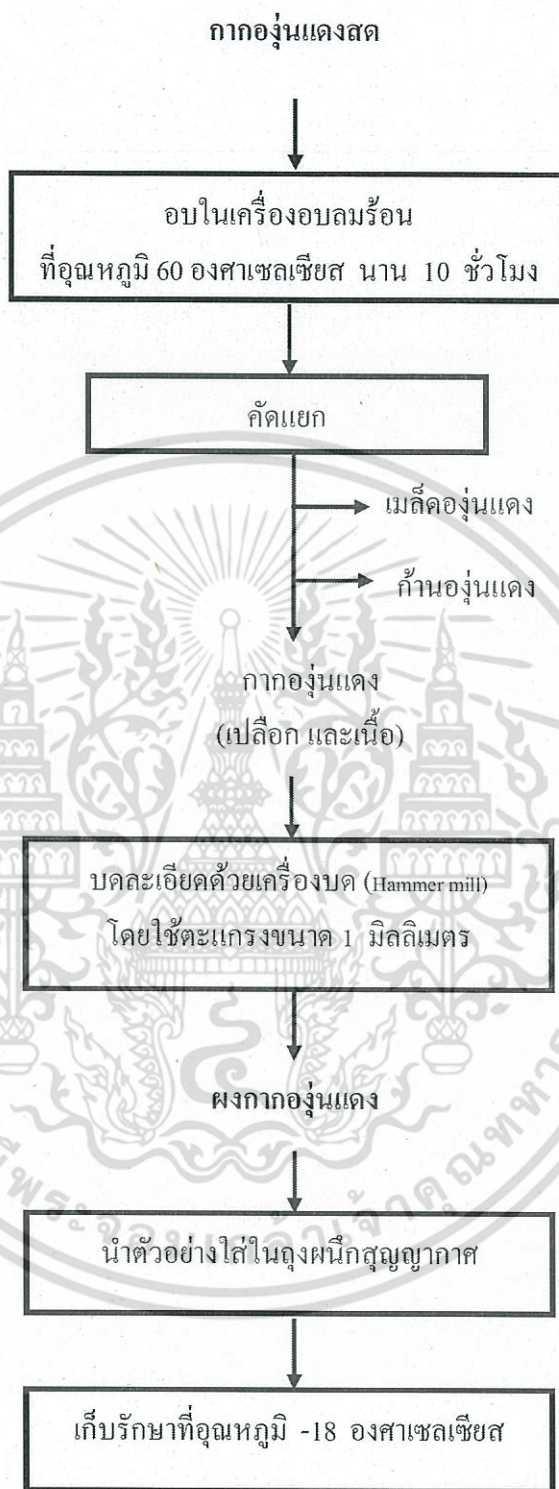
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 สกัดด้วยอย่างควบคุมอุณหภูมิ

3.4.2 การเตรียมตัวอย่าง

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



ภาพที่ 3.6 กระบวนการผลิตผงกากอู๋นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากถั่วแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร

ซึ่งตัวอย่างถั่วแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดด้วยตู้ไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร 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

-การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารสกัดจากถั่วแดง โดยวิธี AOAC (1990)

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

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

-การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากถั่วแดง 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 ที่ใช้ในการสกัดสารสกัดจากถั่วแดง โดยเปรียบเทียบกำลังไฟ ที่ใช้ในการสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดที่ได้จากถั่วแดงที่ผ่านการสกัดที่เวลา และ กำลังไฟ ที่ระดับที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.4 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยไมโครเวฟ , การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร และการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการสกัด ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

ซึ่งตัวอย่างกากองุ่นแดง จำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้น สกัดตามวิธีดังนี้

1. สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร
2. สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ที่เวลาสกัด 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร
3. สกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งตัวอย่างกากองุ่นแดงจำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร ประกอบเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น (condenser tube) เพื่อให้เกิดการควบแน่นของสารระเหย จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เมื่อครบกำหนดเวลา กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง นำสารสกัดไปเหวี่ยงให้ตกตะกอน ด้วยเครื่องเหวี่ยง ด้วยความเร็วรอบในการเหวี่ยง 4,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองอีกครั้ง ด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเปรียบเทียบผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีเครื่องกวนสาร

4.1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดงพันธุ์ป็อกคำ พบว่าการสกัดที่ก่ำลังไฟฟ้า 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)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดจากองุ่นแดง

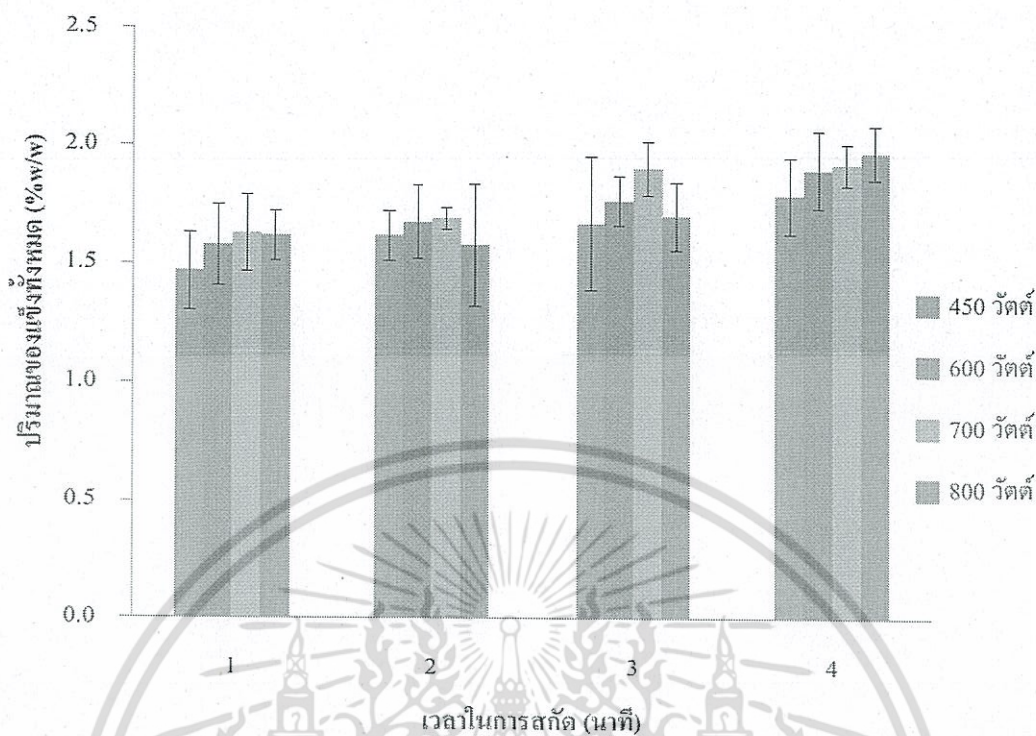
เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	^A 1.47 ± 0.16 ^{ns}	^A 1.58 ± 0.17 ^{ns}	^A 1.63 ± 0.16 ^{ns}	^{AB} 1.62 ± 0.10 ^{ns}
2	^{AB} 1.62 ± 0.11 ^{ns}	^{AB} 1.67 ± 0.15 ^{ns}	^{AB} 1.69 ± 0.04 ^{ns}	^A 1.58 ± 0.26 ^{ns}
3	^{AB} 1.67 ± 0.28 ^{ns}	^{AB} 1.77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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดจากองุ่นแดง

4.1.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดงพบว่า สารสกัดที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาที่ถึง 4 นาที่ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 25.21 – 35.46 mg GAE/g sample โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาที่ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 35.46 mg GAE/g sample (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาเวลาสกัดที่ 1, 2, 3 และ 4 นาที่ ที่ทุกกำลังไฟฟ้า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดง โดยเวลาและกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ทำให้อุณหภูมิสารสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่สกัดได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนทำลายผนังเซลล์พืช และพันธะโควาเลนต์ที่เชื่อมระหว่างสารประกอบโพลีฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพืชจึงปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลจากส่วนที่ไม่ละลายในพืชให้อยู่ในรูปอิสระ (free form) หรืออยู่ในรูปที่ละลายได้ จึงมีผลให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นดังกล่าว (ภาพที่ 4.2) Krishnaswamy *et al.* (2013) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และเวลาสกัด ความเข้มข้นของตัวทำละลาย พบว่า ส่งผลต่อการเอคสารนี้เป็นเอคสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอคสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

เพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด การสกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มของปริมาณสารฟีนอลิกสูงขึ้น (ธีระพงษ์, 2554)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

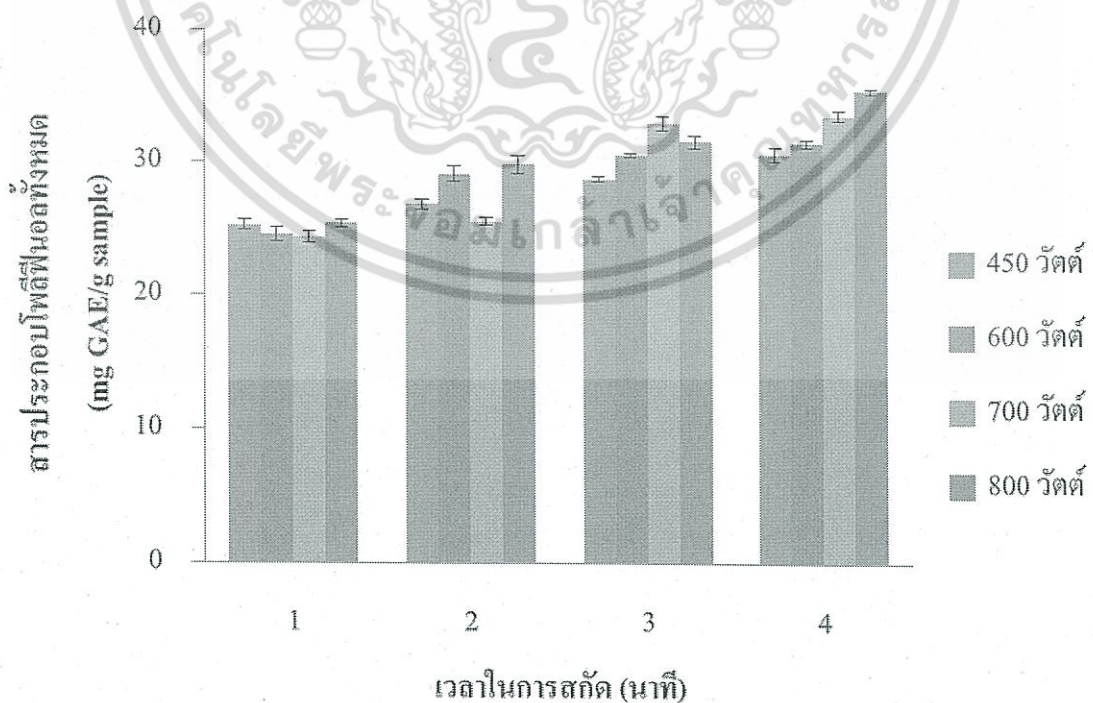
เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	^A 25.21 ± 0.37 ^{bc}	^A 24.53 ± 0.53 ^{ab}	^A 24.33 ± 0.46 ^a	^A 25.39 ± 0.29 ^c
2	^B 26.80 ± 0.35 ^b	^B 29.23 ± 0.56 ^c	^B 25.54 ± 0.32 ^a	^B 29.83 ± 0.66 ^d
3	^C 28.72 ± 0.17 ^a	^C 30.50 ± 0.15 ^b	^C 32.95 ± 0.55 ^d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



