การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสเพื่อเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

HYDROLYSIS OF RICE BRAN BY α–AMYLASE FOR INCREASE YIELD OF TOTAL PHENOLICS

แพรพลอย กอชัยศิริกุล
มนทกานต์ ประจวบกลาง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HYDROLYSIS OF RICE BRAN BY α–AMYLASE FOR INCREASE YIELD OF TOTAL PHENOLICS

PAEPLOY KOCHAISIRIKUL
MONTHAKAN PRACHUABKLANG

A SPECIAL PROJECT EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY
DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสเพื่อเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด Hydrolysis of rice bran by α-amylase for increase yield of total phenolics
ชื่อนักศึกษา	นางสาวแพรพลอย กอชัยศิริกุล รหัสนักศึกษา 57050743 นางสาวมนทกานต์ ประจวบกลาง รหัสนักศึกษา 57050748
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิตติ ท่าไว ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา กรรมการ	
ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสเพื่อเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด Hydrolysis of rice bran by α-amylase for increase yield of total phenolics
ชื่อนักศึกษา	นางสาวแพรพลอย กอชัยศิริกุล รหัสนักศึกษา 57050743 นางสาวมนทกานต์ ประจวบกลาง รหัสนักศึกษา 57050748
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม

บทคัดย่อ

รำข้าวเป็นเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว รำข้าวมีองค์ประกอบสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื่องจากรำข้าวมีองค์ประกอบที่เป็นแป้งอยู่เป็นปริมาณมาก ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ และแบบละลายน้ำได้ที่สกัดจากรำข้าว โดยใช้รำข้าวหอมมะลิจากจังหวัดสุพรรณบุรี จากการศึกษาพบว่าสารสกัด Free phenolics มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากสุด เท่ากับ 245.9519 ± 0.8413 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด 539.2632 ± 82.5108 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด 55.4757 ± 3.6263 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด และ 0.5294 ± 0.0308 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ตามลำดับ สารสกัด Soluble conjugate phenolics มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากสุด เท่ากับ 21.2111 ± 0.6667 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด 149.7895 ± 11.0275 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด 4.0518 ± 0.8142 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด และ 0.0929 ± 0.0069 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ตามลำดับ และช่วงระยะเวลาในการสกัด 10-15 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เหมาะสมในการสกัด Free phenolic และ Soluble conjugate phenolic

คำสำคัญ : ฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์, รำข้าว, สารต้านอนุมูลอิสระ, เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Hydrolysis of rice bran by α-amylase for increase yield of total phenolics
Students	Miss Paeploy Kochaisirikul Student ID 57050743
	Miss Monthakan Prachuabklang Student ID 57050748
Degree	Bachelor of Science Biotechnology
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst.Prof.Dr.Duangkamol Ruen-ngam

Abstract

Rice bran is a by-product from milling process. It has important compose of bioactive compounds due to it's high amount of carbohydrate. Therefore, the purpose of this study is to hydrolysis rice bran has an effect on phenolic compounds, flavonoids and antioxidant in free phenolics and soluble conjugate phenolics by α-amylase Material is Hom-Suphanburi rice bran from Suphanburi Province. According to study, effect on the free phenolics has significantly increased the total phenolics, total flavonoids and total FRAP values were 245.9519 ± 0.8413 µg GAE/ml Extract, 539.2632 ± 82.5108 µg QE/ml Extract, 55.4757 ± 3.6263 µg TE/ml Extract and 0.5294 ± 0.0308 mM FES/ml Extract, respectivety. Effect on the soluble conjugate phenolics has significantly increased the total phenolics, total flavonoids and total FRAP values were 21.2111 ± 0.6667 µg GAE/ml Extract, 149.7895 ± 11.0275 µg QE/ml Extract, 4.0518 ± 0.8142 µg TE/ml Extract and 0.0929 ± 0.0069 mM FES/ml Extract, respectivety. The optimum extraction time and temperature in range were 10-15 minutes. and 40^{o}C of Free phenolic and Soluble phenolic conjugate

Keywords : alpha amylase, antioxidant activity, flavonoids, phenolic compounds, rice bran

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จิตติ ท่าไว ประธานกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างพิเศษ และ ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างพิเศษ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะและแนวทางแก้ไขจนการทำเล่มโครงร่างพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ให้คำปรึกษา แนะนำการใช้เครื่องมือ และคอยให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำโครงงานพิเศษ

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวที่สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ จนสามารถสำเร็จได้ตามที่คาดหวัง

แพรพลอย กอชัยศิริกุล
มนทกานต์ ประจวบกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 รำข้าว 3
2.1.1 องค์ประกอบของรำข้าว 3
2.1.2 ประโยขน์ของรำข้าว 4
2.2 เอนไซม์ 4
2.2.1 นิยามของเอนไซม์ 4
2.2.2 ชนิดของเอนไซม์ 5
2.2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยแป้ง 7
2.2.4 ชนิดของเอนไซม์อะไมเลส 8
2.3 ฟีนอลิก 10
2.4 ฟลาโวนอยด์ 12
2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ 13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 19
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 19
3.1.1 วัสดุ 19
3.1.2 อุปกรณ์ 19
3.1.3 สารเคมี 19
3.2 แผนผังการทดลอง 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.3.1 การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์ 22
3.3.2 สกัดสาร Free phenolics 22
3.3.3 สกัดสาร Soluble conjugate phenolics 22
3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณ Phenolics ทั้งหมด 22
3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณ Flavonoids ทั้งหมด 23
3.3.6 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 23
3.3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 23
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 24
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 24
4.1.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Free phenolics 24
4.1.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Soluble conjugate phenolics 25
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 29
4.2.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Free phenolics 29
4.2.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Soluble conjugate phenolics 32
4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 35
4.3.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก) 35
4.3.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Soluble conjugate phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก) 38
4.3.3 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต) 41
4.3.4 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Soluble conjugate phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต) 44
4.4 อภิปรายผล 47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 48
5.1 สรุปผลการวิจัย 48
5.2 ข้อเสนอแนะ 49
เอกสารอ้างอิง 50
ภาคผนวก 55
ภาคผนวก ก 56
ภาคผนวก ข 68
ภาคผนวก ค 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แหล่งธัญพืชที่พบและประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระ..... 14

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15

4.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Free phenolic ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส..... 25

4.2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส..... 28

4.3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Free phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส..... 31

4.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส..... 34

4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)..... 37

4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)..... 40

4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)..... 43

4.8 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของรำข้าว 3

2.2 สมมติฐานแม่กุญแจลูกกุญแจ (The lock and key) 5

2.3 โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน 7

2.4 โครงสร้างของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase) 8

2.5 โครงสร้างของเอนไซม์เบต้าอะไมเลส (β- Amylase) 9

2.6 โครงสร้างของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase) 9

2.7 โครงสร้างของเอนไซม์เอนไซม์พูลลูลาเนส (Pullulanase) 10

2.8 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก 11

2.9 โครงสร้าง Butylated hydroxylanisole 11

2.10 โครงสร้าง Butylated hydroxytoluene 12

2.11 ตัวอย่างของกลุ่มฟลาโวนอยด์ 13

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 25

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 29

4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 32

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 35

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก) 38

4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก) 41

4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต) 44

4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต) 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รำข้าว เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวจะได้ประมาณร้อยละ 8-10 ของน้ำหนักข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับการขัดสีมากหรือน้อย ซึ่งรำข้าวประกอบด้วยชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และคัพภะ เป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ (bran) ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้องและรำละเอียด (polish) ได้จากการขัดขาวและขัดมัน (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว) องค์ประกอบหลักของรำข้าวมีดังนี้ แป้ง 41.11%, เส้นใยดิบ 24.65%, โปรตีน 14.28%, ความชื้น 9.5%, และเถ้า 9.13% ฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติและพบได้ 3 ลักษณะ คือ แบบอิสระ (Free from), แบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate from) และแบบละลายน้ำไม่ได้ (Insoluble bond from) (Liu และคณะ, 2017)

เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-amylase) เป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง ที่นิยมใช้มักผลิตจากแบคทีเรียมีพีเอชเหมาะสมต่อการทำงานอยู่ระหว่าง 6.0-6.5 บางชนิดทนอุณหภูมิสูง เช่น Termamyl ผลิตโดย *Bacillus licheniformis* ทนอุณหภูมิได้ที่ 95 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเป็นอัลฟาอะไมเลสจากเชื้อรา เช่น *Aspergillus niger* ทำงานดีที่พีเอช 5.5 และอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส (อรัญ, 2555) จึงสนใจใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส เนื่องจากเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสสามารถทนอุณหภูมิได้สูงอีกทั้งยังย่อยแป้ง(Myat และ Ryu, 2014) ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุลเล็กลงเกิดเป็นน้ำตาลมอลโทส กลูโคส และเด็กซ์ทริน และสามารถย่อยผนังเซลล์ของรำข้าว (Liu และคณะ, 2017) เพื่อให้ได้ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics) โดยแปรรูปรำข้าวผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสนำมาบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิก่อนนำไปสกัดสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics) ที่สกัดจากรำข้าว
2. ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics) ที่สกัดจากรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาผลของเวลาที่มีผลต่อต่อปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics) ที่สกัดจากรำข้าว

4. ศึกษาผลของเวลาที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics) ที่สกัดจากรำข้าว

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. รำข้าวหอมมะลิจากจังหวัดสุพรรณบุรี

2. รำข้าวย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase 1 มิลลิลิตร (40,000 ยูนิตต่อมิลลิลิตร) จากบริษัท รีช ไบโอเทคโนโลยี จำกัด แช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิบ่มที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

3. วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu colorimetric

4. วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Colorimetric method

5. วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสในการย่อยรำข้าวเพื่อให้ได้ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในสารสกัดฟีนอลิกแบบอิสระ (Free phenolics) และแบบละลายน้ำได้ (Soluble conjugate phenolics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

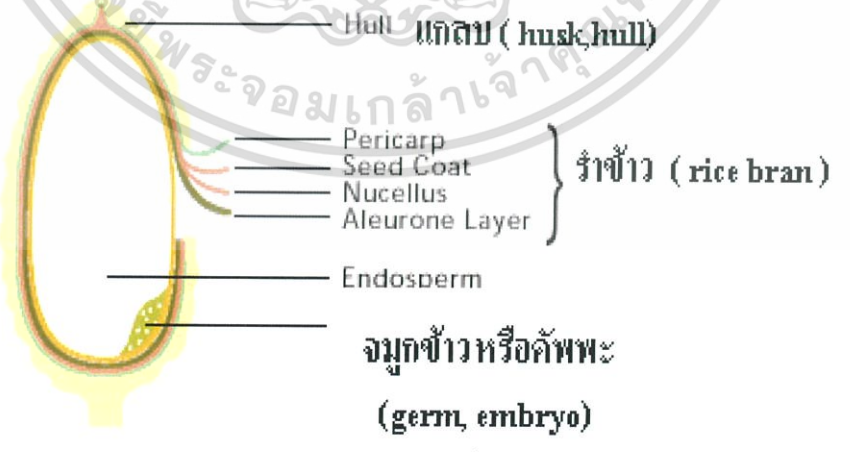
2.1 รำข้าว

รำข้าว เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งจะได้ประมาณร้อยละ 8-10 ของน้ำหนักข้าวเปลือก ขึ้นอยู่กับการขัดสีมากหรือน้อย และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร โปรตีน และวิตามิน มีสารป้องกันการออกซิไดส์หลายชนิด ในประเทศไทยสามารถสกัดน้ำมันได้เฉลี่ยร้อยละ 15 มาสกัดเป็นน้ำมันรำข้าว น้ำมันรำข้าวได้จากการนำรำข้าวที่ได้จากการสีข้าวครั้งที่ 2 (ครั้งแรกเป็นการสีแกลบออก) โดยน้ำมันนี้มีสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

2.1.1 องค์ประกอบของรำข้าว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว)

ส่วนที่ได้จากการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ซึ่งประกอบด้วยชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และคัพภะเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้จากกระบวนการสีข้าว โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ (bran) ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด (polish) ได้จากการขัดขาวและขัดมัน นอกจากนี้รำข้าวยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามิน และเกลือแร่ มีงานวิจัยที่ยืนยันว่าสารอาหารในรำข้าวมีประสิทธิภาพในการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้โดยเฉพาะไขมันชนิดไม่ดี (LDL) ลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และมีฤทธิ์เป็นสารต้านมะเร็ง

องค์ประกอบหลักของรำข้าวมีดังนี้ ความชื้น 9.5% , แป้ง 41.11%, โปรตีน 14.28%, เส้นใยดิบ (Crude fiber) 24.65% และเถ้า 9.13% (Lei Liu และคณะ, 2017)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรำข้าว
(ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ประโยชน์ของรำข้าว (ผดุงขวัญ, 2548)

รำข้าวและจมูกข้าว เป็นแหล่งรวมของวิตามินและเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งผ่านกระบวนการสกัดและผลิตอย่างมีมาตรฐาน จะสามารถจำแนกสารสำคัญจากรำข้าวและจมูกรำข้าวได้ดังต่อไปนี้ วิตามินอีธรรมชาติ (Tocopherol และ Tocotrienol) ช่วยให้ผิวยืดหยุ่น เต่งตึง ลดจุดด่างดำ ลดริ้วรอย ทั้งยังเป็นสารต่อต้านสารอนุมูลอิสระ สรรพคุณและประโยชน์ของรำข้าวยังสามารถช่วยป้องกันโรคต่างๆได้มากมาย

โรคมะเร็ง หากได้รับปริมาณสารอาหารจากน้ำมันรำข้าวเข้มข้นถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ในร่างกายจะช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ถึง 62 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในน้ำมันรำข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระ

โรคอัลไซเมอร์ ช่วยบำรุงประสาท ช่วยให้ความจำดีขึ้น

โรคความดันโลหิตสูง มีฮอร์โมนที่ช่วยลดอัตราการบีบตัวของเส้นเลือด ช่วยให้ลิ่มเลือดสลายตัว

โรคความดันโลหิตสูง มีฮอร์โมนที่ช่วยลดอัตราการบีบตัวของเส้นเลือด ช่วยให้ลิ่มเลือดสลายตัว และช่วยให้หัวใจทำงานได้ดีขึ้น