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังระบบอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดงพบว่าจากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 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 (ภาพที่ 4.3) และผลของเวลาและที่ กำลังไฟฟ้า ทั้ง 4 ระดับพบว่าผลของเวลาสกัด 1, 2, 3 และ 4 นาทีต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาสกัดที่แตกต่างกันจึงมีผลต่อการสกัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดง โดยพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่วนผลของกำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับที่ระยะเวลาสกัด 2, 3, 4 ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมดเพิ่มขึ้น (แถวที่ 2, 3, 4; ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยูพาพร (2547) พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ของสารสกัดจากองุ่นแดง

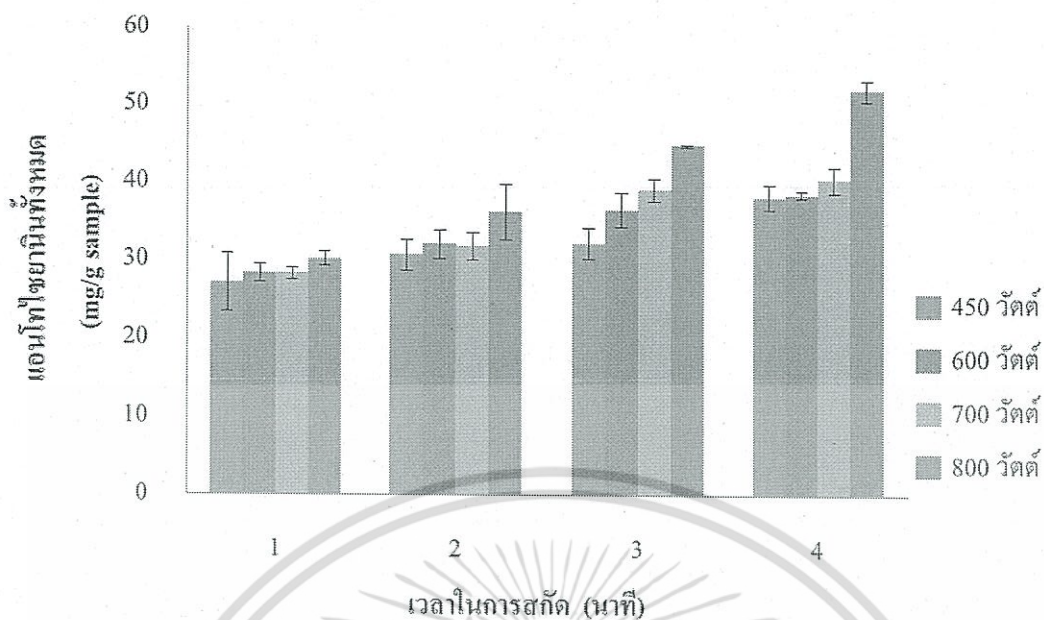
เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	^A 27.04 ± 3.75 ^{ns}	^A 28.29 ± 1.14 ^{ns}	^A 28.25 ± 0.77 ^{ns}	^A 30.12 ± 0.87 ^{ns}
2	^B 30.67 ± 1.96 ^a	^B 31.98 ± 1.82 ^a	^B 31.8 ± 1.78 ^a	^B 36.17 ± 3.85 ^b
3	^B 32.10 ± 1.99 ^a	^C 36.45 ± 2.17 ^b	^C 39.04 ± 1.44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

4.1.4ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง พบว่ากากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) 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 วัตต์ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกากองุ่นแดง โดยพบว่า เมื่อเวลาและกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน เนื่องจากโครงสร้างฟีนอลิกเป็น Benzene ring มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่จึงมีคุณสมบัติมีขั้ว ทำให้สามารถละลายได้ดีในเอทานอล และน้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง สามารถให้ไฮโดรเจนกับอนุมูลอิสระได้ (Crozier *et al.* 2006) ทั้งหมดจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดจากงุ่นแดง

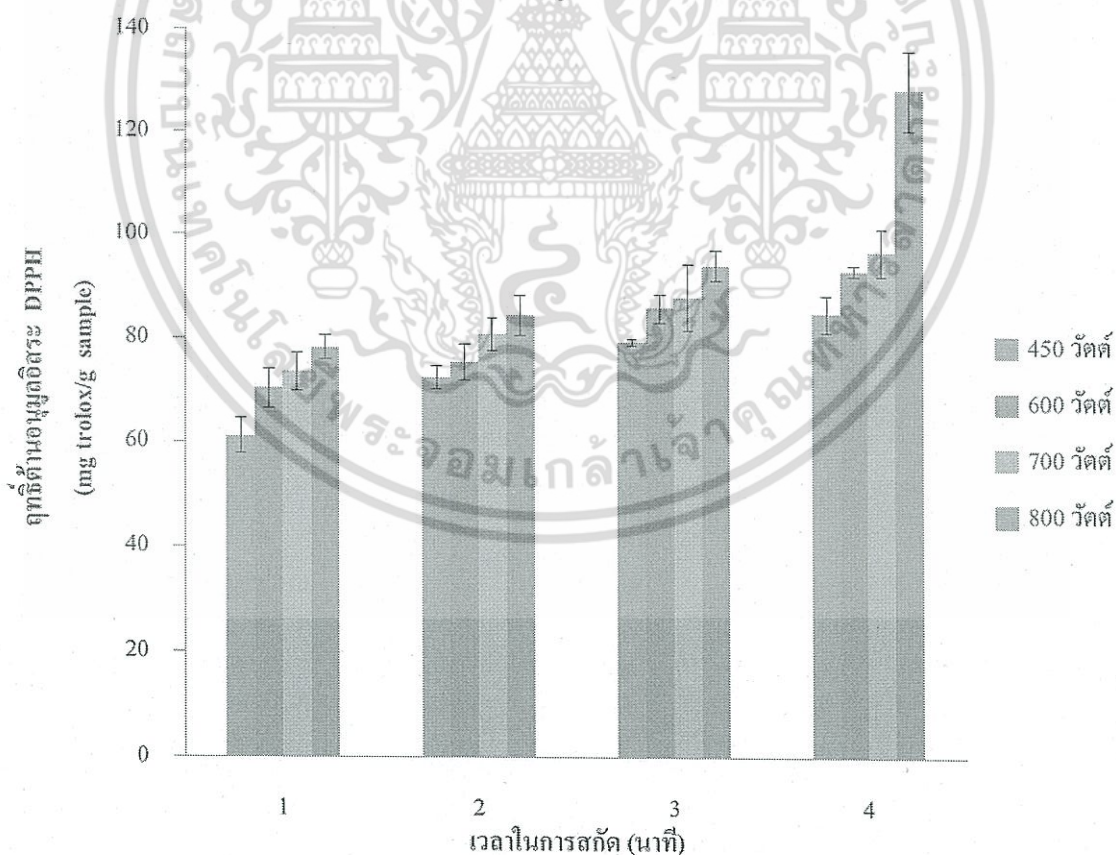
เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	^A 61.18 ±3.32 ^a	^A 70.25±3.77 ^b	^A 73.51±3.77 ^b	^A 78.23±2.27 ^c
2	^B 72.42±2.18 ^a	^A 75.33±3.50 ^a	^B 80.77±3.14 ^b	^A 84.39±3.92 ^b
3	^B 79.32±0.63 ^a	^B 85.85±2.74 ^{ab}	^C 88.02±6.38 ^{bc}	^B 94.19±2.88 ^c
4	^C 84.67±3.50 ^a	^C 93.11±1.09 ^{bc}	^D 96.73±4.53 ^c	^C 128.29±7.72 ^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

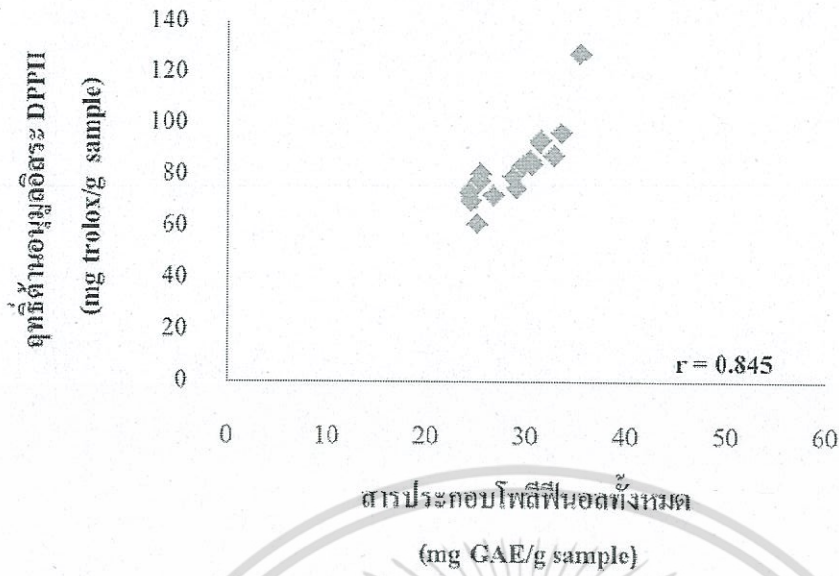


ภาพที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(mg trolox/g sample) ของสารสกัดจากงุ่นแดง

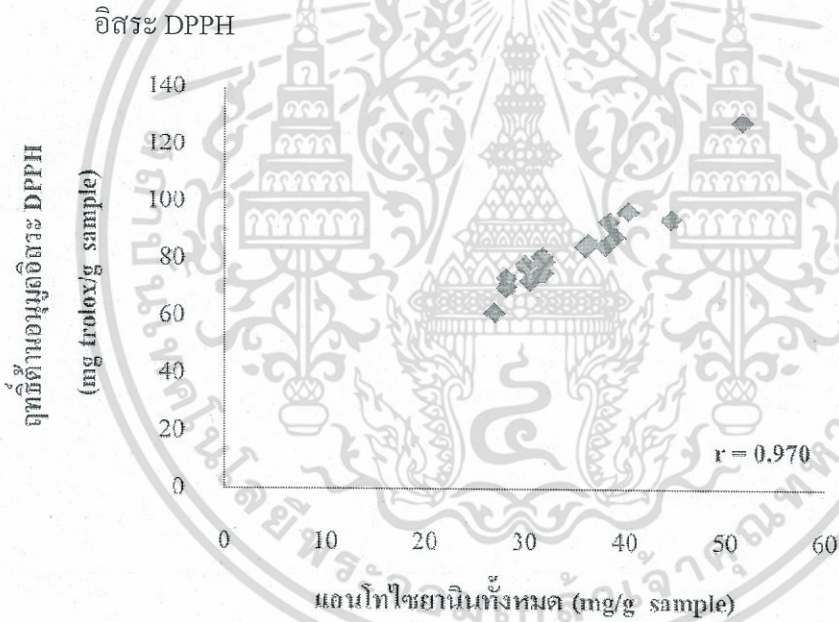
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมด ของสารสกัดจากองุ่นแดง

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความสัมพันธ์เชิงเส้นทางบวกอย่างชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดจากองุ่นแดง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.845 และ 0.970 ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 4.5 และ 4.6) แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากองุ่นแดง แปรผันโดยตรงกับ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง โดยพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shrikhande (2000) และ Saint-Cricq de Gaulejac *et al.* (1999) อ้างโดย ทิพรรัตน์ (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 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luengthanaphol *et al.* (2004) Sudjaroen *et al.* (2005) และ Abdel และ Hameed (2009) อ้างโดย วันแข็ง และดวงฤดี (2011) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่เป็น free radical terminators ที่โครงสร้างหลักประกอบด้วย aromatic ring แทนที่ด้วย hydroxyl group ที่สามารถใช้จับกับอนุมูลอิสระได้ ดังนั้นสารสกัดจากองุ่นแดงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมาก ทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูล



ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแทนนินทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4.1.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเป็นการวัดความสามารถรวมในการรีดิวซ์ โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์ริก Fe³⁺-TPTZ (ferric tripyridyltriazine) เป็นสารทดสอบ อะตอมของเหล็ก ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านออกซิเดชัน ได้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe²⁺-TPTZ ซึ่งมีสีน้ำเงิน ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (Benzie and Strain, 1999) จากผลการวิเคราะห์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก ของสารสกัดจากองุ่นแดง พบว่ากากองุ่นแดงที่นำมาสกัดที่เวลา 1 นาทีถึง 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดที่ 450 วัตต์ถึง 800 วัตต์มีความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 63.70 - 110.71 mg trolox /g sample (ตารางที่ 4.5) โดยพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 800 วัตต์นาน 4 นาที ให้การสกัดที่มีความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก สูงสุดอย่างชัดเจนเท่ากับ 110.71 mg trolox/g sample (ภาพที่ 4.7) โดยผลของทั้งเวลาสกัดที่ 1, 2, 3 และ 4 นาที และกำลังไฟฟ้าที่ 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ต่อความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีผลต่อความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก ของสารสกัดจากองุ่นแดง โดยพบว่า เมื่อเวลา และกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อกเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะกล่าวถึงในตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เพอร์ร็อก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดจากองุ่นแดง

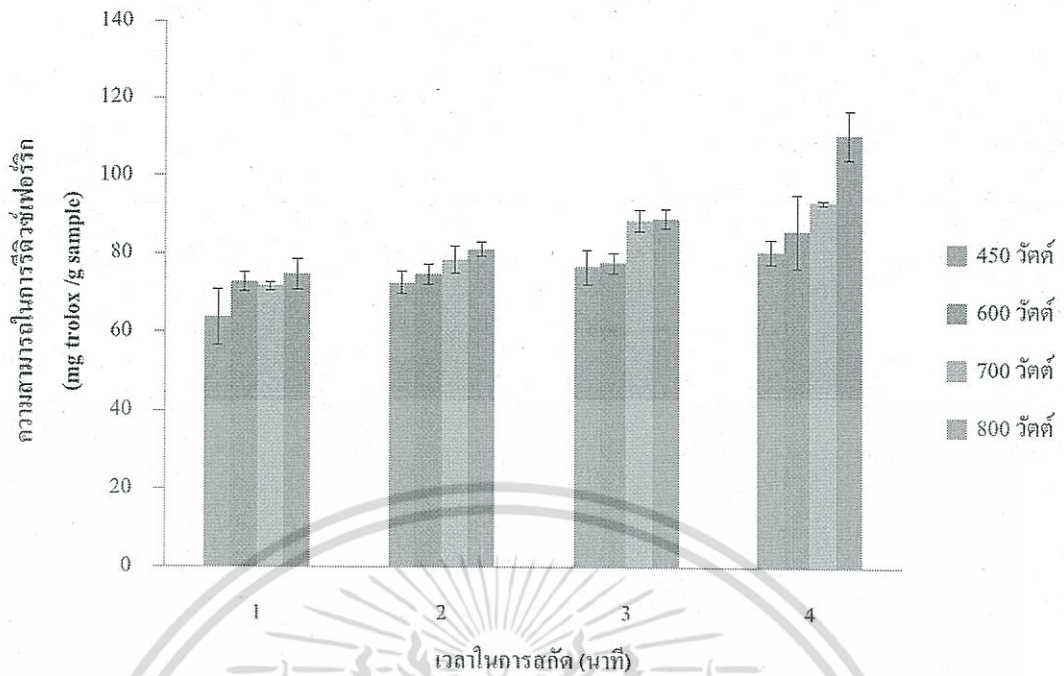
เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (วัตต์)			
	450	600	700	800
1	^A 63.70±7.13 ^a	^A 72.77±2.40 ^b	^A 71.71±1.05 ^b	^A 74.74±3.91 ^b
2	^B 72.62±2.88 ^a	^A 74.74±2.62 ^a	^A 78.52±3.43 ^a	^B 81.09±1.83 ^b
3	^B 76.55±4.47 ^a	^A 77.61±2.62 ^a	^B 88.49±2.62 ^b	^C 89.10±2.52 ^b
4	^C 80.63±3.02 ^a	^B 85.92±9.37 ^b	^B 93.33±0.52 ^c	^D 110.71±6.35 ^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 ($P > 0.05$)

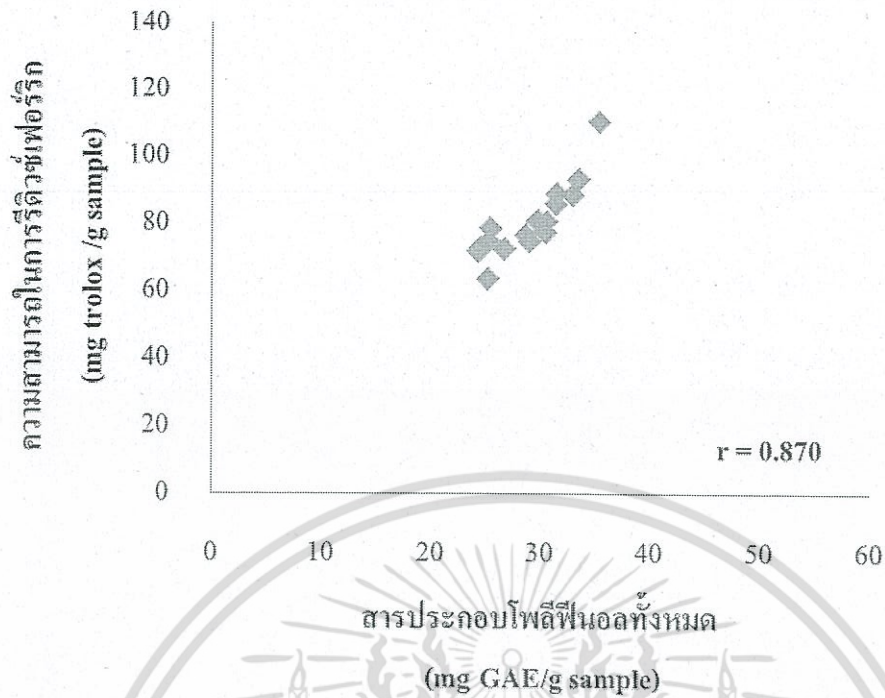
*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



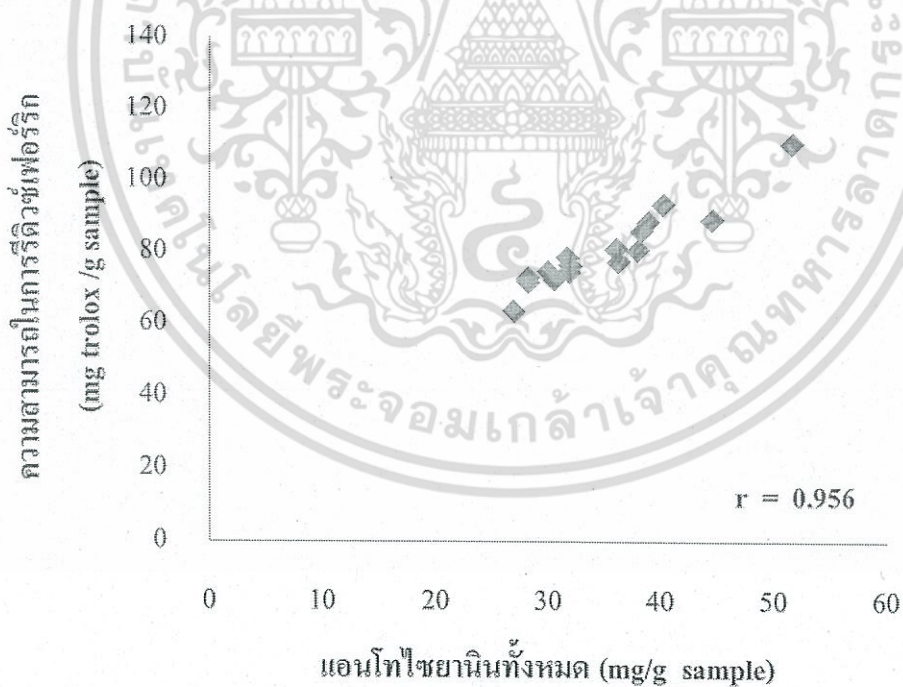
ภาพที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริก (mg trolox/g sample) ของสารสกัดรากองุ่นแดง

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดรากองุ่นแดง

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริก กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริก มีความสัมพันธ์เชิงเส้นทางบวกอย่างชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ของสารสกัดรากองุ่นแดง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.870 และ 0.956 0.980 ตามลำดับ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 4.8 - 4.9) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริกของสารสกัดรากองุ่นแดง แปรผันโดยตรงกับ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยพบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรัริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด



ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

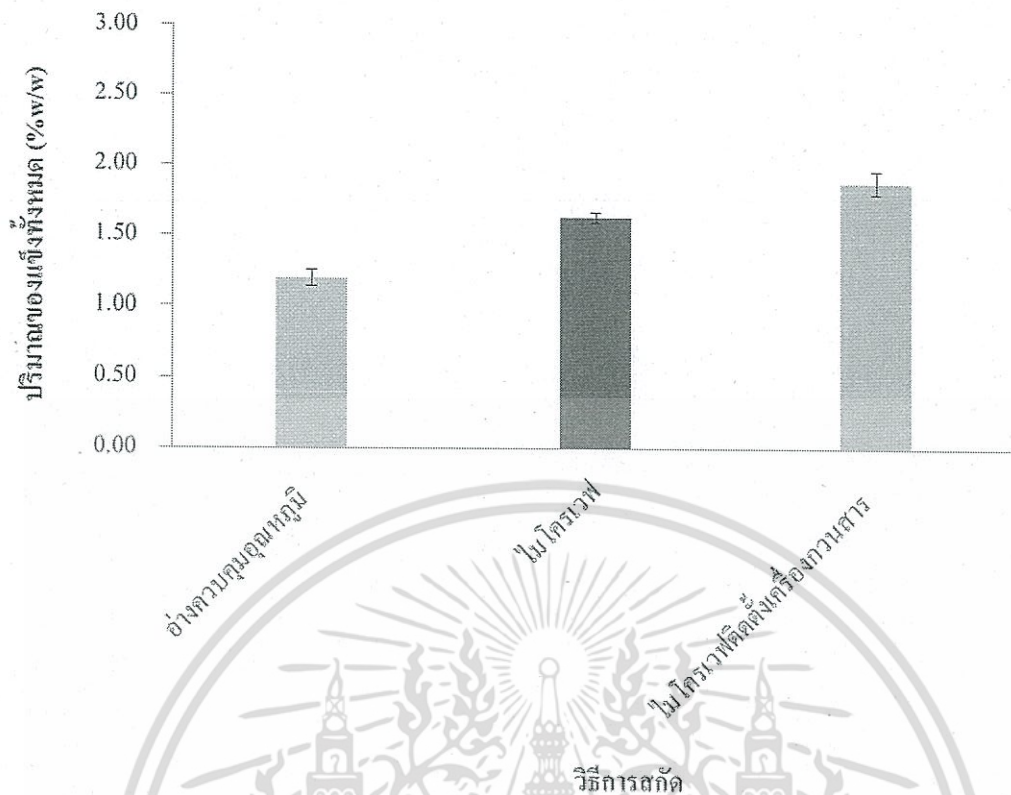
จากการศึกษาผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟที่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารสกัดจากอกุ่นแดงพันธุ์ป๊อคดำ พบว่า เวลาที่ใช้สกัดนาน 4 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ สามารถสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.97 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/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 จึงเลือกสภาวะเวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร โดยการเปรียบเทียบการสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ใช้สภาวะเดียวกันคือ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร และการสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดง โดยใช้วิธี การสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

4.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากอกุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดจากอกุ่นแดงพันธุ์ป๊อคดำ ที่ผ่านการสกัดที่สภาวะเดียวกัน ด้วยวิธีสกัดที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์หาปริมาณโดยเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยใช้ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก) พบว่า การสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.20-1.88 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) (ภาพที่ 4.10) โดยวิธีการสกัดส่งผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดด้วยไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.20 และ 1.63 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องกวนสารทำให้เกิดการกวนคนระหว่างอกุ่นแดงกับเอทานอล 50

เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก) ของสารสกัดกากองุ่นแดง

4.2.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ปักดำที่ผ่านการสกัดที่สภาวะเดียวกัน ด้วยวิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าให้ค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ระหว่าง 25.48-34.69 mg GAE/g sample (ภาพที่ 4.11) การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสารที่สภาวะเวลาสกัด 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 ซึ่งไม่แตกต่างกันกับการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร โดยมีค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 25.48 mg GAE/g sample ผลค่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร นี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับปริมาณของแข็งทั้งหมด กล่าวคือการติดตั้งเครื่องกวนสารทำให้เกิดการกวนคนระหว่างเอกซtrakชันเป็นเอกซtrakชันที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากองุ่นแดงกับตัวทำละลาย (Jayaprakasha *et al.* 2007) ชีระพงษ์ และคณะ (2554) รายงานไว้ว่าการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 40 - 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการใช้เอทานอลบริสุทธิ์ นอกจากนี้ปริมาณ และชนิดของสารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับยีนของพืชและสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก นอกจากนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟ สามารถช่วยลดเวลาในมากกว่า การสกัดด้วยอย่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้เวลาสกัดสารสกัดถึง 60 นาที สอดคล้องกับ Abu-Samra *et al.* (1975) รายงานไว้ว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave-assisted extraction; MAE) ทำให้ประหยัดเงินและเวลามากกว่าวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์แบบดั้งเดิม เพราะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ลดลง และควบคุมการใช้พลังงานจากคลื่นไมโครเวฟได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้พลังงานความร้อนจากเตาให้ความร้อนแบบเดิม ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และสาร resveratrol พบสูงสุดในเมล็ดองุ่นพันธุ์ปอกคำที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 116.40 mg GAE/g DW และ 268.31 ug/g DW ตามลำดับ (ชีระพงษ์ และคณะ; 2554)

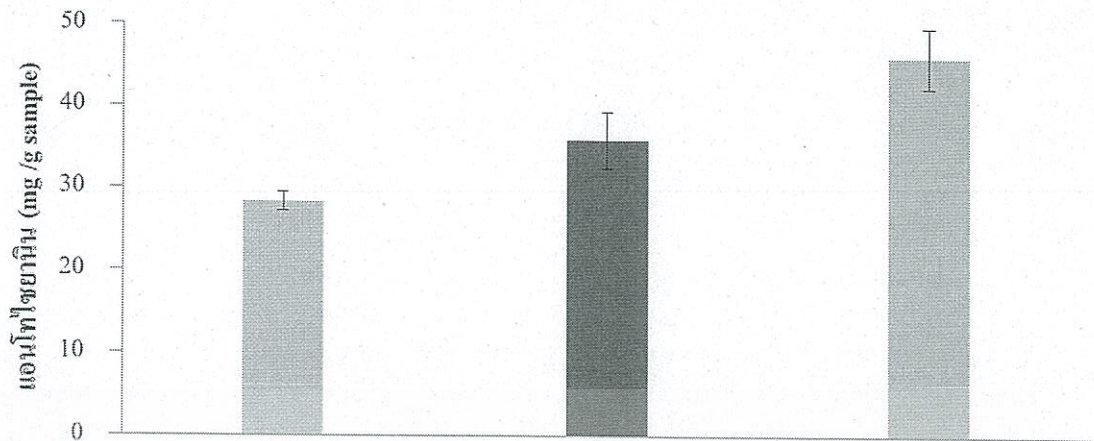


ภาพที่ 4.11 สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample) ที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบในสารสกัดกากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดกากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกันโดยวิธี pH - differential รายงานในหน่วย mg /g sample พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด อยู่ระหว่าง 28.20 - 45.95 mg /g sample (ภาพที่ 4.12) วิธีการสกัดสารสกัดจากกากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) พบว่าการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร สามารถสกัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 45.95 mg /g sample (สรณะ, มปป.) รายงานไว้ว่าการสกัดโดยอาศัยไมโครเวฟเป็นตัวให้ความร้อน (Microwave assisted extraction) ทำให้โมเลกุลของน้ำและองค์ประกอบอื่นๆ ในวัตถุดิบซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีประจุเกิดการเคลื่อนไหวและเสียดสีกัน ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในวัตถุ ความร้อนที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะทำให้สารประกอบในเซลล์พืชเกิดการขยายตัว และทำให้เซลล์แตกสลายในที่สุด เป็นผลให้สารประกอบออกมาจากเซลล์อย่างเป็นอิสระ และจากการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ผงกากองุ่นแดงถูกกวนคน ทำให้พื้นผิวอนุภาคสัมผัสกับตัวทำละลาย (เอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) จึงส่งผลให้ดีต่อการสกัดสารสกัดกากองุ่นแดง รองมาคือ การสกัดด้วยไมโครเวฟ และอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 35.79 และ 28.20 mg /g sample ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Varzakas *et al.* (2005) พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น Santosbuelga และ Scalbert (2000) กล่าวว่า ความแตกต่างของขั้นตอนการสกัดส่งผลต่อปริมาณโพแอนโทไซยานิน Spranger *et al.* (2008) และ Ramchandani *et al.* (2010) พบว่าปริมาณโพแอนโทไซยานินสูง จะส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น



ภาพที่ 4.12 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample) ที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

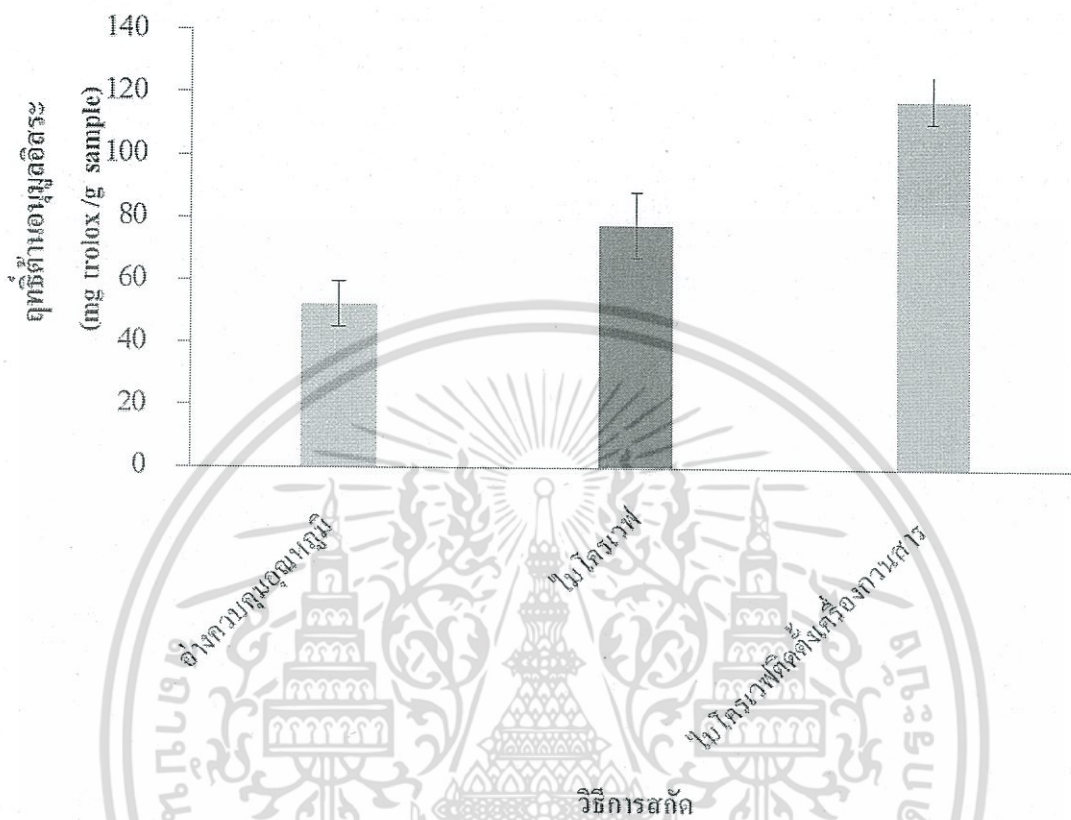
4.2.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์

ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกัน โดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วย mg trolox /g sample โดยใช้กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ (ภาคผนวก ก) พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ระหว่าง 52.48 - 118.14 mg trolox /g sample (ภาพที่ 4.13) วิธีการสกัดสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร 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 *et al.* (2004) ได้กล่าวไว้ว่า quercetin ในเอทานอลมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดีที่สุดเนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนจะทำให้ความสามารถในการให้อะตอมไฮโดรเจนของสารฟีนอลิกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งฟีนอลิกมีฟลาโวนอยด์เป็น สารประกอบซึ่งมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันที่ดี เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของฟลาโวนอยด์สามารถให้อิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไฮโดรเจนแก่ออนุมูลอิสระทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีความคงตัวมากขึ้น จึงช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจึงเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด



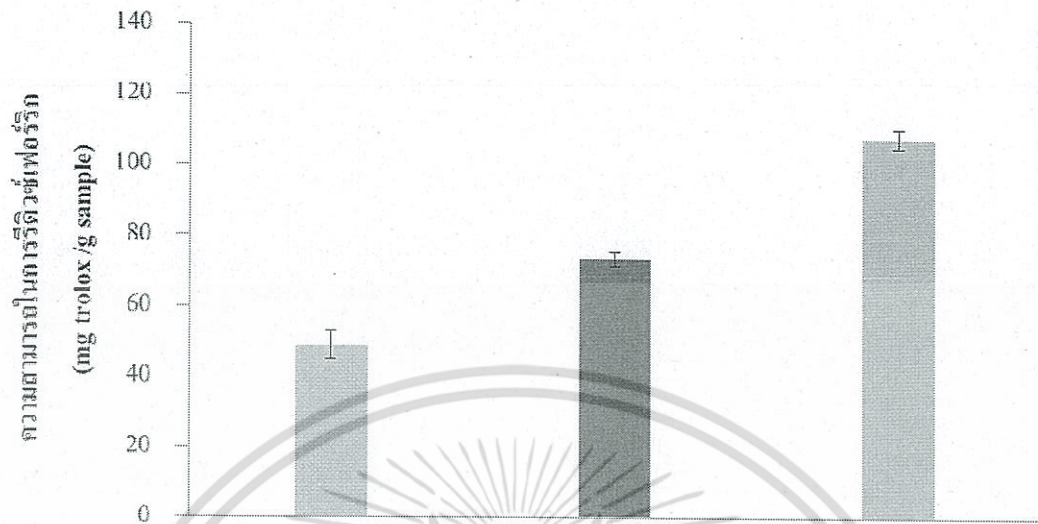
ภาพที่ 4.13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg trolox /g sample) ที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

4.2.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากองุ่นแดงที่วิธีการสกัดแตกต่างกัน โดยรายงานความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในหน่วย mg trolox /g sample โดยใช้กราฟมาตรฐานโทรลอคซ์ (ภาคผนวก จ) พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอยู่ระหว่าง 49.04 - 107.38 mg trolox /g sample (ภาพที่ 4.14) วิธีการสกัดสารสกัดจากองุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ, การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร สามารถสกัดความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 107.38 mg trolox /g sample รองมาคือ การสกัดด้วยไมโครเวฟ และอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 73.53 และ 49.04 mg trolox /g sample ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) สอดคล้องกับ Poudle *et al*, 2008, Xu *et al*, 2010 Katalinic *et al*, 2010 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระในเปลือกองุ่นด้วยวิธี DPPH, FRAP, CAA และ ABTS พบสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบแอน

เอ็กสทรานเป็นเอกลักษณ์เฉพาะที่พบในองุ่นแดง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้องุ่นแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าองุ่นขาว นอกจากนี้ยังพบว่าองุ่นแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าองุ่นขาว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้องุ่นแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าองุ่นขาว อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพขององุ่นแดงจะช่วยให้เข้าใจถึงกลไกการออกฤทธิ์ขององุ่นแดงได้ดียิ่งขึ้น

โทไซยานิน โดยประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระนั้นจะแปรผันตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิก



ภาพที่ 4.14 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร็อกซ์ (mg trolox /g sample) ที่พบในสารสกัดจากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วิธีการสกัด	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%w/w)	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample)	แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /g sample)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH (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
ไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร	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 ($P \leq 0.05$)

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

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดงพันธุ์ปอกดำด้วยเครื่องไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร ที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยมีอุปกรณ์เครื่องกวนสารชนิดแท่งแม่เหล็ก โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของสารสกัดจากอกุ่นแดงคือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากอกุ่นแดง สรุปได้ดังนี้

1. ผลของเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดปริมาณของแข็งทั้งหมด

สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดจากอกุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร โดยชั่งตัวอย่างอกุ่นแดงจำนวน 30 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 770 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดด้วยไมโครเวฟ 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 จึงเลือกสภาวะการสกัดที่ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 4 นาที ที่ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เป็นสภาวะคงที่ โดยการเปรียบเทียบการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกันซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

2. ผลของการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดงที่แตกต่างกัน คือการสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ใช้สภาวะเดียวกันคือ เวลาสกัด 4 นาที กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และปริมาตร 800 มิลลิลิตร และการสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดงด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 800 มิลลิลิตร พบว่าวิธีการที่เหมาะสมต่อการสกัดสารสกัดจากอกุ่นแดง คือ การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.88เปอร์เซ็นต์ (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

บทที่ 6

สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

เครื่องสกัดสารสกัดจากองุ่นแดงพันธุ์ปักกิ่ง ตัดแปลงจากเครื่องไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นหรืออ่างน้ำแข็ง โดยได้มีการใช้อุปกรณ์เครื่องกวนสารเคมีชนิดแท่งแม่เหล็กติดตั้งอยู่ด้านล่าง (ภาคผนวก ข.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- จันทร์สม แก้วอุคร. 2546. การทำให้รำข้าวมีความคงตัวด้วยไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรวัดน์ กัณฑ์เกรียงวงศ์, ภัทรภร ชื่นสดใส, ศิริรัตน์ ใจสมุทร, ชารวิมล วงศ์จิรัง และ ประเวทย์ ดุ้ย เต็มวงศ์. 2549. การสกัดและคุณสมบัติของ Capsicum Oleoresin จากพริกแห้ง ไมโครเวฟสุญญากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 37 (5) : 337-340
- ณัฐวี สิทธิไกรพงษ์. 2550. ประสิทธิภาพในการสกัดคาโปนิน จากเจียวกู่หลาน โดยใช้เทคนิค ไมโครเวฟ และเทคนิคความดันสูงยิ่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 78 หน้า
- ดวงกมล เรือนงาม. 2553. การสกัดสารแอสตาแซนทีนจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชา วิศวกรรมเคมี. กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. 93 หน้า.
- ทิพรรัตน์ หงษ์ภักดิ์ศิริ. 2547. การศึกษาการใช้พืชสมุนไพรและเครื่องเทศเพื่อเสริมกิจกรรมการกำจัด อนุมลอิสระของผลิตภัณฑ์ไวน์ผลไม้เมืองร้อน. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www2.diw.go.th/sura/การหมักไวน์.doc.
- พัชรีย์ พริบดีเวช. 2550. การศึกษาส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. เชียงใหม่ :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พรนภัส ธีสุรพงศ์, ธีรวิทย์ วรพงศ์พัฒน์ และกัญญ์กนก แก้วนาเส็ง. 2555. การสกัดเพคตินจากฝัก สะตอเปล่าด้วยวิธีไมโครเวฟ. ครัง : โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://main.helloproject.in.th/project/abstract/M5.pdf>.
- ธีระพงษ์ ขันทเจริญ. วิทยานิพนธ์. ปริมาณสารฟีนอลิกและสารเรสเวอรอลในเปลือกและเมล็ด องุ่น 4 พันธุ์. 2555. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขา เทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากร โลยิ. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นิธิยา รัตนานพนนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 340 หน้า.
- ปาริษา ทองสุข, ศิริพร เพชรมูล, สุวิมล ประสม, วิรุฑูร บุญไทย และ ปุณทริกา รัตนตรัยวงศ์. 2551. กรรมวิธีการสกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อ ประโยชน์เชิงพาณิชย์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. ปีที่39 (3) : 571-577, กันยายน – ธันวาคม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยูพาพร ผลาจรศักดิ์. 2547. การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากเปลือก
มังคุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. มปป. การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร. เอกสารประกอบกาสอน,
ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16 หน้า.
- รัตนา อินทรปรกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 215 หน้า.
- วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน และ ดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข. 2554.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ปีที่16 (1) : 47-
55.
- วราภรณ์ มงคลสัมฤทธิ์. 2553. การเสริมคุณค่าเกลือทะเลด้วยสารสกัดจากกากองุ่น. วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.
- วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และ พัชรี บุญศิริ. 2542. โปรออกซิแดนซ์อีกโฉมหน้าของ แอนติออกซิ
แดนซ์. วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่53 (3) :196-198, พฤษภาคม-มิถุนายน.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2543. การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร,
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ
อาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ :
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 173 – 195.
- สริตา สังข์ทอง, ปัญญวัฒน์ ปินดาทอง และ ภาณุพงษ์ ใจจูฒิ. 2556. การสกัดสารออกฤทธิ์ทาง
ชีวภาพจากเมล็ดหมาก (*Areca catechu* L.) ด้วยวิธีการสกัดของแข็งด้วยของเหลวโดย
ไมโครเวฟ.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2) : 195-202
- สรณะ สมโน. มปป. การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยคลื่นไมโครเวฟ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
http://www.stri.cmu.ac.th/DB_Article/articleDetail.php?id=13
- สุรศักดิ์ เหมวิมล. 2547. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นข่อยโดยใช้
คลื่นไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

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., Koirtiyohann, 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นับผูกขาดเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. *J. Agricultural and Food Chemistry*. 50: 5832-5836.
- AOAC. 1990. Official 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., Foaen, 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. Structural aspects of anthocyanin-flavonoid complex formation and its role in plant colour. *Phytochemistry*. 20: 297-297.
- Crozier, R.H., Agapow, P-M., 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.
- 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 *Vitis vinifera* grown in Dalmatia (Croatia). *Food Chemistry*. 119: 715–723.
- Kelly, P., Punchard, N. A., Neville P. 1996. *Free Radicals A Practical Approach*. J. Free Radicals. 336 pp.
- Krishnaswamy, K., Orsat, V., Gariépy, Y., 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, 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 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-assisted extraction 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 vinifera* by products. *J. Food Chemistry.* 92: 109-117.
- 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., & Pakhale, S. S. 2010. Evaluation of antioxidant and anti-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 International.* 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.*
- 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 D.R. Heldman. 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.
- 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.
- Xiao, S., Jin, H., Korn, T., Liu, S.M., Oukka, M., Lim, B., and Kuchroo, V.K. 2008. Retinoic acid increases Foxp³⁺ 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 solvent 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.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณของแข็ง

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

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างสารสกัดจากกากอ่อนแดง

อุปกรณ์

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

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างเป็ประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
 5. คำนวณหาปริมาณความชื้น โดยใช้สูตรดังนี้
- $$\text{ปริมาณความชื้น(เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. อบถั่วขอลูมิเนียมพร้อมฝ่าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. ปิดฝ่าแคน นำใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝ่าโถ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักถั่วขอลูมิเนียมพร้อมฝ่า
4. ชั่งตัวอย่างสารสกัดอย่างละ 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถั่วขอลูมิเนียม
5. นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที
6. นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนัก

คงที่

7. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids)

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

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ได้เท่ากับ

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

ดังนั้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 1.3896 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก ข.