โรคเบาหวาน มีธาตุโครเมียม ทำหน้าที่เกาะจับอินซูลิน ช่วยให้ระดับอินซูลินคงตัวได้นานขึ้น น้ำตาลในเลือดลดลง

แกมมาโอริซานอล (Gamma-Oryzanol) เข้มข้นจากน้ำมันรำข้าวเมื่อผ่านกระบวนการพิเศษจะให้คุณค่าจากสารต้านอนุมูลอิสระ ปกป้องผิว ช่วยให้ผิวชุ่มชื่น ต้านการอักเสบ ลดคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ทั้งยังปกป้องและลดการตีบตันของหลอดเลือด

กลุ่มสารฟอสโฟลิปิด เช่น Lecithin, Cephalin, Lysoleccithin ช่วยสร้างและซ่อมแซมเซลล์ผิวและเซลล์ประสาทสมอง ต้านอนุมูลอิสระและช่วยเสริมความจำ

กลุ่มซาราไมด์ ช่วยให้ผิวสดใส ปรับสมดุลฮอร์โมน

วิตามินบี-คอมเพล็กซ์ (Vitamin B Complex) ช่วยในเรื่องบำรุงประสาท เหน็บชา ช่วยระบบเมตาบอลิซึม

แร่ธาตุแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส สังกะสี ช่วยเพิ่มพลังงาน เพิ่มการเผาผลาญ เสริมสร้างการเจริญเติบโตของสมอง และยังเพิ่มการทำงานของระบบฮอร์โมน

โค เอ็มไซม์ คิว เท็น (Q-enzyme Q10)ช่วยต่อต้านสารอนุมูลอิสระ ลดรอยจุดด่างดำ ชะลอความเสื่อมของเซลล์

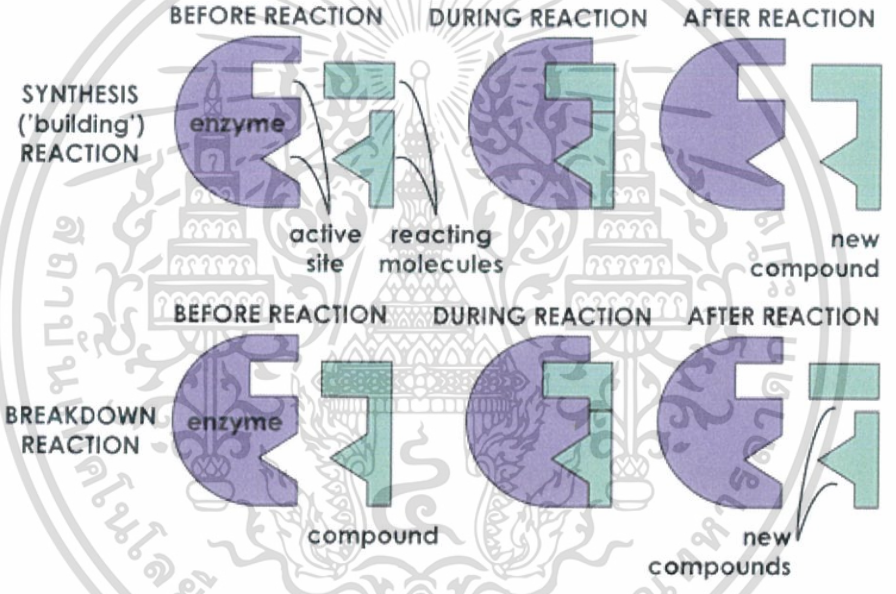
2.2 เอนไซม์ (Enzyme)

2.2.1 นิยามของเอนไซม์ (จิตติมา, 2553)

เอนไซม์ (Enyme) เป็นกลุ่มของโปรตีนที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีนอื่นๆ ทั่วไป กล่าวคือ มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในเซลล์ และระบบการย่อยอาหาร เป็นต้น

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โดยเอนไซม์จะมีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาที่เรียกว่า “ซับสเตรต” (Substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น ตลอดทั้งเอนไซม์จะเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาได้ โดยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเริ่มขึ้นจากเอนไซม์จะเข้ายึดกับโมเลกุลของสารตั้งต้นและมีการทำหน้าที่ตามแต่ชนิดของเอนไซม์ พอหลังจากปฏิกิริยาเสร็จสิ้นลงจะได้เอนไซม์ในรูปเดิมกลับมา โดยมีทฤษฎีที่ใช้อธิบายความจำเพาะและประสิทธิภาพของเอนไซม์ “สมมติฐานแม่กุญแจลูกกุญแจ (The lock and key)” เสนอโดย Emil Fischer กล่าวว่า การที่เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรตนั้น เนื่องมาจากทั้งโมเลกุลของเอนไซม์จะมีโครงรูปบริเวณที่เฉพาะเจาะจงกับสับสเตรตซึ่งทำให้สับสเตรตเข้ามาสวมได้พอดี เปรียบได้กับความพอดีของลูกกุญจับแม่กุญแจ แสดงถึงสภาพแข็งแกร่งของบริเวณเร่งของเอนไซม์ นั่นคือ โครงสร้างของทั้งสับสเตรตและเอนไซม์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ได้



รูปที่ 2.2 สมมติฐานแม่กุญแจลูกกุญแจ (The lock and key)
(ที่มาhttp://www.hi.com.au/.../heinemannfiles/586/3f3_4s.gif)

2.2.2 ชนิดของเอนไซม์ (อรัญ, 2555)

เอนไซม์สามารถจำแนกได้หลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่ยอมรับและใช้อย่างกว้างขวาง คือ การจำแนกชนิดตามข้อตกลงของเอนไซม์ (Comission on enzymes,E.C.) ซึ่งจำแนกของเอนไซม์ไว้ 6 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ออกซิโดรีดักเทส (oxidoreductase) หมายถึง กลุ่มเอนไซม์นี้เร่งปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน (Oxidation reduction) ระหว่างซับสเตรท 2-3 ชนิด มีลักษณะปฏิกิริยาหลายรูปแบบตามลักษณะตัวรับอิเล็กตรอน เช่น โคแฟคเตอร์ในที่นี้ขอใช้ตัวย่อเป็น cof หรือ ออกซิเจนและชนิดผลผลิตที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเอนไซม์เหล่านี้ ได้แก่ ดีไฮโดรจิเนส (dehydrogenases) ซึ่งเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาการรับอิเล็กตรอนด้วยตัวรับที่ไม่ใช่ออกซิเจน เช่น alcohol dehydrogenase แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนก็จะเรียกเอนไซม์นี้ว่า (oxidase) เช่น กลูโคสออกซิเดส (glucose oxidase) ตัวอย่างกลุ่มของเอนไซม์ เช่น dehydrogenases, oxidases, peroxidases, catalases, oxygenases และ hydroxylases ตัวอย่างชนิดเอนไซม์ เช่น แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcoholdehydrogenase) เร่งออกซิเดชันของเอทานอล (ethanol) ได้อะเซตาลดิไฮด์ (acetaldehyde)

กลุ่มที่ 2 ทรานส์เฟอร์เรส (transferases) หมายถึง เอนไซม์กลุ่มนี้ เร่งปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายหมู่สารใด (X) จากตัวให้ (donor) ไปยังตัวรับ (acceptor) หมู่ X ได้แก่ หมู่ไกลโคซิล หมู่เอซิล หมู่อะมิโน และหมู่เมทิล และหมู่ X จะต้องไม่ใช่ไฮโดรเจนอะตอม มิฉะนั้นจะเป็นออกซิโดรีดักเทส ตัวอย่างกลุ่มของเอนไซม์ transaldolases และ transketolases, acylglucosyl และ phosphoryl tranferases ตัวอย่างชนิดเอนไซม์ ได้แก่ กลูโคไคเนส (glucokinase; EC 2.7.1.2) เร่งการย้ายหมู่ฟอสเฟตจาก ATP ไปยังกลูโคส ได้ กลูโคส-6-ฟอสเฟต เป็นผลิตภัณฑ์

กลุ่มที่ 3 ไฮโดรเลส (hydrolase) หมายถึง เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสลายพันธะเคมี กระบวนไฮโดรไลซิส หรือเร่งปฏิกิริยาที่มีการเติมน้ำ ตัวอย่างกลุ่มของเอนไซม์ esterases, glycosidases, peptidases, phosphatases, thiolases, phospholipases, amidases, deaminases, และ ribonucleases ตัวอย่างชนิดเอนไซม์ ได้แก่ คาร์บอกซีเพปติเดสเอ (carboxypeptidase A; EC 3.4.17.1) เร่งการตัดพันธะเพปไทด์บนเส้นโพลีเพปไทด์ (polypeptide) ด้วยน้ำ

กลุ่มที่ 4 ไลเอส (lyases) หมายถึง เอนไซม์กลุ่มไลเอสเร่งปฏิกิริยาการแยกโปรตอน (H) ของสารประกอบตั้งต้น ทำให้เกิดพันธะคู่ในสารประกอบผลิตภัณฑ์หรืออาจจะทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนพันธะคู่ในสารประกอบตั้งต้นเป็นสารประกอบมีพันธะเดี่ยว ตัวอย่างกลุ่มของเอนไซม์ aldolases, hydratases, dehydratases, synthases, และ lyases ตัวอย่างชนิดเอนไซม์ ตัวอย่างได้แก่ ไพรูเวต ดีคาร์บอกซิเลส (pyruvate decarboxylase; EC 4.1.1.1) เร่งการขจัดหมู่คาร์บอกซิล

กลุ่มที่ 5 ไอโซเมอเรส (isomerases) หมายถึง เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งการย้ายหมู่ใดๆ ในโมเลกุลเดียวกันทำให้ได้ไอโซเมอร์ (isomer) ได้แก่ cis-trans isomerase, เร่งการเปลี่ยน สลับ D- และ L-isomer ตัวอย่างกลุ่มของเอนไซม์racemases, isomerases, และ mutases บางชนิด ตัวอย่างได้แก่ มาลีเอตไอโซเมอเรส (maleate isomerase; EC 5.2.1.1) เร่งการย้ายหมู่ คาร์บอกซิลภายในโมเลกุลของมาลีเอต

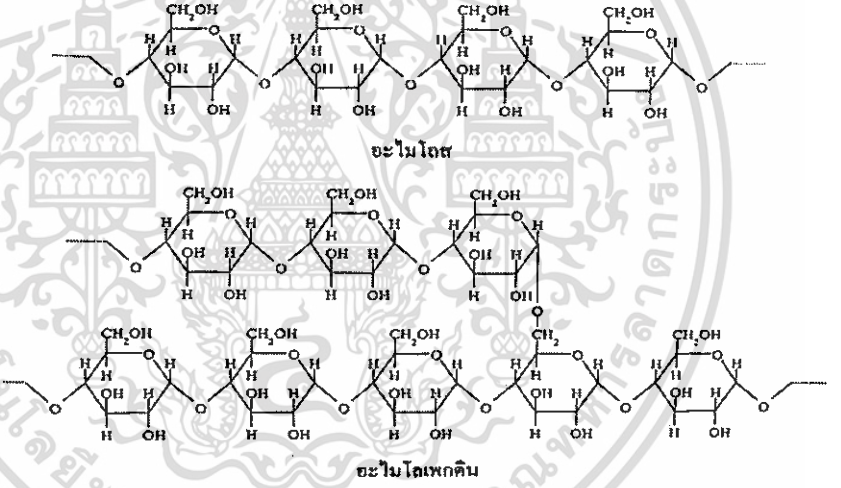
กลุ่มที่ 6 ไลเกสหรือซินเทเทส หรือซินเทส (ligase or syntetases or synthases) หมายถึง เอนไซม์กลุ่มนี้เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างโมเลกุล 2 โมเลกุล ด้วยการใช้พลังงานการสลายโมเลกุลของ ATP เป็น ADP หรือ AMP และไพโรฟอสเฟต (PPi) เอนไซม์กลุ่มนี้ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน กรดนิวคลิอิก ลิพิด และการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่วนใหญ่เกิดในเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสิ่งมีชีวิต ยกเว้นการสังเคราะห์เดกซ์แทรน การสังเคราะห์เลวาน (levan) ซึ่งเกิดขึ้นนอกเซลล์ โดยไม่ใช้เอนไซม์กลุ่มนี้ ตัวอย่างได้แก่ ไพรูเวต คาร์บอกซิเลส (pyruvate carboxylase; EC 6.4.1.1) เร่งการรวมไพรูเวตกับคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ได้ออกซาโลอะซีเตต (oxaloacetate)

2.2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยแป้ง (อรัญ, 2555)

แป้ง เป็นคาร์ไฮเดรตหรือพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีองค์ประกอบหลัก คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) หน่วยย่อยของแป้ง คือ กลูโคส โดยอะไมโลสจะประกอบด้วย กลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,4-ไกลโคซิดิก (α-1,4-glycosidic) เป็นหลัก ในขณะที่อะโลเพกตินนั้นมีกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,4-กลูโคซิดิก และมีบางส่วนที่มีกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ดังรูปที่ 2.3 และชนิดของเอนไซม์สำคัญที่ใช้ในการย่อยแป้งเป็นเป็นน้ำตาลกลูโคส ประกอบด้วย เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase) เบต้าอะไมเลส (β- Amylase) กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase) และพูลลูลาเนส (Pullulase)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน
(ที่มา: http://www.vcharkarn.com/lesson/1468)

เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) เป็นเอนไซม์ที่นำมาย่อยวัตถุดิบพวกแป้งให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุลเล็กลง เช่น น้ำตาลมอลโทส (Maltose), กลูโคส (Glucose), เดกซ์ตริน (Dextrin) การผลิตอะไมเลสทางการค้าได้จากจุลินทรีย์ มีทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* เอนไซม์อะไมเลส สามารถย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทต่างๆ รวมทั้งใช้ในขั้นตอนการผลิตเอทานอล

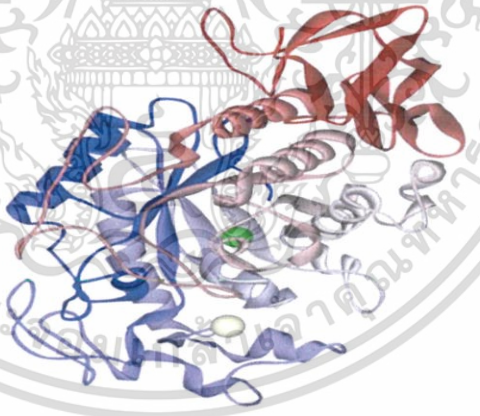
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์อะไมเลส จะทำงานได้ดีในสภาวะค่า pH 6.4–7.2 และทำงานได้ดีในอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของร่างกายถ้าอุณหภูมิสูงมากจะทำลายเอนไซม์ และถ้าสภาวะแวดล้อมเป็นกรดเป็นเบสเอนไซม์จะถูกทำลาย