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) โดยที่สารประกอบโพลีฟีนอลถูกออกซิไดส์ในสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนทั้งสติก-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 ปิเปตตัวอย่าง 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.การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างเกลือเสริมสารสกัดอ่อน

- 3.1 ปิเปตตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

- 3.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที

3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร 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

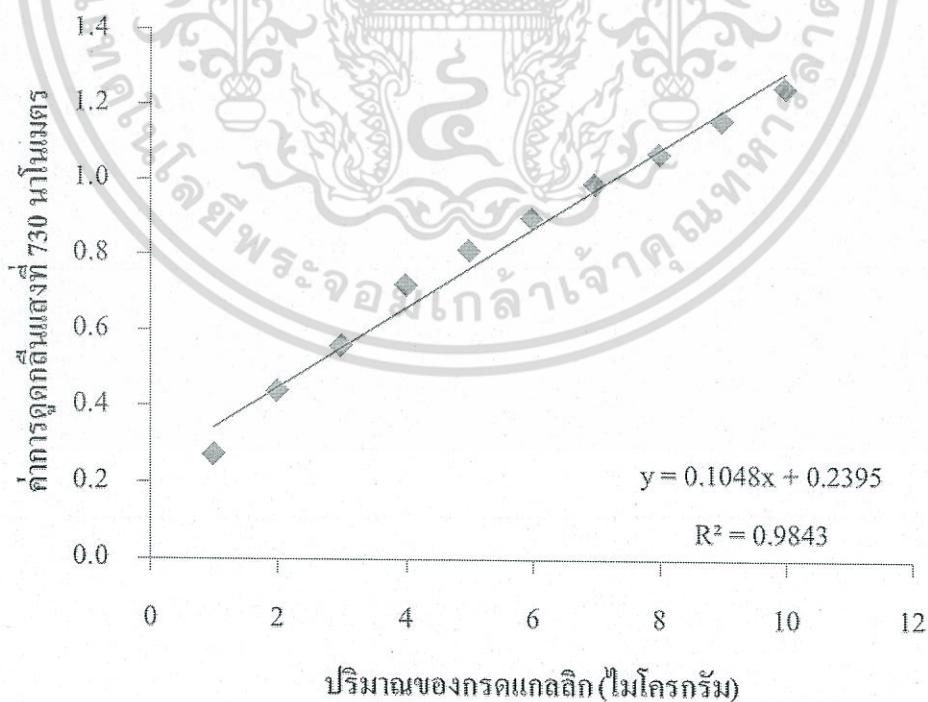
4.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

4.3 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 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วย ไมโครกรัม



ภาพที่ ข 1. กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 จากการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร 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 ตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ในสารละลายตัวอย่าง 1.5 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ 5.22 ไมโครกรัม เพราะฉะนั้น สารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ $(10 \times 5.22) / 1.5$ เท่ากับ 34.76 ไมโครกรัม หรือ 0.0348 มิลลิกรัม 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 $(10 \times 0.0348) / 0.25$ เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม

เนื่องจาก ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากสารสกัดกากองุ่นเข้มข้น 1 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม เช่นเดียวกัน สารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 1.39 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดได้ 770 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ $(770 \times 1.39) / 1$ 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 $(1 \times 1070.75) / 30.0041$ เท่ากับ 35.69 มิลลิกรัม

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differentiate method โดยเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารแอนโทไซยานิน เมื่อแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนฟอร์มของโครงสร้างมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถวัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ maximum wavelength ของสารแอนโทไซยานินที่ต้องการวิเคราะห์ โดยวัดค่าความเปลี่ยนแปลงในการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของสารแอนโทไซยานินที่เปลี่ยนโครงสร้างจาก flavylum 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 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

1.2 โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 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 สแกนหาความยาวคลื่นสูงสุดของตัวอย่างสารสกัดจากองุ่นแดง โดยการเจือจางสารสกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1.0 ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยระดับปริมาณของสารสกัดไม่ควรเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรรวมของสารละลายเจือจาง เพื่อรักษาสถานะของ buffer capacity

2.2 เตรียมสารละลาย 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เจือจางสารสกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (KCl buffer) pH 1.0

ชุดที่ 2 เจือจางด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ buffer) pH 4.5

2.3 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 15 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละชุดตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่นสูงสุดและที่ 700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาโนเมตร เปรียบเทียบ blank ซึ่งใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

ปีเปตสารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้เวลาสกัด 4 นาที ปริมาตร 800 มิลลิลิตร คูดสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มา 0.8 มิลลิลิตร เจือจางให้ได้ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

คำนวณค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกากองุ่นแดง (absorbance, A) ตามสมการดังนี้

$$A = (A_{\text{ความยาวคลื่นสูงสุด}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\text{ความยาวคลื่นสูงสุด}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}} = (0.976 - 0.340) - (0.117 - 0.058) = 0.577$$

นำค่าการดูดกลืนแสงที่คำนวณได้ไปคำนวณความเข้มข้นของแอนโทไซยานินในสารสกัดกากองุ่นแดงโดยคำนวณตามสมการ ดังนี้

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

โดยที่ MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์

DF คือ Dilution factor

ϵ คือ Molar absorptivity ของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์

l คือ ความกว้างของคิวเวต เท่ากับ 1 เซนติเมตร

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = (0.577 \times 449.2 \times 5 \times 100) / (26,900 \times 1) = 4.82 \text{ มิลลิกรัม}$$

จากนั้นคำนวณย้อนกลับหาปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้ต่อ 1 มิลลิลิตร = $(B \times A) / D$

โดยที่ A = ปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้จากสารเจือจาง

B = ปริมาณสารตัวอย่างเจือจาง 10 เปอร์เซ็นต์

D = ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่คูดมาเจือจาง

$$\text{ปริมาณสารแอนโทไซยานินต่อปริมาตร 1 มิลลิลิตร} = (7 \times 4.82) / 0.8$$

$$= 42.1750 \text{ มิลลิกรัม}$$

ถ้าปริมาตรสารสกัดที่ได้เท่ากับ 770 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ

$$(770 \times 42.1750) / 0.8 = 40,593.4375 \text{ มิลลิกรัม}$$

หากใช้ปริมาณกากองุ่นแดงในการสกัด 30.0041 กรัมในการสกัดจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ

$$(40,593.4375 \times 30) / 770 = 1,581.5625 \text{ มิลลิกรัม}$$

ดังนั้นกากองุ่นแดง 1 กรัมจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครโฮจิมินห์ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) โดยมีหลักการคือ เมื่ออนุมูลอิสระตั้งเคราะห์ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีผลทำให้อนุมูลอิสระ DPPH เปลี่ยนเป็นโมเลกุล DPPH เนื่องจากได้รับไฮโดรเจนอะตอมจากสารที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งตรวจวัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

1. สารเคมี

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

1.2 เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานของ DPPH

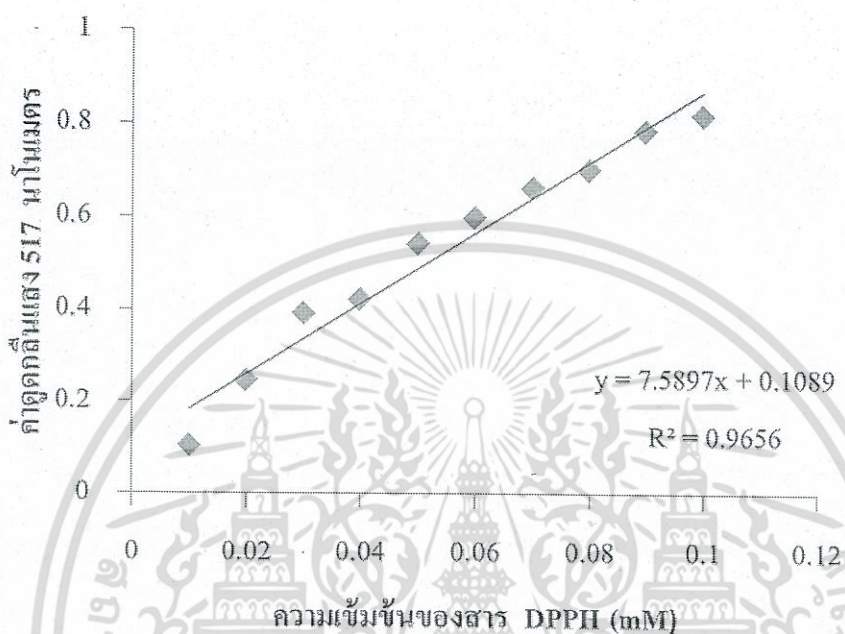
2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มิลลิโมลาร์

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 ด้วยเอทานอล 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 โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน DPPH (มิลลิโมลาร์)



ภาพที่ 1. 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 โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรเป็น 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 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

2.4 เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

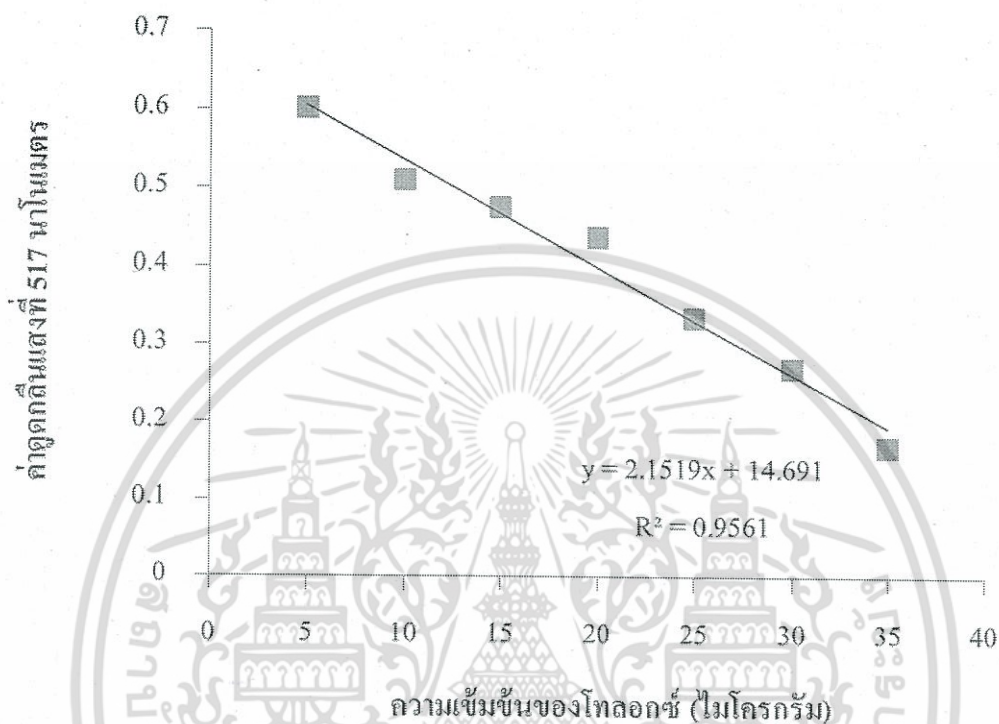
2.5 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่

มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยไมโครกรัม



ภาพที่ 2. กราฟมาตรฐานของสารละลายโทลอกซ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4. การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

4.1 ความเข้มข้นของสารสกัดจากองุ่นแดงที่ใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ (เตรียมจากตัวอย่างสารสกัดจากองุ่นแดงเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยบีบเปิด สารสกัดจากองุ่นแดงเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มา 0.06 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ครบ 1.2 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากันในหลอดทดลอง

4.2 บีบเปิดสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4.8 มิลลิลิตร 4.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที

4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

4.5 คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากองุ่นแดง เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH

ตัวอย่างการคำนวณ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

สารสกัดจากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ(MAE)ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร 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

$$(1 - (\text{ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของตัวอย่าง} / \text{ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของหลอดควบคุม})) \times 100$$

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

$$(1 - (\text{ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของตัวอย่าง} / \text{ค่าความเข้มข้นของ DPPH ของหลอดควบคุม})) \times 100$$

แทนค่าในสมการ $(1 - (0.0447/0.0704)) \times 100$ มีค่าเท่ากับ 36.5168

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

ภาคผนวก ฉ.