เหตุที่ใช้เอนไซม์อะไมเลสในการย่อยแป้ง เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม Hydrolases และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล โดยไฮโดรไลซ์พันธะ 1,4-glycosidase bond ในโมเลกุลของสตาร์ช (starch) ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เป็นเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาล (sugar) (วิราสิณและนพพล, 2557)

2.2.4 ชนิดของเอนไซม์อะไมเลส (อรัญ, 2555)

เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase) เป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง โดยการย่อยภายในโมเลกุลตรงพันธะอัลฟา-1,4-ไกลซิดิกแบบสุ่มทำให้แป้งมีความหนืดลดลงหลังจากลิควิแฟคชัน (Liquefaction) น้ำแป้งควรมีค่า DE (dextrose equivalent) 8-12 และมีพีเอชต่ำ เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase) ที่นิยมใช้มักผลิตจากแบคทีเรีย มีพีเอชเหมาะสมต่อการทำงานอยู่ระหว่าง พีเอช 6.0-6.5 บางชนิดทนอุณหภูมิสูง เช่น Termamyl ผลิตโดย *Bacillus licheniformis* ทนอุณหภูมิได้ที่ 95 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเป็นอัลฟาอะไมเลสจากเชื้อรา เช่น Aspergillus niger ทำงานดีที่พีเอช 5.5 และอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส

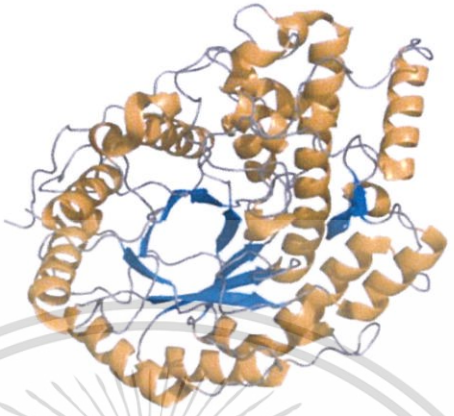


รูปที่ 2.4 โครงสร้างของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase)

(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Salivary_alphaamylase_1SMD.png)

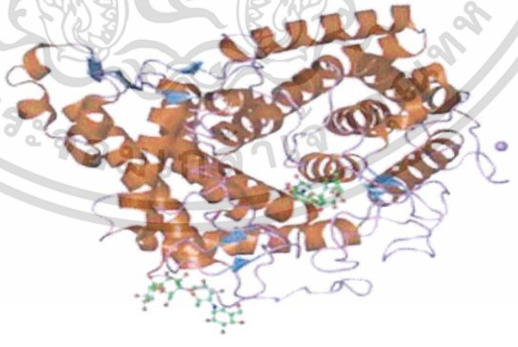
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์เบต้าอะไมเลส (β - Amylase) เป็นเอนไซม์ย่อยแป้งด้านนอกโมเลกุลทางปลายนอนรีดิวซ์ (non reducing end) โดยย่อยกลูโคสออกทีละ 2 โมเลกุล ได้เป็นมอลโตส ซึ่งเอนไซม์นี้พบมากในข้าวบาเลย์



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเอนไซม์เบต้าอะไมเลส (β- Amylase)
(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Salivary_alphaamylase_1SMD.png)

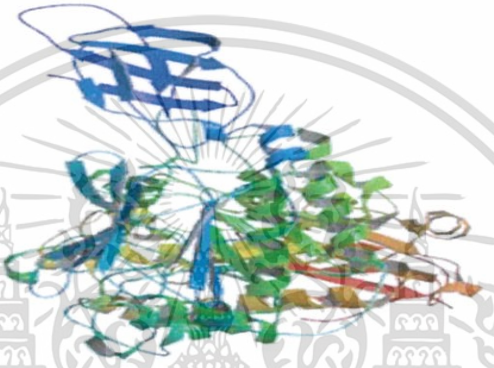
เอนไซม์กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase) เป็นเอนไซม์ย่อยแป้งด้านนอกโมเลกุลทางปลายนอนรีดิวซ์และย่อยกลูโคสออกที่ละโมเลกุล สามารถย่อยได้ทั้งอัลฟา-1,4-ไกลโคซิดิก (α-1,4-glycosidic) และพันธะอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) แต่จะย่อยพันธะอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) ได้ช้ากว่า 20-30 เท่า เอนไซม์ส่วนใหญ่ผลิตได้จากเชื้อราในสภาวะที่เหมาะสม คือ มีพีเอช 4.3-4.5 และอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase)
(ที่มา:https://www.globalhealingcenter.com/naturalhealth/wpcontent/uploads/2013/04/glucoamylase.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์พูลลูลาเนส (Pullulase) เป็นเอนไซม์ย่อยพูลลูแลน (pullulan) โดยสามารถย่อยพันธะอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) ของอะไมโลเพกตินได้ดี และมีสมบัติที่ทนร้อน เอนไซม์พูลลูลาเนส มี 2 ชนิด โดยชนิดแรกจะย่อยตรงพันธะอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) อย่างเดียว และอีกชนิจะย่อยทั้งอัลฟา-1,6-ไกลโคซิดิก (α-1,6-glycosidic) และ อัลฟา-1,4-ไกลโคซิดิก (α-1,4-glycosidic) โดยปกติพูลลูลาเนสจะย่อยหน่วยมอลโตไตรโอส (malltotiose unit) ที่ต่อกันด้วย พันธะอัลฟา-1,6 นอกจากนี้ยังนิยมใช้ร่วมกับกลูโคอะไมเลส เพื่อเพิ่มผลผลิตในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล เอนไซม์พูลลูลาเนส (Pullulase) ทำงานได้ดีที่พีเอช 4.5 และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

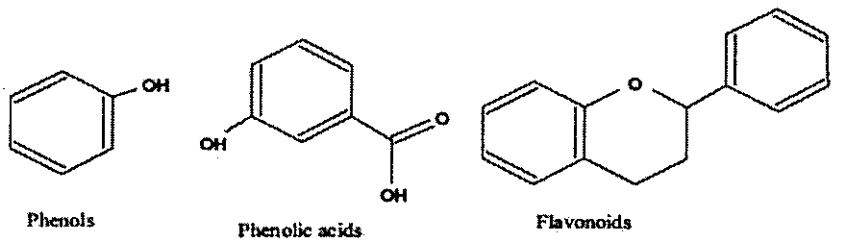


รูปที่ 2.7 โครงสร้างของเอนไซม์เอนไซม์พูลลูลาเนส (Pullulanase)
(ที่มา: https://www.creative-enzymes.com/service/enzyme-activity-measurement-of-pullulanase_234.html)

2.3 ฟีนอลิก (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบได้ในธรรมชาติ ได้แก่ ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร และเมล็ดธัญพืช ในปัจจุบันพบสารประกอบฟีนอลิกในธรรมชาติมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่ายเช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิลโปรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน มีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด สารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตสูง โครงสร้างทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วย โครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซีอย่างน้อย 1 หมู่ รวมไปถึงอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล ซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ลิกนิน กรดซินนามิก และ โคเอ็นไซม์คิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Structures of common phenolic compounds.

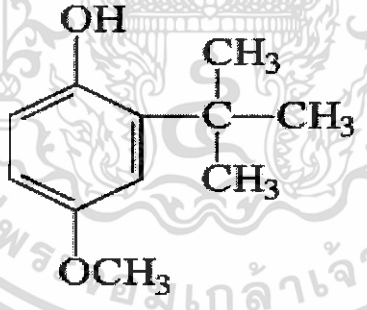
รูปที่ 2.8 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก

(ที่มา : http://www.phelic.co.th/2017/02/02/)

ตัวอย่างสารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติ เช่น ถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าว งา ผลไม้ ได้แก่ องุ่น ส้ม จินเจอรอล (Gingerol) พบในขิง ยูเจอนอล (Eugenol) ในกานพลู ตะไคร้ ใบกระเพรา แคปไซซิน (Capsaicin) ในพริก เคอคิวมิน (Curcumin) ใบมิ้น แคทีชิน (Catechin) ในชา

ตัวอย่างสารประกอบฟีนอลิกที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาเอง

Butylated hydroxylanisole (BHA) เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้พบมากในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันและน้ำมัน มีผลึกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในแอลกอฮอล์ ส่วนใหญ่จะพบในรูปของสารผสมหรืออาจใช้ร่วมกับแกลเลตหรือบีเอชที เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น



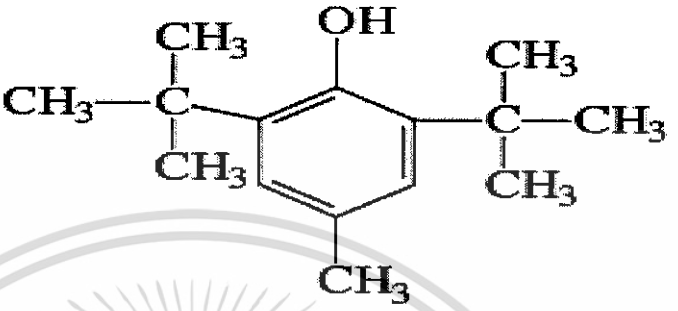
Butylated hydroxyanisole (BHA)

รูปที่ 2.9 โครงสร้าง BHA

(ที่มา : http://m.biomolecule.myreadyweb.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นวัตถุกันหืนชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เช่นเดียวกับบีเอชเอ แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่า เป็นสารประกอบผลึกสีขาวหรือวีเหลืองอ่อน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในแอลกอฮอล์ นิยมใช้ในอาหารประเภทน้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์นม ขนมอบ และน้ำมันหอมระเหย



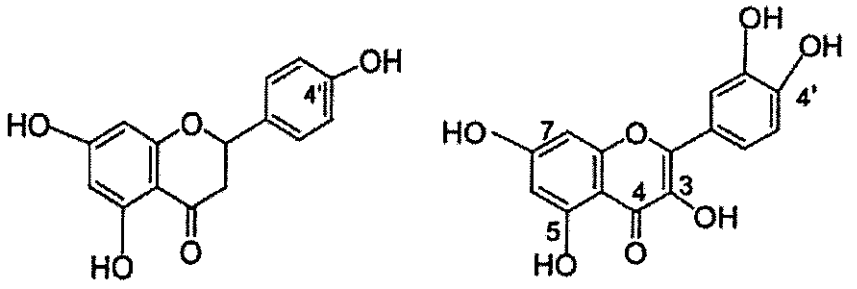
รูปที่ 2.10 โครงสร้าง BHT

(ที่มา : http://m.biomolecule.myreadyweb.com)

2.4 ฟลาโวนอยด์ (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) จัดเป็นสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenolic compounds) แบ่งกลุ่มย่อยได้หลายกลุ่มตามความแตกต่างของสูตรโครงสร้างโดยเฉพาะที่วงที่มีอะตอมออกซิเจนอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น อีเทอร์ คีโตน เป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นฟีนิลเบนโซไพโรน (Phenylbenzopyrones) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กและมีโครงสร้างประกอบด้วยการจัดเรียงตัวของคาร์บอน 15 ตัว (C_6-C_3-C_6) เป็นวงแหวน 3 วง ได้แก่ วงแหวนเบนซีน (benzene ring) 2 วง (A and B) เชื่อมต่ออยู่กับวงแหวนไพแรน (geerocyclic pyran ring) ซึ่งอยู่ตรงกลางของโครงสร้าง (C_8) โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันซึ่งแทนที่ในโครงสร้างพื้นฐานได้เป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาแวน (Flanvanes), ฟลาวาโนน (Flavanols), ฟลาวานอล (Flavanols), ฟลาโวนอล (Flavonols), ฟลาโวน (Flavonoes) ฟลาวาโนนอล (Flavanonols) และแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) พบมากในผักและผลไม้ เช่น พริกหยวกสีแดง กระเทียม กะหล่ำปลี ส้ม มะนาว แอปเปิ้ล มะละกอ นอกจากนี้ยังพบในเครื่องดื่มบางชนิด เช่น ไวน์ และชา มีคุณสมบัติต่อการต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถป้องกันไม่ให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อในร่างกายเสื่อมลง ช่วยลดการอักเสบ (antiinflammation) ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ มีฤทธิ์ต้านการขยายตัวของเซลล์มะเร็งตับและมะเร็งลำไส้ใหญ่ (anticancer) ต้านโรคเบาหวาน (antidiabetes) ลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (cholesterol and triglyceride lowering effects)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของกลุ่มฟลาโวนอยด์

(ที่มา :Von Elbe and Schwartz (1996))

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารสามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยปกติแล้วการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายเพียงพอต่อการเกิดอนุอิสระภายในร่างกาย แต่หากมีสภาวะผิดปกติในร่างกาย เช่น ความเครียด การนอนดึกติดต่อกันเป็นเวลานานๆ อาจจะทำให้การสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจนเสียสมดุล อนุมูลอิสระที่ไม่ได้ถูกกำจัดจะไปทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อเป็นต้นเหตุของการเกิดโรคต่างๆ เช่น ภาวะหลอดเลือดอุดตัน อาการอักเสบต่างๆ และโรคมะเร็ง จะเห็นได้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายมีความสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคและความเสื่อมของร่างกาย นอกจากการไปจับกับสารต้านอนุมูลอิสระแล้วสารต้านอนุมูลอิสระยังมีคุณสมบัติอื่นร่วมด้วย เช่น ช่วยขับสารพิษที่อาจจะก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ขับสารพิษออกจากร่างกาย ป้องกันโรคหอบหืด หลอดลมอักเสบ ลดระดับคอเลสเตอรอล และลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ สารต้านอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการออกฤทธิ์ คือ สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้น สารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ สารประกอบกลุ่ม phenolic เช่น flavonoid, eugenol และ vanillin สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ สารประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะช่วยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในลักษณะต่างๆ เช่น จับกับ Fe^{2+} ดักจับออกซิเจน ดูดซับรังสียูวีไว้ พบในผักและผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง วิตามินอีสูง และมีเบต้าแคโรทีนสูง ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แหล่งธัญพืชที่พบและประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