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะใช้วิธีที่รายงาน โดย 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 โมลาร์ซึ่งโซเดียมอะซิเตตไทเตรต 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 มิลลิโมลาร์ซึ่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับ ปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.3 สารละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ซึ่ง $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.4 FRAP reagent ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดตั้งที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 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/มิลลิลิตรโดยซึ่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

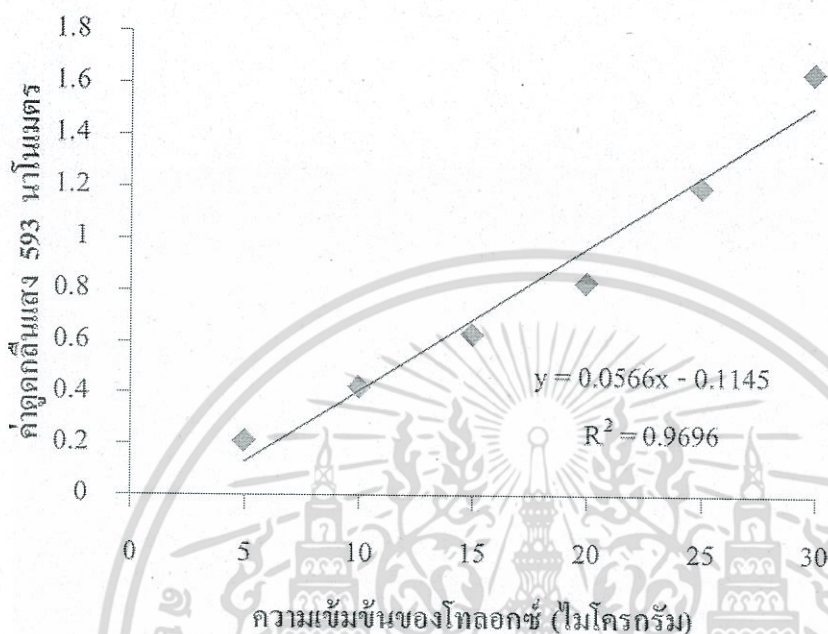
2.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม



ภาพที่ ๑. 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

สารสกัดกากองุ่นแดงที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่สกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) ที่ติดตั้งเครื่องกวนสาร 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$c =$ จุดตัดแกน y

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของ ไทรลอกซ์ต่อกรัม ตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของไทรลอกซ์ หลังจากได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างจาก สมการดังกล่าวแล้ว นำค่า x ที่ได้แทนลงในสมการ

$$0.347 = 0.0566x - 0.1145$$

$$x = 4.1078 \text{ ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์/0.1 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง}$$

แสดงว่า ตัวอย่างสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4.1078 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก $(10 \times 4.1078) / 0.1$ เท่ากับ 4107.7738 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เนื่องจากตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากสารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4107.7738 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เช่นเดียวกัน

สารสกัดกากองุ่นแดงเข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 4107.7738 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น สารสกัดกากองุ่นแดงที่สกัดได้ 770 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก อยู่ $(770 \times 4107.7738) / 1$ เท่ากับ 3162985.87 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์

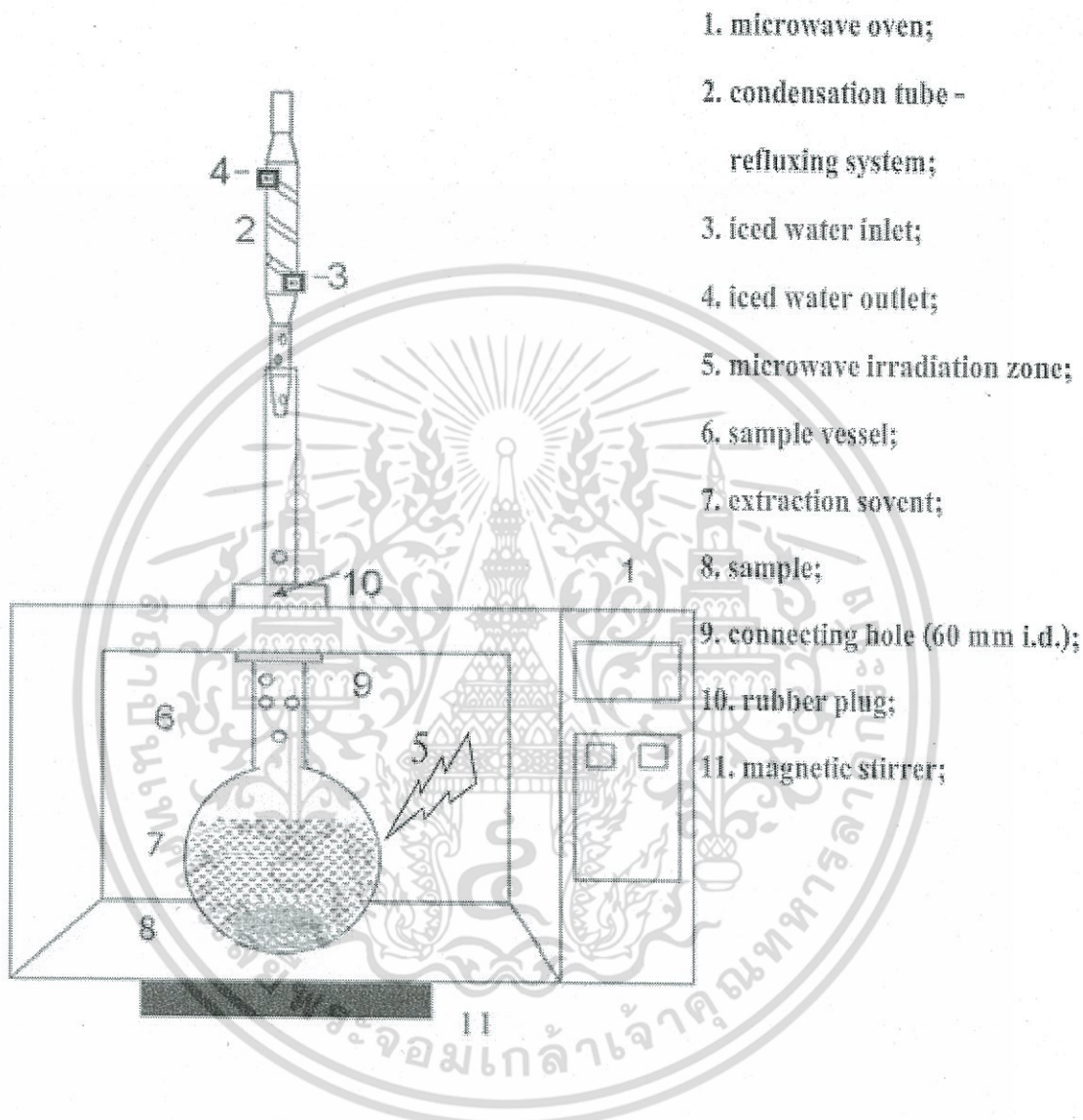
เนื่องจาก ตัวอย่างสารสกัดเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาจากกากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 3162985.87 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เช่นเดียวกัน

กากองุ่นแดงอบแห้ง 30.0041 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เท่ากับ 3162985.87 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น กากองุ่นแดงอบแห้ง 1 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก อยู่ $(1 \times 3162985.87) / 30.0041$ เท่ากับ 105418.5 ไมโครกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์

ดังนั้นกากองุ่นแดงอบแห้ง 1 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกทั้งหมด 105.4184 มิลลิกรัมสมมูลย์ของไทรลอกซ์/1 กรัมตัวอย่าง

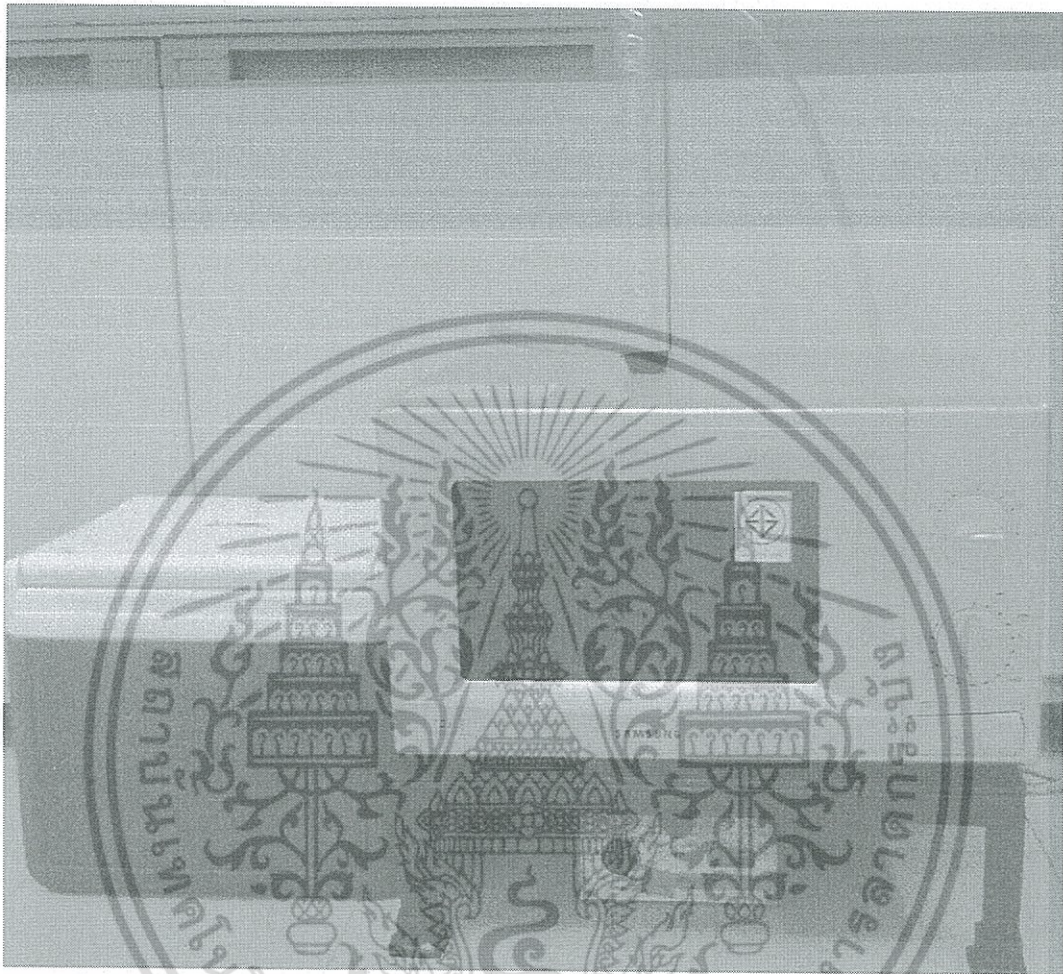
ภาคผนวก ข.