แหล่งที่พบ	ประโยชน์
ผักและผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง เช่น ส้มเขียวหวาน, ฝรั่ง, มะขามป้อม, พริกชี้ฟ้าเขียว, มะละกอสุก	ช่วยเสริมสร้างคอลลาเจนให้กับชั้นผิว ซ่อมแซมกระดูกอ่อน เส้นเอ็น ผนังหลอดเลือดให้มีความแข็งแรง ลดการอักเสบ การติดเชื้อ และกำจัดแบคทีเรียและไวรัสไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย
ผักและผลไม้ที่มีวิตามินอีสูง เช่นงา, เมล็ดทานตะวัน, ฟักทอง, น้ำมันพืช, เนยเทียม, นม และข้าวโพด	ป้องกันความเสื่อมสภาพของเซลล์จากแสงแดดและรังสียูวี ลดการเกิดริ้วรอยบนใบหน้าและตามผิวหนัง ช่วยเสริมการสร้างคอลลาเจนให้กับผิว
ผักและผลไม้ที่มีเบต้าแคโรทีนสูง เช่น แครอท, ฟักทอง, แคนตาลูป, มะละกอ, ผักที่มีสีสันสดใส และมะเขือเทศ	ป้องกันการเกิดโรคในร่างกาย ลดความเสื่อมสภาพของเซลล์ต่างๆ ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และที่สำคัญยังมีหน้าที่กำจัดสารก่อมะเร็ง ยับยั้งเซลล์มะเร็งให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสสที่มีผลต่อการย่อยรำข้าว โดยวัตถุดิบหลักส่วนใหญ่ที่ใช้ คือ รำข้าว โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เชื่อมโยง และได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมจากวารสารดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่งผลงานวิจัย	วัตถุดิบ	วิธีการสกัด	ผลการวิจัย
Gerson Lopes Teixeira และคณะ (2018)	เมล็ดถั่ว sapucaia (*Lecythis pisonis*)	- สกัดโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้อุณหภูมิ 333 K ความดัน 20 MPa - สกัดโดยใช้ก๊าซโพรเพน ใช้อุณหภูมิ 293-333 K ความดัน 2-10 MPa	การสกัดด้วยก๊าซโพรเพนให้ผลผลิตสูงกว่า 46.22% ที่ 333 K และ 10 MPa มีประสิทธิภาพสูงกว่า Soxhlet ถึง 93%
Ruby Pandey และคณะ (2018)	ข้าวเปลือก (Oryza sativa) รำละเอียดที่มีความชื้น = 11.8 ± 0.3%	สกัดโดยคลื่นไมโครเวฟแบบสองขั้นตอนใช้พลังงาน 200, 320, 450, 560 วัตต์ ใช้เวลา 30, 60, 90, 120 วินาที อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อรำข้าว (1.6, 2.3, 3 มิลลิลิตร/กรัม)	การสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแบบสองขั้นตอนได้ผลดีกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย ให้ปริมาณ phospholipid 0.64 ± 0.11 เทียบกับ 1.02 ± 0.15% ปริมาณ α-tocopherol 7.85 ± 0.19 เทียบกับ 6.83 ± 0.12 mg/g RBO กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (1.50 ± 0.05 เทียบกับ 1.27 ± 0.08 เท่าของสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่า trolox) และปริมาณกรดไขมันอิสระ (4.88 ± 0.26 เทียบกับ 5.77 ± 0.25%)
Maria C. Capellini และคณะ (2017)	รำข้าวจาก (Pelotas, RS, ประเทศบราซิล)	สกัดน้ำมันรำข้าว (RBO) ด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์	การสกัดน้ำมันรำข้าว (RBO) โดยใช้เอทานอลและไอโซ โพรพานอลเป็นตัวทำละลายดีที่สุดเพื่อให้ได้โปรตีนและน้ำมัน

Pablo Juliano และคณะ (2017)	รำข้าว	ใช้เครื่อง Ultrasound และ Megasonic	Megasonic มีผลดีในการเพิ่มความสามารถในการสกัดน้ำมันมะกอกโดยการเติมสารเจือปนในน้ำหลังการตกตะกอน 30% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด
Juliana Ferreira Soares และคณะ (2016)	รำข้าวจาก (Santa Maria, RS, ประเทศบราซิล)	สกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ supercritical CO2	การสกัดน้ำมนรำข้าวโดยใช้ supercritical CO2 และบีบอัดก๊าซปิโตรเลียมเหลว ผลผลิตสูงสุดคือ 12.68
Maryam Khoe และคณะ (2016)	รำข้าวจากโรงงานข้าวในท้องถิ่น	ใช้ N-Hexane เป็นตัวทำละลาย ควบคุม pH โดยการเติม NaOH หรือ HCl	ความเป็นกรดด่างสูง (pH 12) และอุณหภูมิสูง (45 องศาเซลเซียส) ความเร็ว 800 รอบต่อนาทีและเวลากวนเป็นเวลา 15 นาที ดีที่สุดสำหรับการสกัด
Ladda Wattanasiritham และคณะ (2016)	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากโรงสีข้าวปทุมและบริษัทแบริ่ง จำกัด (กรุงเทพฯ, ประเทศไทย)	นำรำข้าวขาวดอกมะลิไฮโดรไลซ์ด้วย papain และ trypsin	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวขาวดอกมะลิที่ไฮโดรไลซ์ด้วย papain และ trypsin จะเสียคุณสมบัติสูงกว่าเมื่อเทียบกับการไฮโดรไลซ์ RBP แบบดั้งเดิม
Patiwit Loypimai และคณะ (2016)	รำข้าว	สกัดโดยวิธี OHM-ASE และ ST-ASE	สารพฤกษเคมีจากรำข้าวที่สกัดด้วย OHM-ASE มากกว่าที่สกัดด้วย ST-ASE และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ความเข้มข้นของกรด gallic สูงขึ้น (253.29 -257.57 ไมโครกรัม/กรัม), กรดคาเฟอีน (129.34-136.12 ไมโครกรัม/กรัม) กรดเฟอลูอิก (630.74-663.34 ไมโครกรัม/กรัม) ฟีนอลิกรวม (187.18-201.61 ไมโครกรัม GAE /g), ลูทีน (70.6-72.4 ไมโครกรัม/กรัม) เบต้าแคโร

			ทีน (4.81-5.12 ไมโครกรัม/กรัม) และ แอนโทไซยานิน (812.17-847.09 มิลลิกรัม/100 กรัม)
Sandra L.B. Navarro และคณะ (2016)	รำข้าวจากจมูกข้าวโพดจาก บริษัท Caramuru S.A. (บราซิล)	ใช้ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ในการสกัดน้ำมันรำข้าวจากจมูกข้าวโพด	สารสกัดจากน้ำมันข้าวโพดที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์สามารถละลายได้โดยมีส่วนประกอบของกรดไขมันทั่วไป การสกัดเอทานอลเอธานอลสูงกว่าระดับโทโคฟีรอลและ tocotrienols และไอโซโพรพานอลมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการสกัด carotenoids (373 mg / kg)
Suphat Phongthai และคณะ (2016)	รำข้าวจาก บริษัท Urmatt Ltd. (เชียงราย, ประเทศไทย)	สกัดน้ำมันรำข้าวด้วยคลื่นไมโครเวฟ	การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ (MAE) โดย วิธีการ (RSM) ผลผลิตโปรตีนสูงกว่าที่ได้จากการสกัดด้วยอัลคาไลน์
Dongfang Chen และคณะ (2015)	ข้าวโอ๊ตจากซูเปอร์มาร์เก็ตท้องถิ่นในเมือง Yangling, เมือง Xianyang และเมือง Shaanxi Province ประเทศจีน	นำข้าวโอ๊ตย่อยด้วย thermostable α-amylase ที่ 100 °C เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที - สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลโดยเครื่อง Ultrasonic	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 0.46-1.35 µmol gallic/g ข้าวโอ๊ต ปริมาณกรดแกลลิกเพิ่มขึ้น 2.6 เท่า ปริมาณกรดคาเฟอีนเพิ่มขึ้น 2.4 เท่า ปริมาณกรดฟีนอลิกอื่นๆ 1.0-1.8 เท่า
M.N.Islam และคณะ (2015)	เมล็ดสน	นำเมล็ดสนมาทำให้แห้งแล้วนำมาบดหยาบใช้ตัวทำละลายเฮกเซนสกัดโดยใช้ Soxhlet	ความร้อนที่สูงขึ้นของน้ำมันสนที่สกัดได้คือ 34.65 MJ/kg
Patiwit Loypimai และคณะ (2015)	รำข้าว	สกัดด้วยตัวทำละลายโอโซนความร้อน (OHM)	สกัดโดย OHM ที่ปริมาณความชื้น (MC) 40%สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสุด

Karin Tomita และคณะ (2014)	ตัวอย่างรำข้าวจากสหพันธ์เศรษฐกิจ	สกัดโดยใช้ $SCCO_2$ ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 20, 30 และ 40 MPa และอัตราการไหลของ CO_2 ที่ 1, 3, 6 และ 9 มล. / นาที	อัตราการไหลของ CO_2 (1-9 มล. / นาที) อุณหภูมิ (40-80 ℃) และความดัน (20-40 MPa) พบว่าที่ความดันมากกว่า 30 MPa ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

รำข้าวหอมมะลิจากจังหวัดสุพรรณบุรี ประเทศไทย

3.1.2 อุปกรณ์

1. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ BEC THAI, Thailand
2. เครื่องระเหยสุญญากาศ (Evaporator) ยี่ห้อ Heidolph, Germany
3. ตู้ดูดควัน (Hood) ยี่ห้อ Astec
4. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1280 UV-VIS-Spectrophotometer, Japan
5. เครื่องล้างความถี่สูง (Uitrasonic bath) ยี่ห้อ Elma รุ่น S70H Elmasonic, Germany
6. Microplate reader ยี่ห้อ biochromb รุ่น EZ Read 2000 Microplate Reader
7. ตู้อบ (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Contherm รุ่น Thermotec 2000 oven, Newzerland
8. ตู้เย็น ยี่ห้อ Samsung รุ่น RT35FTAP
9. ตู้แช่แข็ง ยี่ห้อ Mirage
10. เครื่องวัดค่า pH (pH meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FiveGo pH F2, Switzerland
11. เครื่องชั่งสาร 2 ตำแหน่ง (Precision Balance) ยี่ห้อ Mettler toledo รุ่น GmbH, Switzerland
12. เครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) ยี่ห้อ Sartorius Group รุ่น BSA224S-CW, Germany
13. ชุดแก้วกรองสุญญากาศ (Glass Vacuum Filter) ยี่ห้อ GE Motors รุ่น SKH36KN193GT,USA
14. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex) ยี่ห้อ Genie 2 บริษัท Scientific industries, USA
15. ปิเปต (Pipette) ยี่ห้อ Sartorius บริษัท Gibthai, Thailand
16. กระดาษกรอง (Filter paper) ยี่ห้อ Whatman รุ่น Filter paper 70mm บริษัท GE Healthcase UK Limited, China
17. ขวดรูปชมพู่
18. หลอดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. บีกเกอร์

20. กระบอกตวง

21. ปิเปต

22. ขวดปรับปริมาตร

23. แท่งแก้ว

24.ช้อนตักสาร

25.ขวดสีชา

3.1.3 สารเคมี

1. α-amylase ยี่ห้อ REACH บริษัท Reach biotechnology Co.,Ltd,Thailand

2. Methanol บริษัท Merck, Germany

3. ethanol ยี่ห้อ Pure Extra Neutral Alcohol บริษัท องค์การสุรา กรมสรรพสามิต ประเทศไทย

4. ethyl acetate ($CH_3COOC_2H_5$) assay 99.9% ยี่ห้อ J.T. Baker บริษัท Avantor Performance Materials., Inc., USA

5. hydrochloric acid 36% (HCl) ยี่ห้อ Univar บริษัท Ajax Finechem pty Ltd, Australia

6. sodium acetate (NaAc)

7. acetic acid 100% (HAc) บริษัท VWR international S.A.S, EC

8. Aluminium Chloride hydrate ($AlCl_3.6H_2O$) ยี่ห้อ Univar บริษัท Ajax Finechem pty Ltd, Australia

9. sodium hydroxide 97% (NaOH) บริษัท Univar บริษัท Ajax Finechem pty Ltd, Australia

10. Sodium nitrite 99% ($NaNO_2$) บริษัท Asia Pacific specialty chemical limited

11. Sodium acetate trihydrate 100.8% ยี่ห้อ Analar Normapor บริษัท VWR International bvba

12. Folin & Ciooalteus phenol (Ragent AR) บริษัท Sisco Research Laboratories pvt Ltd.ยี่ห้อ SRL, India

13. Ferrous sulfate บริษัท Univar บริษัท Ajax Finechem pty Ltd, Australia

14. 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine 99% (TPTZ) ยี่ห้อ Flukar บริษัท Sigma-Alarich, Swizerland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

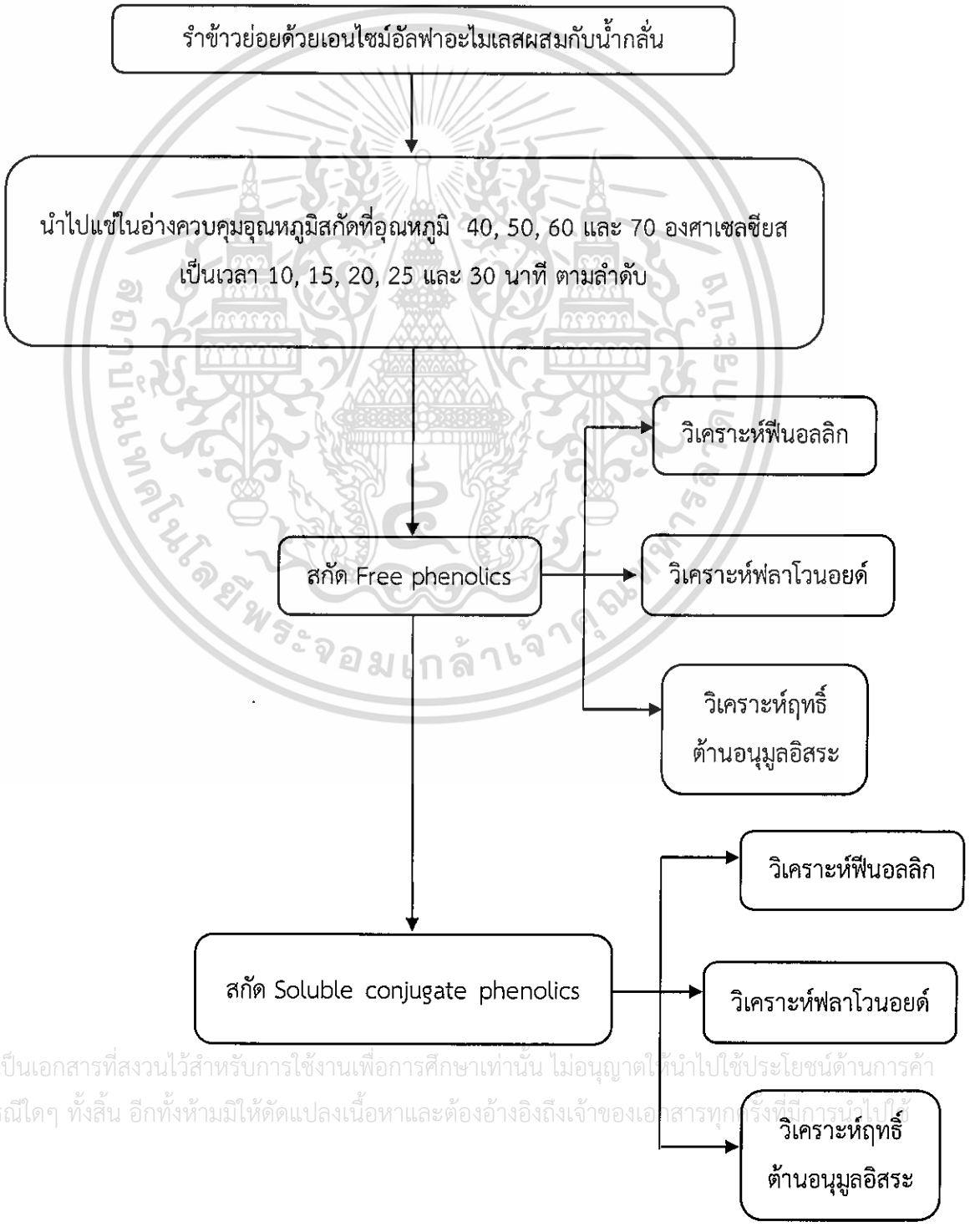
15. 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) 97% (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) ยี่ห้อ ALDRICH บริษัท Sigma-Alarich,Co., Russia

16. Ferric ยี่ห้อ Emsore บริษัท ACS, Rag ph Eur, Geramany

17. Gallic ยี่ห้อ Alorich บริษัท Sigma-Alorich, Germany

18. Quercetin ยี่ห้อ Sigma, USA

3.2 แผนผังการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์ (ดัดแปลงจาก Liu และคณะ, 2017)

ย่อยรำข้าวโดยนำเอนไซม์ α-amylase 1 มิลลิลิตร (40,000 ยูนิตต่อมิลลิลิตร) เจือจางด้วยน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร เทลงบนรำข้าว 40 กรัม ที่อยู่ในขวดรูปชมพู่คลุกเคล้าอย่างทั่วถึงปิดฝาขวดด้วยฟอยล์ จากนั้นนำรำข้าวไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ รอให้รำข้าวเย็นให้อุณหภูมิลดเหลือประมาณ 35.5 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

3.3.2 สกัดสาร Free phenolics (ดัดแปลงจาก Liu และคณะ, 2017)

ชั่งรำข้าว 5 กรัม จากการการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ที่มี pH 3.0 สกัดด้วย Ethyl acetate ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Evaporator จนแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สารที่แห้งจะเติมเมทานอล 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ เพื่อให้ได้สาร free phenolics เทสารละลายใส่ขวดสีชาปิดฝาให้เรียบร้อยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำตัวอย่างมาวิเคราะห์

3.3.3 สกัดสาร Soluble conjugate phenolics (ดัดแปลงจาก Liu และคณะ, 2017)

ปิเปตสาร Free phenolics 3 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่มาเติม 2 โมลลาร์ของ Sodium hydroxide ปริมาตร 40 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปรับ pH เป็น 2.0 ด้วย 6 โมลาร์ของ Hydrochloric acid สกัดด้วย Ethyl acetate ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Evaporator จนแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สารที่แห้งจะเติม Methanol 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ เพื่อให้ได้สาร Soluble conjugate phenolics เทสารละลายใส่ขวดสีชาปิดฝาให้เรียบร้อยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำตัวอย่างมาวิเคราะห์

3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Liu และคณะ, 2017)

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu colorimetric นำสาร Free phenolics และ Soluble conjugate phenolics ตัวอย่างละ 125 ไมโครลิตร (วิเคราะห์ทีละตัวอย่าง) มาผสมกับน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ต่อมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin–Ciocalteu ปริมาตร 125 ไมโครลิตร เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติม 7% sodium carbonate ปริมาตร 125 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น บ่มในที่มืดเป็นเวลา 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ใช้แกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐานและมีหน่วยเป็นไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (µg GAE/ml Extract)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Liu และคณะ, 2017)

วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Colorimetric method นำสาร Free phenolics และ Soluble conjugate phenolics ตัวอย่างละ 300 ไมโครลิตร (วิเคราะห์ทีละตัวอย่าง) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1.5 มิลลิลิตร เติม 5% Sodium nitrite ปริมาตร 90 ไมโครลิตร เป็นเวลา 6 นาที เติม 10% Aluminium Chloride Hexahydrate ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เป็นเวลา 5 นาที และเติม 1 โมลาร์ Sodium hydroxide ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ใช้เควอซิทินเป็นสารละลายมาตรฐานและมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (µg QE/ml Extract)

3.3.6 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Liu และคณะ, 2017)

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay นำสาร Free phenolics และ Soluble conjugate phenolics ตัวอย่างละ 30 ไมโครลิตร (วิเคราะห์ทีละตัวอย่าง) ผสมน้ำกลั่นปริมาตร 90 ไมโครลิตร เติม FRAP ปริมาตร 900 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปิเปตลงใน 96-Well plate แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader ใช้ Trolox และ Ferrous sulfate เป็นสารละลายมาตรฐานและมีหน่วยเป็นไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (µg TE/ ml Extract) และมีหน่วยเป็นมิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟส (mM)

3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลและความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SPSS) program for Windows Version 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

4.1.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Free phenolics

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.1 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 239.1146 ± 11.1458 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 และ 20 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.1 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 227.5174 ± 2.1709 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 30 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการบ่ม 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.1 และพบว่าที่เวลา 15 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 272.3438 ± 12.6776 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 30 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.1 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 228.5938 ± 6.9597 ไมโครกรัมแกลลิกต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวที่เวลา 10 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 10 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด คือ 236.6840 ± 0.7887 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

ตารางที่ 4.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้ในสาร Free phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน

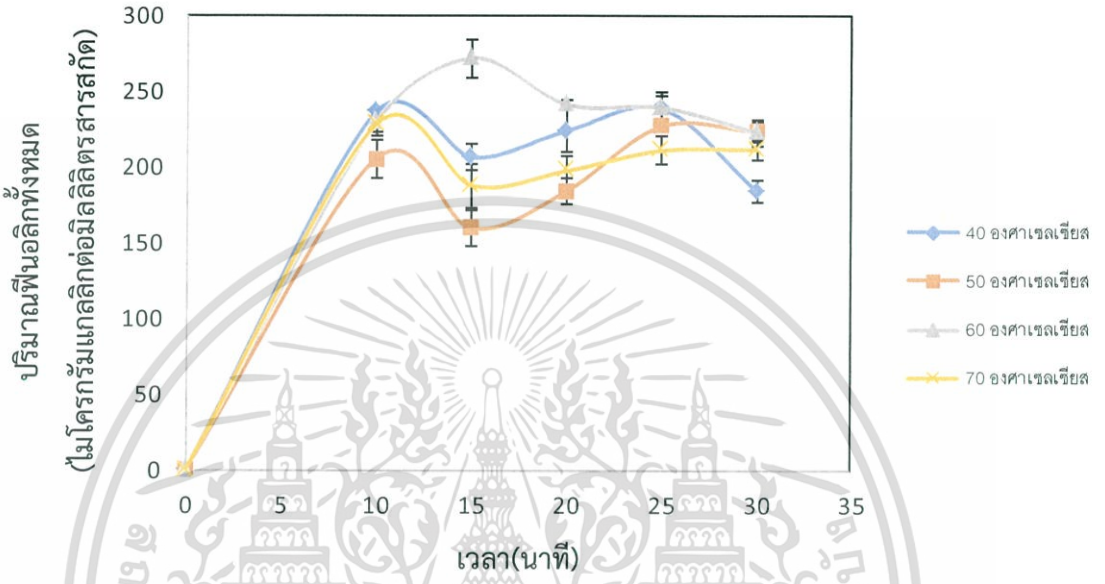
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ย ± SD (µg GAE/ml extract)
40	10	$236.6840 \pm 0.7887^{a,A}$
	15	$206.9618 \pm 8.3932^{b,B}$
	20	$224.2535 \pm 13.8711^{a,A}$
	25	$239.1146 \pm 11.1458^{a,A}$
	30	$236.6840 \pm 0.7887^{b,C}$
50	10	$205.7465 \pm 13.1965^{b,B}$
	15	$159.9826 \pm 12.1658^{c,D}$
	20	$184.3229 \pm 8.7003^{b,C}$
	25	$227.5174 \pm 2.1709^{a,A}$
	30	$223.9757 \pm 6.4720^{a,A}$
60	10	$230.2604 \pm 7.1950^{a,BC}$
	15	$272.3438 \pm 12.6776^{a,A}$
	20	$241.8576 \pm 3.4959^{b,B}$
	25	$239.6701 \pm 7.6867^{b,B}$
	30	$223.4201 \pm 8.7359^{a,c}$
70	10	$228.5938 \pm 6.9597^{a,A}$
	15	$188.2813 \pm 14.6620^{b,C}$
	20	$197.8299 \pm 9.3230^{b,BC}$
	25	$211.4063 \pm 9.1897^{b,AB}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	30	211.8924 ± 6.4720^{a,AB}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B, C และ D คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

4.1.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Soluble conjugate phenolics

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.2 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.2 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 27.0313 ± 2.2414 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.2 และพบว่าที่เวลา 30 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 26.8576 ± 0.3007 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.2 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 29.3576 ± 1.5946 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.2 และพบว่าที่เวลา 20 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 23.3507 ± 1.069 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 20 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 15 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 15 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด คือ 25.9896 ± 0.6250 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 60 และ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียง พอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

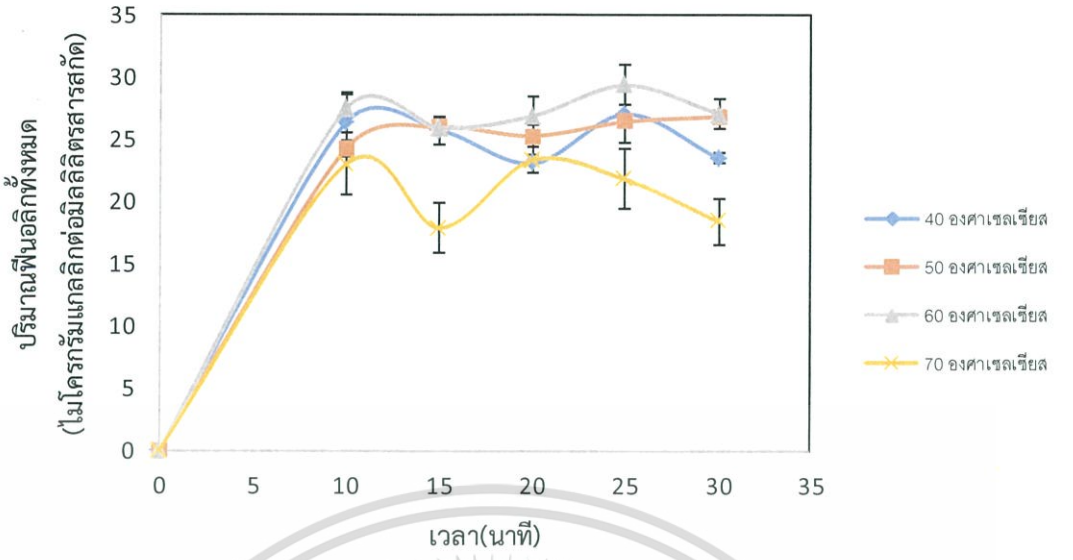
ตารางที่ 4.2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้ในสาร Soluble conjugate phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ± SD (µg GAE/ml extract)
40	10	$26.3715 \pm 2.2470^{ab,AB}$
	15	$25.7465 \pm 1.1040^{a,ABC}$
	20	$23.0729 \pm 0.7864^{c,C}$
	25	$27.0313 \pm 2.2414^{a,A}$
	30	$23.4896 \pm 0.3756^{b,BC}$
50	10	$24.2882 \pm 0.6697^{ab,C}$
	15	$25.9896 \pm 0.6250^{a,AB}$
	20	$25.2951 \pm 0.8355^{ab,BC}$
	25	$26.4410 \pm 0.1203^{a,AB}$
	30	$26.8576 \pm 0.3007^{a,A}$
60	10	$27.5174 \pm 1.1983^{a,AB}$
	15	$25.9201 \pm 0.3007^{a,B}$
	20	$26.8924 \pm 1.5179^{a,B}$
	25	$29.3576 \pm 1.5946^{a,A}$
	30	$27.0660 \pm 1.1615^{a,AB}$
70	10	$23.0382 \pm 2.4855^{c,A}$
	15	$17.8993 \pm 1.9553^{b,C}$
	20	$23.3507 \pm 1.069^{bc,A}$
	25	$21.7882 \pm 2.4214^{b,AB}$
	30	$18.4201 \pm 1.8409^{c,BC}$