เครื่องสกัดกากองุ่นด้วยเทคนิคไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนผสม



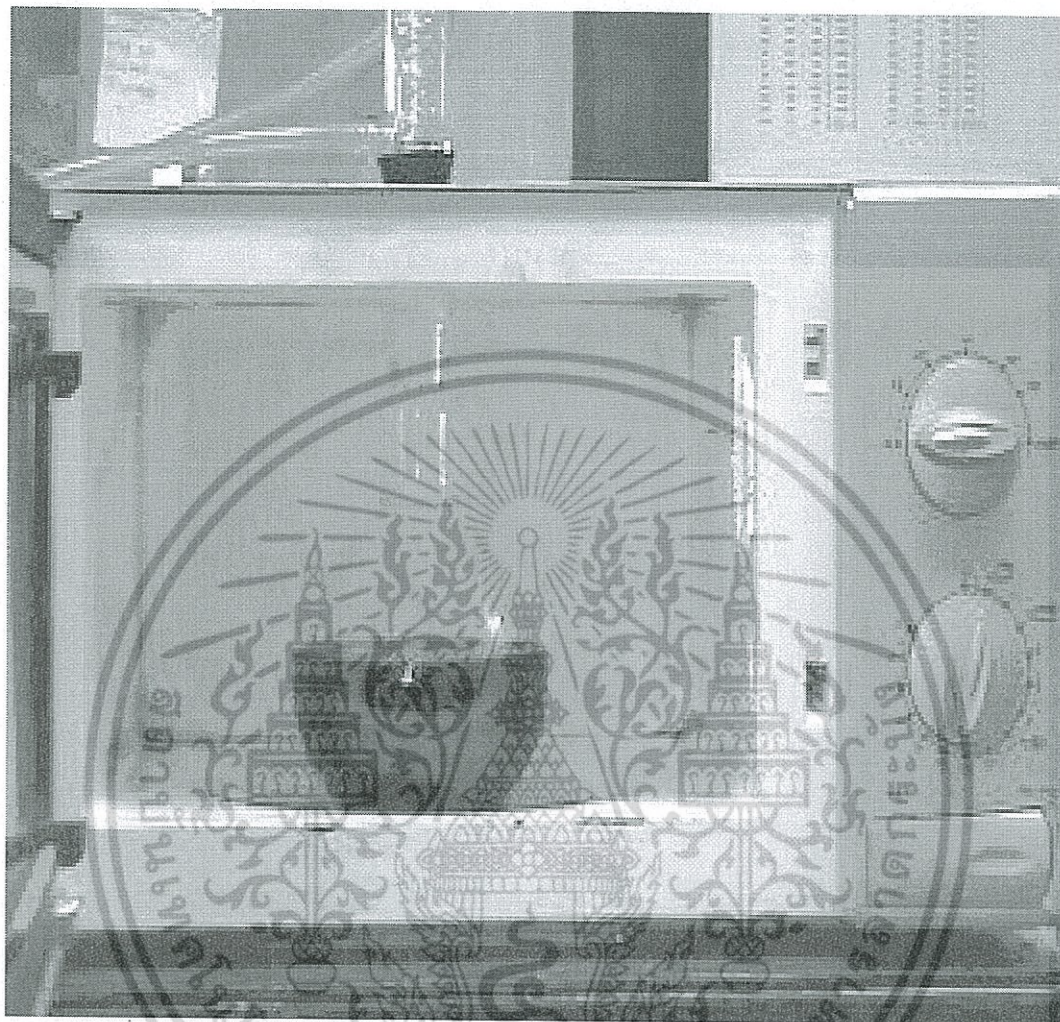
ภาพที่ ข 1. ภาพแสดงลักษณะส่วนประกอบสำคัญต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



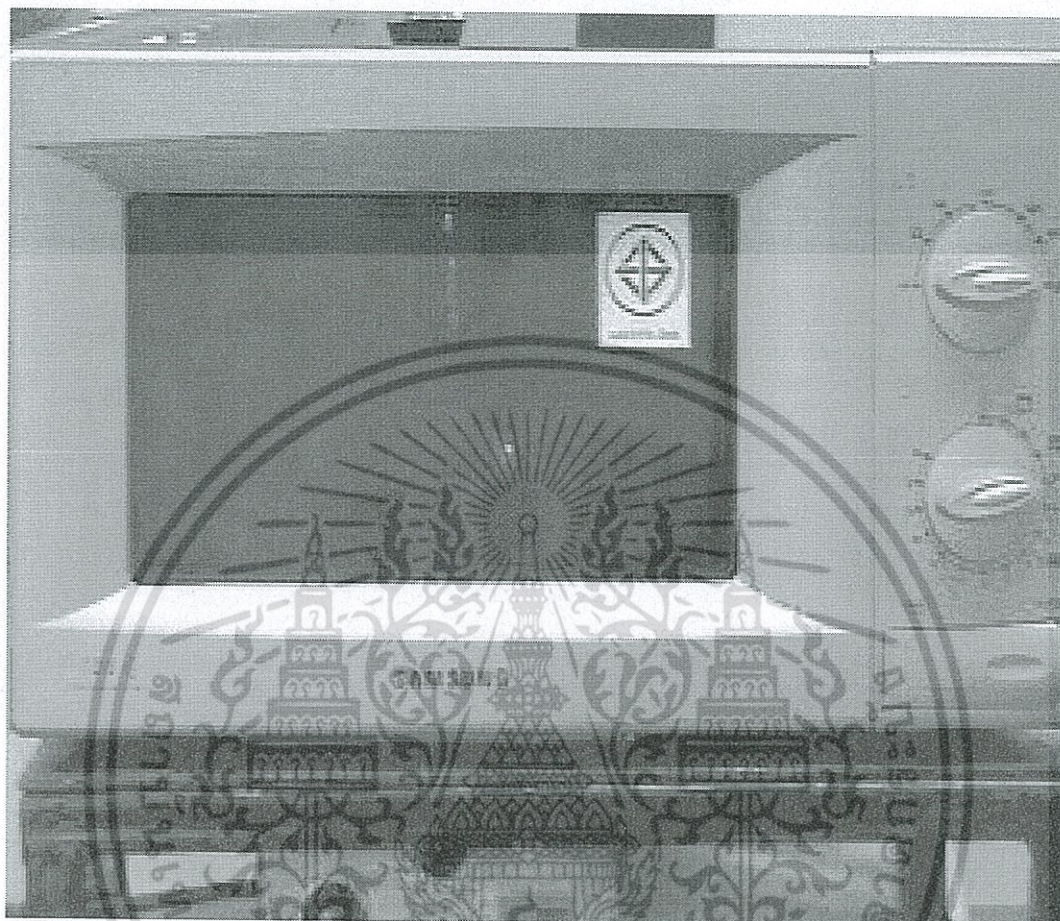
ภาพที่ ช 2. เครื่องสักรัดด้วยไมโครเวฟแสดงอุปกรณ์กวนสารด้วยแท่งแม่เหล็กหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข 3. เครื่องสักรีดด้วยไมโครเวฟแสดงลักษณะการบรรจุสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ช 4. เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสารด้วยแท่งแม่เหล็กขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

1. ค่าจ้างชั่วคราว	7,3120.00	บาท
2. ค่าใช้สอย	11,500.00	บาท
3. ค่าวัสดุ	131,330.00	บาท
รวม	<u>215,950.00</u>	บาท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - นามสกุล นาย กิตติชัย บรรจง
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7
หน่วยงาน คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
M.Sc. (Agricultural and Food Engineering), The Most Outstanding Hizamatsu Prize
Asian Institute of Technology
D.Tech.Sc. (Agricultural and Food Engineering), Asian Institute of Technology

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ Food Process Engineering and Physical Properties of Food Materials

การเสนอผลงานวิชาการ

1. พิสิษฐ์ศักดิ์ วิเศษสุกุล และ กิตติชัย บรรจง. 2556. การคัดแยกถั่วลิสงเพื่อลดปริมาณอฟลาทอกซินด้วยคุณสมบัติความหนาแน่นของเมล็ด. บทความวิจัยฉบับสมบูรณ์การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยายและการจัดนิทรรศการทางวิชาการ ราชภัฏวิชาการเพื่อท้องถิ่น ครั้งที่ 6 ระหว่างวันที่ 14-16 กุมภาพันธ์ 2556 :194-199.
2. ดุษฎี ศรีเจริญ, อพัชชา จินดาประเสริฐ, อติสร เสวตวิวัฒน์ และ กิตติชัย บรรจง. 2554. การศึกษาแหล่งปนเปื้อนของเชื้อราในขั้นตอนการบรรจุนมพลาสเจอไรซ์. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยบูรพา 2554 ระหว่าง 6-7 กรกฎาคม 2554, ณ มหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี : 1-9.
3. มัลลิกา ไชยวุฒิ, กิตติชัย บรรจง, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ อติสร เสวตวิวัฒน์. 2554. ผลของการหมักต่อคุณภาพและการยอมรับของไส้กรอกอีสานจากเนื้อโคพื้นเมืองไทยที่หมักในไส้หมูสดและไส้คอตลาเจน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(3 เล่ม 2): 18-27.
4. กิตติชัย บรรจง และ วราภรณ์ มงคลสัมฤทธิ์. 2553. ผลของอุณหภูมิสกัดและความเข้มข้นของเอธานอลที่มีต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์ต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระของเกลือทะเลเสริมสารสกัดกากองุ่น. ในรายงานการประชุมวิชาการ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 วันที่ 19 มีนาคม 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต, จังหวัดปทุมธานี :PFD01

5. Thiangtham, S. and Banjong, K. 2012. Comparison of ultrasonic and ultrasonic assisted heat extraction for red grape pomace. International conference on food and applied bioscience 6-7 February 2012, Chiangmai, Thailand: P45(150)
6. Thuto, W. and Banjong, K. 2011. A finite element method for study of microwave heat distribution model. The 4th SUT Graduate Conference 2011: 36-46.
7. Yuthanawa, A. and Banjong, K. 2010. Computer software for GMP and HACCP audit report arrangement. King Mongkut's Agro-Industry journal 2 (2): 56-65.
8. Wisetsunthorn, P. and Banjong, K. 2010. Application of Image Processing to Analyse Surface Characteristics of Shrimp during Drying. King Mongkuts Agricultural Journal, 28(2):29-36.
9. Banjong, K. 2008. Application of compression platen method to measure canned rice texture. In proceeding of the international symposium for the strategy on globalization of Asian foods, Mokpo National University, Republic of Korea. May,30th;43-52.(441p.)
10. Banjong, K. 1999. Study on physical properties of bacterial cellulose. In abstract of research in university in Thailand 1997-99, Bangkok, Thailand. p.400 (868p.)
11. Adulprasertsook, S., S. Boonit and K. Banjong. 1994. Water activity measuring instrument for food product. In proceeding of Thailand National Agricultural Machinery Conference on Technology for Agricultural Improvement, Bangkok, Thailand.p.249 (304p.)



T143551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้