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

4.2.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Free phenolics

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.3 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.3 และพบว่าที่เวลา 20 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 419.2407 ± 13.9812 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 20 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 30 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 20 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.3 และพบว่าที่เวลา 30 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 436.4630 ± 18.1075 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 30 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลง แสดงดังรูปที่ 4.3 และพบว่าที่เวลา 15 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 506.2778 ± 87.0947 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 15 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังรูปที่ 4.3 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 580.3519 ± 21.9731 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการบ่ม 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 15นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 15 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด คือ 506.2778 ± 87.0947 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

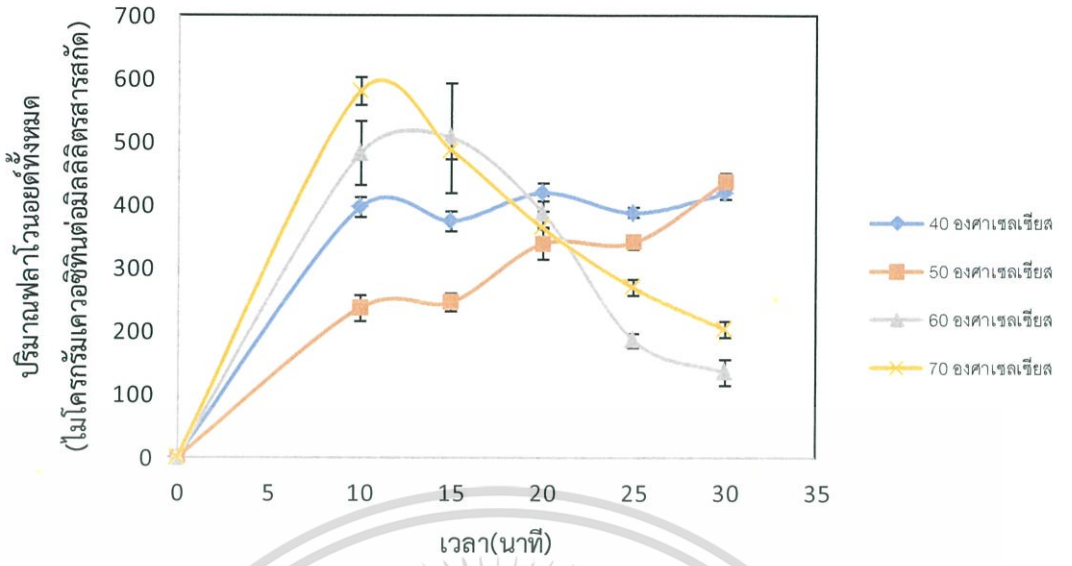
ตารางที่ 4.3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่สกัดได้ในสาร Free phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ± SD (µg QE/ml extract)
40	10	$396.0926 \pm 15.0855^{c,AB}$
	15	$374.4259 \pm 16.5210^{b,B}$
	20	$419.2407 \pm 13.9812^{a,A}$
	25	$387.9444 \pm 8.7312^{a,B}$
	30	$418.3148 \pm 8.3580^{a,A}$
50	10	$236.2778 \pm 13.4830^{d,C}$
	15	$246.0926 \pm 3.0598^{c,C}$
	20	$338.6852 \pm 2.6255^{c,B}$
	25	$341.2778 \pm 0.5556^{b,B}$
	30	$436.4630 \pm 18.1075^{a,A}$
60	10	$481.2778 \pm 50.5556^{b,A}$
	15	$506.2778 \pm 87.0947^{a,A}$
	20	$388.1296 \pm 27.4668^{ab,B}$
	25	$185.7222 \pm 12.0313^{d,C}$
	30	$134.9815 \pm 20.1410^{c,C}$
70	10	$580.3519 \pm 21.9731^{a,A}$
	15	$486.4630 \pm 14.7231^{a,B}$
	20	$363.8704 \pm 24.7227^{bc,C}$
	25	$269.0556 \pm 11.8243^{c,D}$
	30	$203.6852 \pm 12.2516^{b,E}$

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B, C, D และ E คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

4.2.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการสกัด Soluble conjugate phenolics

ผลการศึกษาการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสแสดงผลดังตารางที่ 4.4พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้น ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.4 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 65.9074 ± 1.7859 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.4 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 72.5741 ± 1.6973 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.4 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 152.3889 ± 4.7467 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.4 และพบว่าที่เวลา 20 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 123.3148 ± 23.8975 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 20 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 15นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 15 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด คือ 95.1667 ± 11.6402 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

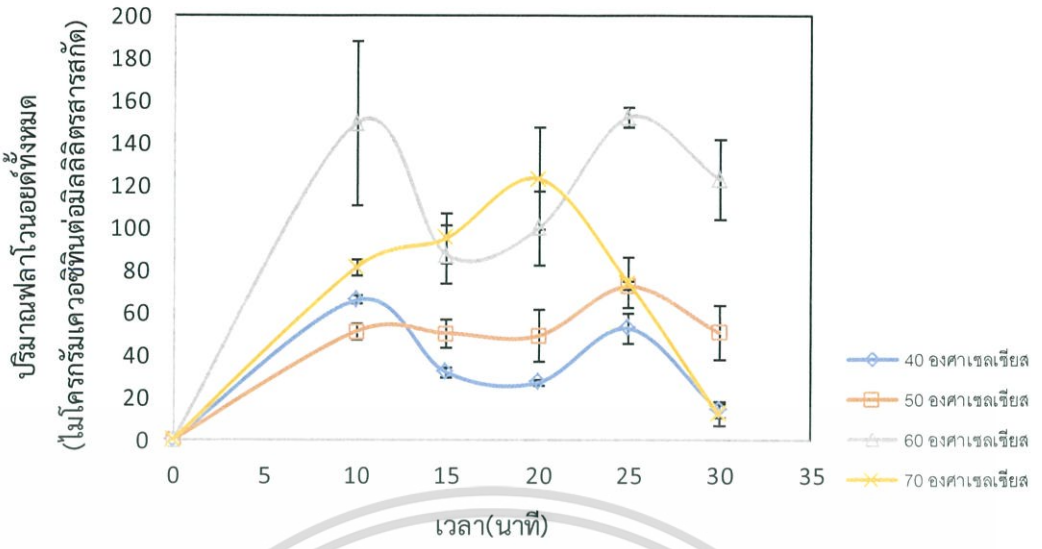
ตารางที่ 4.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่สกัดได้ในสาร Soluble conjugate phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ± SD (µg QE/ml extract)
40	10	$65.9074 \pm 1.7859^{b,A}$
	15	$32.0185 \pm 2.5051^{c,C}$
	20	$27.2037 \pm 1.6038^{b,C}$
	25	$52.7593 \pm 7.2507^{c,B}$
	30	$14.2407 \pm 4.0190^{c,D}$
50	10	$51.2778 \pm 3.8889^{b,B}$
	15	$50.5370 \pm 6.4868^{b,B}$
	20	$49.2407 \pm 12.5010^{b,B}$
	25	$72.5741 \pm 1.6973^{b,A}$
	30	$50.9074 \pm 12.9139^{b,B}$
60	10	$149.6111 \pm 38.5541^{a,A}$
	15	$87.3889 \pm 13.6874^{a,B}$
	20	$99.9815 \pm 17.3413^{a,B}$
	25	$152.3889 \pm 4.7467^{a,A}$
	30	$122.9444 \pm 18.8152^{a,AB}$
70	10	$81.2778 \pm 3.3793^{b,B}$
	15	$95.1667 \pm 11.6402^{a,B}$
	20	$123.3148 \pm 23.8975^{a,A}$
	25	$74.2407 \pm 12.0740^{b,B}$
	30	$12.2037 \pm 5.0410^{c,C}$

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B, C และ D คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

4.3.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

ผลการศึกษาผลอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.5 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.5 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 81.1833 ± 3.1353 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.5 และพบว่าที่เวลา 30 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 55.0418 ± 4.2155 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการบ่ม 30 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.5 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 51.1297 ± 6.0161 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.5 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 47.0247 ± 1.5114 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 15 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 15 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 55.2026 ± 3.6030 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

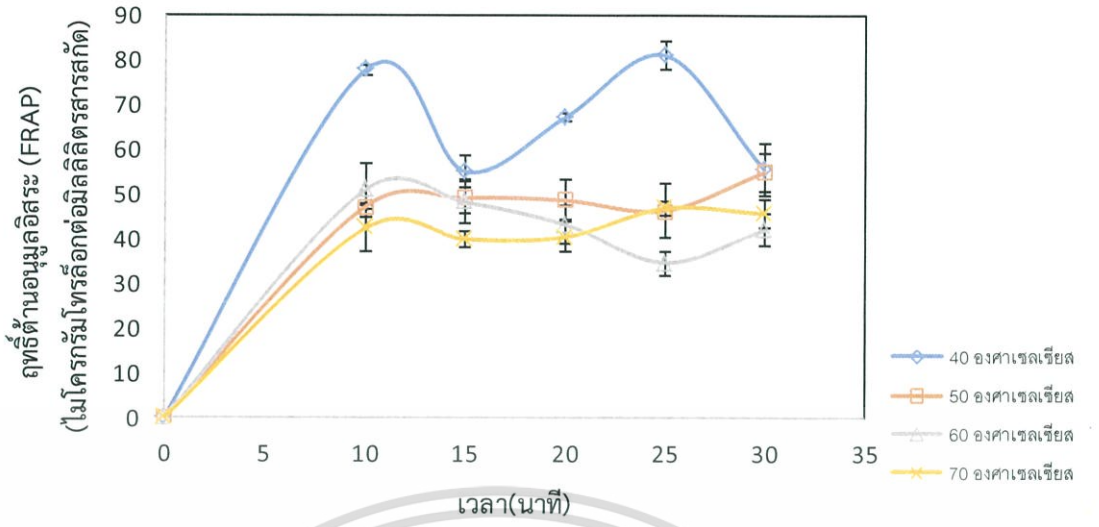
ตารางที่ 4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ในสาร Free phenolics บ่มที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ± SD (µg TE/ml extract)
40	10	$78.0000 \pm 1.1097^{a,A}$
	15	$55.2026 \pm 3.6030^{a,C}$
	20	$67.3462 \pm 0.7905^{a,B}$
	25	$81.1833 \pm 3.1353^{a,A}$
	30	$55.6956 \pm 5.6796^{a,C}$
50	10	$47.3569 \pm 0.6527^{bc,AB}$
	15	$49.2862 \pm 3.5630^{a,AB}$
	20	$48.8039 \pm 4.4192^{b,AB}$
	25	$46.4887 \pm 6.1606^{b,B}$
	30	$55.0418 \pm 4.2155^{a,A}$
60	10	$51.1297 \pm 6.0161^{b,A}$
	15	$48.3751 \pm 4.8976^{a,AB}$
	20	$43.3162 \pm 4.3027^{bc,AB}$
	25	$34.8596 \pm 2.6691^{c,C}$
	30	$42.0943 \pm 3.5418^{bc,BC}$
70	10	$42.4909 \pm 5.2005^{c,AB}$
	15	$40.0900 \pm 1.7691^{b,B}$
	20	$40.6152 \pm 3.4602^{c,AB}$
	25	$47.0247 \pm 1.5114^{b,A}$
	30	$45.8992 \pm 3.1285^{b,AB}$

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

4.3.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Soluble conjugate phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่มีผลการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.6 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.6 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 5.4812 ± 0.9243 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.6 และพบว่าที่เวลา 15 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 4.5916 ± 1.3721 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.6 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 4.1308 ± 0.9187 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการบ่ม 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.6 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 3.1554 ± 0.4436 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 25 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 25 นาที ทุกอุณหภูมิให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 4.1093 ± 0.8090 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 60, 70 และ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

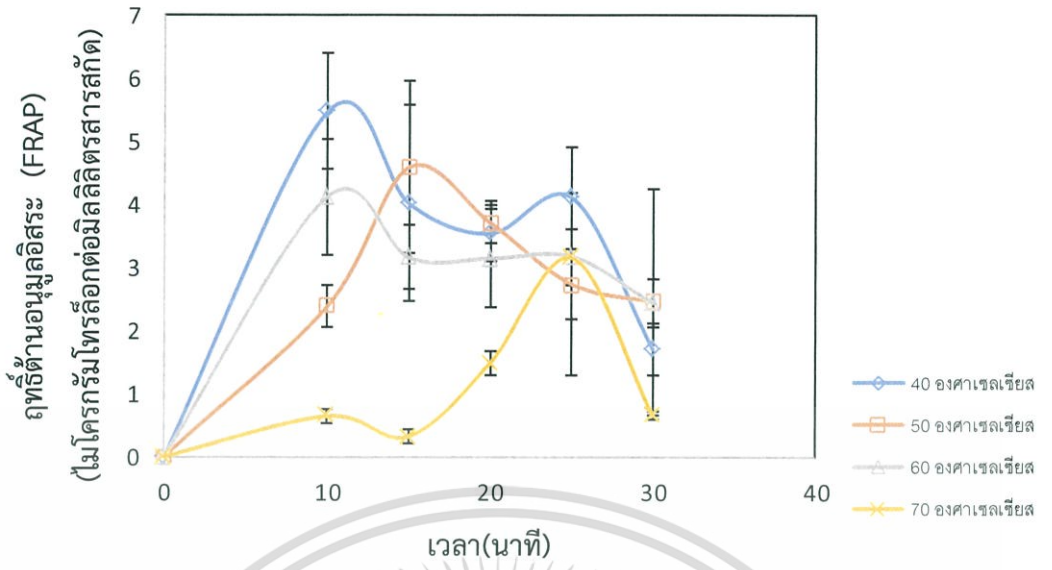
ตารางที่ 4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ในสาร Soluble conjugate phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ± SD (µg TE/ml extract)
40	10	$5.4812 \pm 0.9243^{a,A}$
	15	$4.0129 \pm 1.5524^{a,AB}$
	20	$3.5413 \pm 0.4517^{a,B}$
	25	$4.1093 \pm 0.8090^{a,AB}$
	30	$1.7085 \pm 0.4197^{a,C}$
50	10	$2.3944 \pm 0.3221^{c,A}$
	15	$4.5916 \pm 1.3721^{a,A}$
	20	$3.7128 \pm 0.3300^{a,A}$
	25	$2.7374 \pm 1.4545^{a,A}$
	30	$2.4587 \pm 1.7973^{a,A}$
60	10	$4.1308 \pm 0.9187^{b,A}$
	15	$3.1554 \pm 0.5108^{a,AB}$
	20	$3.1447 \pm 0.7724^{a,AB}$
	25	$3.1768 \pm 1.0071^{a,AB}$
	30	$2.4373 \pm 0.3912^{a,B}$
70	10	$0.6474 \pm 0.1129^{d,C}$
	15	$0.3258 \pm 0.1217^{d,C}$
	20	$1.4834 \pm 0.1884^{b,B}$
	25	$3.1554 \pm 0.4436^{a,A}$
	30	$0.6581 \pm 0.0669^{a,C}$

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

4.3.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

ผลการศึกษาผลอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.7 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.7 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.7260 ± 0.0257 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการสกัด 25 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับเวลา 10 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.7 และพบว่าที่เวลา 30 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.5115 ± 0.0346 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.7 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.4794 ± 0.0493 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.7 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.4458 ± 0.0124 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 15 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 15 นาที โดยส่วนมากเกือบทุกอุณหภูมิให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากและใช้เวลาน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 0.5128 ± 0.0296 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียง พอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

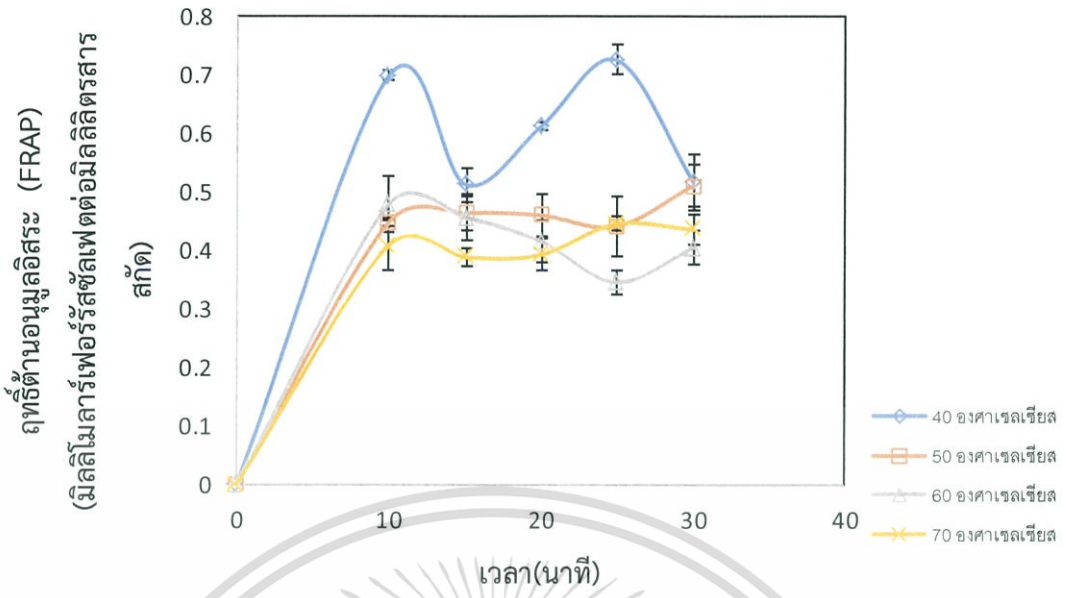
ตารางที่ 4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ในสาร Free phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ± SD (mM FES /ml extract)
40	10	$0.6998 \pm 0.0091^{a,A}$
	15	$0.5128 \pm 0.0296^{a,C}$
	20	$0.6125 \pm 0.0065^{a,B}$
	25	$0.7260 \pm 0.0257^{a,A}$
	30	$0.5169 \pm 0.0466^{a,C}$
50	10	$0.4485 \pm 0.0054^{bc,AB}$
	15	$0.4643 \pm 0.0292^{a,AB}$
	20	$0.4604 \pm 0.0362^{b,AB}$
	25	$0.4414 \pm 0.050^{b,B}$
	30	$0.5115 \pm 0.0346^{a,A}$
60	10	$0.4794 \pm 0.0493^{b,A}$
	15	$0.4568 \pm 0.0402^{a,AB}$
	20	$0.4153 \pm 0.0353^{bc,AB}$
	25	$0.3460 \pm 0.0219^{c,C}$
	30	$0.4053 \pm 0.0291^{c,BC}$
70	10	$0.4086 \pm 0.0427^{c,AB}$
	15	$0.3889 \pm 0.0145^{b,B}$
	20	$0.3932 \pm 0.0284^{c,AB}$
	25	$0.4458 \pm 0.0124^{b,A}$
	30	$0.4365 \pm 0.0257^{b,AB}$

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Free phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

4.3.4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด Soluble conjugate phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แสดงผลดังตารางที่ 4.8 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.8 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.1055 ± 0.0070 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 10 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.8 และพบว่าที่เวลา 15 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.0981 ± 0.0105 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.8 และพบว่าที่เวลา 10 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.0944 ± 0.0068 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการสกัด 10 นาที ใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเวลาต่างๆ เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกและคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.8 และพบว่าที่เวลา 25 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสกัดอื่นๆ คือ 0.0864 ± 0.0032 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการสกัด 25 นาที เพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยที่เวลา 25 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลา 25 นาที ทุกอุณหภูมิให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 0.0943 ± 0.0071 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอุณหภูมิ 60, 70 และ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พอเพียงพอเพียงพอต่อการใช้ย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

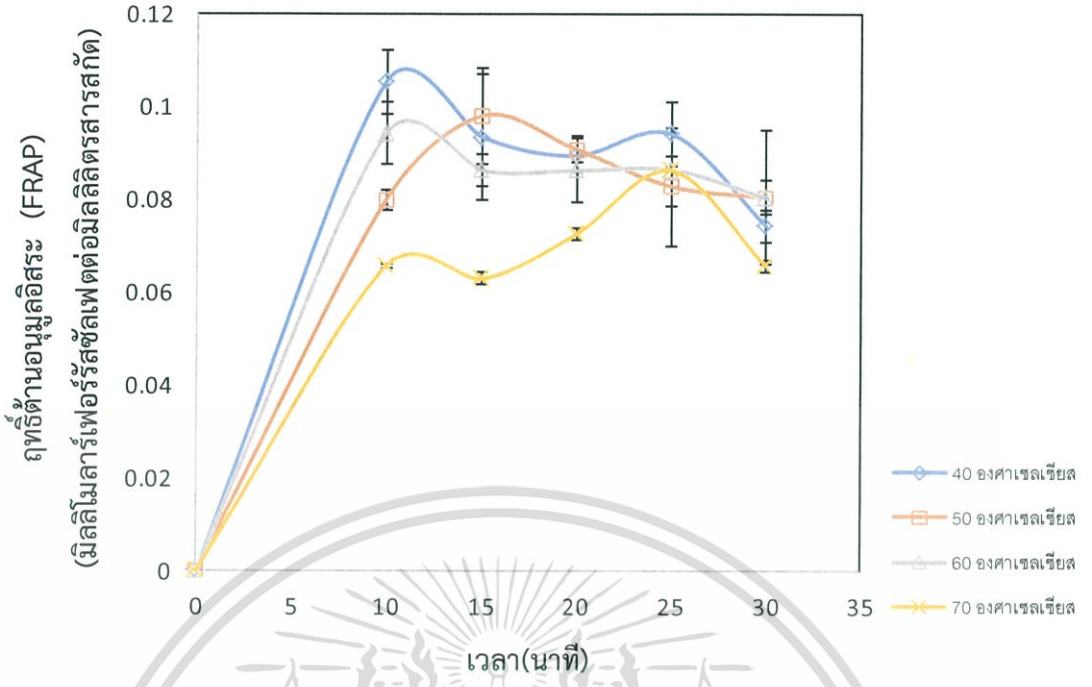
ตารางที่ 4.8 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ในสาร Soluble conjugate phenolics เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ± SD (mM FES /ml extract)
40	10	$0.1055 \pm 0.0070^{a,A}$
	15	$0.0935 \pm 0.0137^{a,AB}$
	20	$0.0896 \pm 0.0037^{a,B}$
	25	$0.0943 \pm 0.0071^{a,AB}$
	30	$0.0744 \pm 0.0033^{a,C}$
50	10	$0.0801 \pm 0.0021^{c,A}$
	15	$0.0981 \pm 0.0105^{a,A}$
	20	$0.0910 \pm 0.0026^{a,A}$
	25	$0.0830 \pm 0.0127^{a,A}$
	30	$0.0806 \pm 0.0144^{a,A}$
60	10	$0.0944 \pm 0.0068^{b,A}$
	15	$0.0863 \pm 0.0034^{a,AB}$
	20	$0.0863 \pm 0.0069^{a,AB}$
	25	$0.0865 \pm 0.0080^{a,AB}$
	30	$0.0805 \pm 0.0037^{a,B}$
70	10	$0.0657 \pm 0.0006^{d,C}$
	15	$0.0630 \pm 0.0013^{b,C}$
	20	$0.0726 \pm 0.0012^{b,B}$
	25	$0.0864 \pm 0.0032^{a,A}$
	30	$0.0658 \pm 0.0012^{a,C}$

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเวลา ณ อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด Soluble conjugate phenolics กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

4.4 อภิปรายผล

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น พบว่าการย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสมีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยฟีนอลิก ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และพบว่าที่เวลาในการสกัด 30 นาที ณ อุณหภูมิสูง สารสกัด Free phenolic มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัด Soluble conjugate phenolic ซึ่งค้านกับงานวิจัยของ Lui และคณะ (2017) พบว่าสารสารสกัด Soluble conjugate phenolic มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 103.5 ± 3.5 มิลลิกรัมแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว 33.2 ± 2.1มิลลิกรัมแคเทชินต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว และ 207.5 ± 21.7 มิลลิกรัมโทรล็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว ตามลำดับ มากกว่าสารสกัด Free phenolic ซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 85.1 ± 3.3 มิลลิกรัมแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว 16.6 ± 2.2 มิลลิกรัมแคเทชินต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว และ 163.6 ± 16.3 มิลลิกรัมโทรล็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของรำข้าว ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สารสกัด Free phenolics และ Soluble conjugate phenolics ของรำข้าวหอมมะลิสุพรรณผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแซ่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิสกัดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้จาก Free phenolics ที่ระยะเวลาในการสกัด 10 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 236.6840 ± 0.7887 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด และสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่ระยะเวลาในการสกัด 15 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 25.9896 ± 0.6250 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตรสารสกัด

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ได้จากการสกัด Free phenolics ที่ระยะเวลาในการสกัด 15 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 506.2778 ± 87.0947 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด และสารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่ระยะเวลาในการสกัด 15 นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 95.1667 ± 11.6402 ไมโครกรัมเควอซิทินต่อมิลลิลิตรสารสกัด

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก) ที่ระยะเวลาในการสกัด 15 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 55.2026 ± 3.6030 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด สารสกัด Soluble conjugate phenolics ที่ระยะเวลาในการสกัด 25 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 4.1093 ± 0.8090 ไมโครกรัมโทรล็อกต่อมิลลิลิตรสารสกัด สารสกัด Free phenolics (ค่าการดูดกลืนแสงประเมินเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต) ที่ระยะเวลาในการสกัด 15 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 0.5128 ± 0.0296 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด และสารสกัด Soluble conjugate phenolic ที่ระยะเวลาในการสกัด 25 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 0.0943 ± 0.0071 มิลลิโมลาร์เฟอร์รัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตรสารสกัด

จากการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าช่วงระยะในการสกัด 10-15 นาที และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งช่วงเวลาและอุณหภูมินี้จะช่วยประหยัดเวลาในการทดลองและเอนไซม์ไม่เสียสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธีอื่นด้วย เช่น ORAC
2. การสกัดอาจใช้วิธีอื่นมาสกัดหรือเพิ่มขั้นตอนในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

อรุณศรี และผดุงขวัญ. 2548. รำข้าวที่มีคุณภาพ:คุณค่าต่อสุขภาพ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://home.kku.ac.th/uac/journal/year_13_3_2548/01_13_3_2548.pdf. สืบค้นวันที่ 19/01/2561

ฉลวย ทับศรี ม่วงพรวน. 2555. การศึกษาผลการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันรำข้าและจมูกข้าว P2PLUS. บริษัทปฐมสิทธิ์จำกัดประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.organellelife.com/pdf/P2Plus.pdf. สืบค้นวันที่ 19/01/2561

ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2556. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อการสกัดวิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลจากรำข้าวพันธุ์ กข6. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://gsbooks.gs.kku.ac.th/56/grc14/files/bmp17.pdf. สืบค้นวันที่ 20/01/2561

ปัทมา ฤาชาฤทธิ์. 2554. การเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์ไลเพสจากรำข้าวดิบและรำข้าวที่สกัดน้ำมันออกแล้ว. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51986. สืบค้นวันที่ 20/01/2561

จิราภรณ์ ทองต้น, วรพงศ์ ภู่พงศ์. 2560. การประยุกต์ใช้น้ำมันรำข้าวและสารสกัดรำข้าวหอมมะลิแดงในเครื่องสำอางค์สำหรับผิว. วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:https://www.tcithaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/97624. สืบค้นวันที่ 20/01/2561

จิราภรณ์ พึ่งธรรม, กรณ์กนก อายุสุข. 2551. การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์องค์ประกอบของโพลิโคซานอลจากไขรำข้าวของไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: file:///C:/Users/User/Downloads/kmuttv31n2_7.pdf. สืบค้นวันที่ 21/01/2561

ศศิวิมล จิตราการ, แพรจันทร์ สังขะจันทร์. 2553. การศึกษาความคงตัวของรำข้าว กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวและสมุนไพร. [ออนไลน์] แหล่งที่มา:http://www.crdc.kmutt.ac.th/document/download/agr/agr4/221-224.pdf. สืบค้นวันที่ 21/01/2561

จันทร์สม แก้วอุดร. 2546. การทำให้รำข้าวมีความคงตัวด้วยไมโครเวฟ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.crdc.kmutt.ac.th/document/download/agr/agr4/221-224.pdf. สืบค้นวันที่ 22/01/2561

กรณ์กนก อายุสุข. 2548. ปัจจัยขององค์ประกอบในน้ำมันรำข้าวดิบที่มีต่อการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการรีไฟน์น้ำมัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://library.cmu.ac.th/newbook/data/2008-09-2209-05-33_abs_abs.pdf. สืบค้นวันที่ 22/01/2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวิทย์ สันติวัฒนา, จิตตินันท์ ปานระไพ. 2560. การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม มะเขือเทศ และงาดำ. บริษัทน้ำมันบริโภคไทยจำกัด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.journal.sci.kmutnb.ac.th/OnlineFirst/OnlineFirst20160401011623.pdf. สืบค้นวันที่ 22/01/2561

อมรรัตน์ ถนนแก้ว, สุรพจน์ วงศ์ใหญ่. 2555. การสกัดน้ำมันรำข้าวสังข์หยยดโดยวิธีเชิงกลและการประยุกต์ใช้ในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://beyond.library.tu.ac.th/cdm/ref/collection/trf_or_th/id/17202. สืบค้นวันที่ 23/01/2561

ปภาวดี คล่องพิทยาพงษ์, รุ้งตะวัน สุภาผล. 2558. ฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของน้ำมันรำข้าวต่อเซลล์มะเร็งตับ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/38630/31964. สืบค้นวันที่ 23/01/2561

ลือชัย บุตคุป. 2554. สารประกอบฟีโนลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.thaiscience.info/Journals/Article/JSMU/10888192.pdf. สืบค้นวันที่ 24/01/2561

สุชาดา มานอก, ปวีณา ลิ้มเจริญ. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/15-1/chapter-10.pdf. สืบค้นวันที่ 24/01/2561

นวลอนงค์ เสมสังข์, ณกมล แก้วลังการ์ และวีรพงษ์ จันทะชัย. 2558. ปริมาณฟลาโวนอยสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: file:///C:/Users/User/Downloads/545-58-SCI-NRCT.pdf. สืบค้นวันที่ 25/01/2561

วิราสิณี จันทร์เป็ง และนพพล เล็กสวัสดิ์. 2557. อะไมเลส. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-025.pdf. สืบค้นวันที่ 25/01/2561

นิตยา ตันติวา และนพพล เล็กสวัสดิ์. 2557. การศึกษาจลนพลศาสตร์ของเอนไซม์อัลฟ่าอะไมเลสที่ผลิตจากเชื้อ *Bacillus* sp. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-004.pdf. สืบค้นวันที่ 25/01/2561

สุนีย์ โชตินีรนาท, รังสิมา ชลคุป และกล้าณรงค์ ศรีรอต. 2555. จลนพลศาสตร์และผลิตภัณฑ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในการย่อยแป้งมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC3606002.pdf. สืบค้นวันที่ 26/01/2561

ชยานนท์ พีระพิทยมงคล. 2553. Enzyme. มหาวิทยาลัยมหิดล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/department/biochemistry/home/md/Lecture/MedEnzyme2010.pdf. สืบค้นวันที่ 26/01/2561

สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ, อนวัช พินิจศักดิ์กุล, มลฤดี เจนกุลประสูติ และวิภาดา วิชุพงษ์.2553. การผลิตเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสด้วย Bcillus subtilis โดยใช้น้ำทิ้งจากขั้นตอนการลอกแป้งของอุตสาหกรรมฟอกย้อม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). 2557.เทคโนโลยีเอนไซม์ : จากสิ่งมีชีวิตสู่อุตสาหกรรมที่ยั่งยืน. ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเอนไซม์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.nstda.or.th/sciencecamp/th/file/49165439KU4NRHICG.pdf. สืบค้นวันที่ 27/01/2561

เมทินี มาเวียง. 2557. จลนพลสาสตร์ของเอนไซม์และจุลินทรีย์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [ออนไลน์ แหล่งที่มา:https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxiaW90ZWNocm11dGlzdXJpbnxneDoyOWE4MjY5NDA0YzZlMDAx. สืบค้นวันที่ 27/01/2561

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2546. ชนิดของเอนไซม์อะไมเลส. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1174/amylase-%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%AA. สืบค้นวันที่ 28/01/2561

วรัญญา พงษ์ไพบูลย์ และสุภัทร์ ไชยกุล. 2558. ผลของความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมีและความหนืดของแป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูงที่ผ่านการย่อย. มหาวิทยาลัยมหิดล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202015/CRDC9/data/481-484.pdf. สืบค้นวันที่ 29/01/2561

ดนัย บุณยเกียรติ. 2549. เอนไซม์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/teacher.htm. สืบค้นวันที่ 11/02/2561

Gerson LopesTeixeira, Saeed M.Ghazan, Marcos LúcioCorazza, Alejandro G.Marangoni,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rosemary HoffmannRibani. 2018. "Assessment of subcritical propane, supercritical $CO_2$and Soxhlet extraction of oil from sapucaia (*Lecythis pisonis*) nuts." The Journal of Supercritical Fluids. 133(1): 122-132.

RubyPandey, Shanker LalShrivastava. 2018. "Comparative evaluation of rice bran oil obtained with two-step microwave assisted extraction and conventional solvent extraction." Journal of Food Engineering. 218, February 2018: 106-114.

Maria C.Capellini, VanessaGiacomini, Maitê S.Cuevas, Christianne E.C.Rodrigues. 2018."Corrigendum to "Rice bran oil extraction using alcoholic solvents: Physicochemical characterization of oil and protein fraction functionality" [Ind. Crops Prod." Industrial Crops and Products. 104 May 2018 : 133-143.

Pablo Juliano, FabianBainczyk, Piotr Swiergon, Made Ian Maheswara Supriyatna, Claudia Guillaume, Leandro Ravetti, Pablo Canamasas, Giancarlo Cravotto, Xin-Qing Xu. 2017. "Extraction of olive oil assisted by high-frequency ultrasound standing waves." Ultrasonics Sonochemistry: 38 September 2018: 104-114.

Juliana Ferreira Soares, ValériaDal Prá, Matheusde Souza, Felipe CavalheiroLunelli, Ederson Abaide, Juliana R.F.da Silva, Raquel C.Kuhn, Julian Martínez, Marcio A.Mazutti. 2016. "Extraction of rice bran oil using supercritical CO_2 and compressed liquefied petroleum gas." Journal of Food Engineering. 170 February 2016: 58-63.

PatiwitLoypimai, Anuchita Moongngarm, Pheeraya Chottanom. 2016. "Phytochemicals and antioxidant capacity of natural food colorant prepared from black waxy rice bran." Food Bioscience. 15 (1) : 34-41.

Sandra L.B.Navarro, Christianne E.C.Rodrigues. 2016. "Macadamia oil extraction methods anduses for the defatted meal byproduct." Trends in Food Science & Technology. 54 August 2016 : 148-154.

Suphat Phongthai, Seung-Taik Lim, Saroat Rawdkuen. 2016. "Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein and its hydrolysates properties." Journal of Cereal Science.70July 2016: 146-154.

Dongfang Chen, Junling Shi, Xinzhong Hu, Shuangkui Du, 2015. "Alpha-amylase treatment increases extractable phenolics and antioxidant capacity of oat (*Avena nuda*). flour." Journal of Cereal Science. 65 September 2015: 60-66.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M.N.Islam, A.Sabur, R.Ahmmed, M.E.Hoque. 2015. "Oil Extraction from Pine Seed (Polyalthialongifolia) by Solvent Extraction Method and its Property Analysis." Procedia Engineering. 105 : 613-618.

Patiwit Loypimai, Anuchita Moongngarm, Pheeraya Chottanom, Tanongsak Moontree. 2015."Ohmic heating-assisted extraction of anthocyanins from black rice bran to prepare a natural food colourant." Innovative Food Science & Emerging Technologies. 27 Februrary 2015 : 102-110.

Karin Tomita, Siti Machmudah, Wahyudiono, Ryuichi Fukuzato, Hideki Kanda, Armando T.Quitain, Mitsuru Sasaki, Motonobu Goto. 2014. "Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration." Separation and Purification Technology. 125(7) : 319-325.

Myat, L., Ryu, G. H. 2014. Effect of thermostable a-amylase injection on mechanical and physiochemical properties for saccharification of extruded corn starch. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 288–295.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (7% Sodium carbonate)

   เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 7 โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตมา 3.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร ผสมจนละลาย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

2. การเตรียมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ (5% Sodium nitrate)

   เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 5 โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตมา 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ผสมจนละลาย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

3. การเตรียมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3 .6H_2O$)

   เตรียมอลูมิเนียมคลอไรด์ร้อยละ 10 โดยชั่งอลูมิเนียมคลอไรด์อย่างละเอียด 5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

4. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1M NaOH)

   เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

5. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (2M NaOH)

   เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

6. การเตรียมสารเฟอร์ลิกคลอไรด์ (Ferric chloride)

7. เตรียมเฟอร์ลิก โดยชั่งเฟอร์ลิก 0.0541 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมจนละลายการเตรียมสาร TPTZ

   เตรียมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ โดยใช้กรดไฮโดรคลออริก 34.3 µl ผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

   เตรียมสาร TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง TPTZ 0.0312 กรัม ละลายในกรดไฮโรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การเตรียมสาร TPTZ

เตรียมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ โดยใช้กรดไฮโดรคลออริก 34.3 µl ผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

เตรียมสาร TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง TPTZ 0.0312 กรัม ละลายในกรดไฮโรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร10 มิลลิลิต

9. การเตรียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ (Acetate buffer)

- สาร ก อะซิเตทบัฟเฟอร์
  เตรียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ โดยใช้กรดอะซิติก 0.9 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
- สาร ข โซเดียมอะซิเตท
  เตรียมโซเดียมอะซิเตท โดยใช้โซเดียมอะซิเตท 2.04 กรัม ผสมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
- ผสมสาร ก และ สาร ข โดยปิเปตสาร ก 46.3 มิลลิลิตร สาร ข 3.7 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมารด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 3.6

10. การเตรียมสาร FRAP

ผสมอะซิเตทบัฟเฟอร์, TPTZ และเฟอร์ลิกคลอไรด์ ในอัตราส่วน 50:5:5 (v/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์กราฟมาตรฐาน

1. การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกด้วยวิธี Folin–Ciocalteu colorimetric

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก โดยชั่งกรดแกลลิก 0.0010 กรัม

1.2 ทำการละลายด้วยเอทานอล 70% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (Stock 1000 µg/ml)

1.3 ผสมให้เข้ากัน

1.4 ทำการเจือจางสารละลายกรดแกลลิกให้มีความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100 µg/ml)

ความเข้มข้น (µg/ml)	ปริมาตรกรดแกลลิก (µl)	เอทานอล 70% (ml)
20	20	980
40	40	960
60	60	940
80	80	920
100	100	900

1.5 นำแกลลิกแต่ละความเข้มข้นเติม Folin–Ciocalteu colorimetric (Folin 1ml :น้ำกลั่น 5ml) ปริมาตร 1 ml ทุกหลอด

1.6 นำแกลลิกแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 200 µl ลงในหลอดที่มี Folin แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที

1.7 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 10 (w/v) 1 มิลลิลิตร

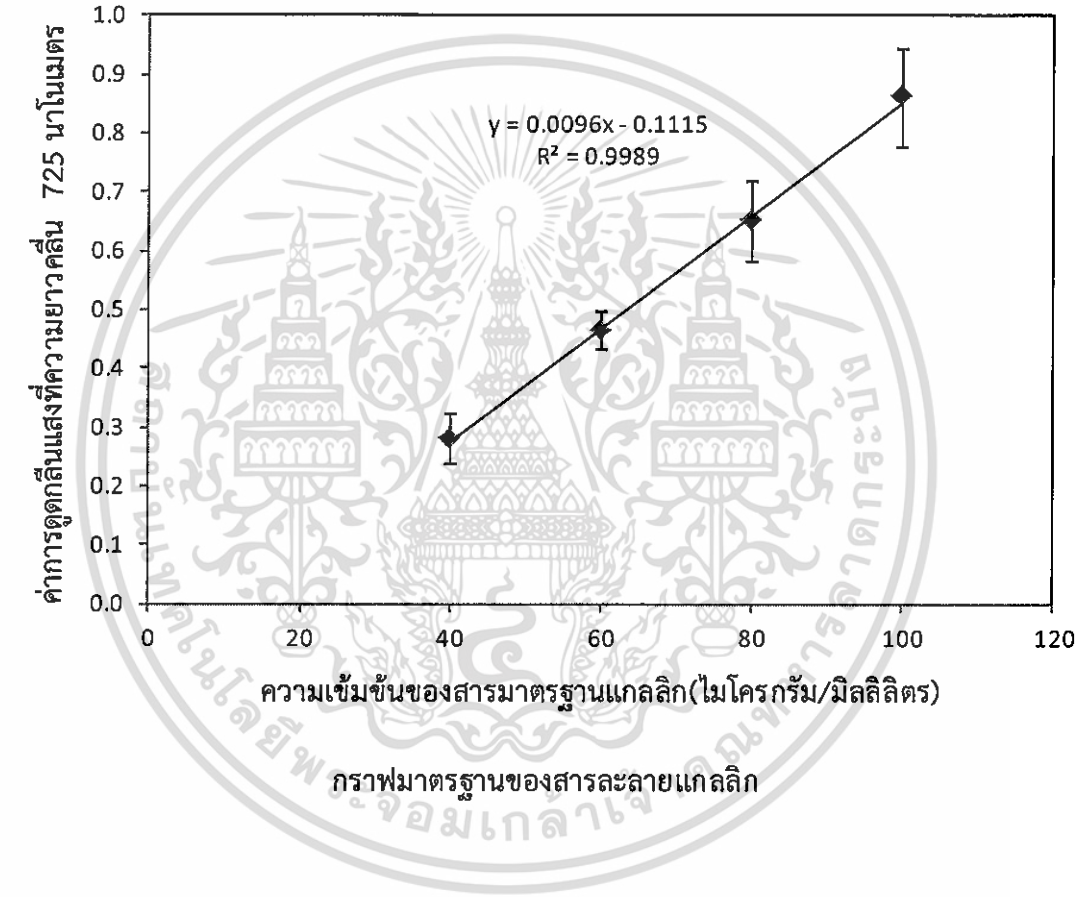
1.8 บ่ม 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องในที่มืด

1.9 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตรของสารมาตรฐานแกลลิก

ความเข้มข้นแกลลิก (µg/ml)	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย (µg/ml)
40	0.320	0.235	0.282	0.2790
60	0.494	0.428	0.470	0.4640
80	0.695	0.570	0.681	0.6487
100	0.936	0.768	0.875	0.8597



กราฟมาตรฐานของสารละลายแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานเควอซิทิน

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน ชั่ง 0.0020 กรัม

2.2 ทำการละลายด้วยเอทานอล 70% 1 มิลลิลตร (Stock 2000 µg/ml)

2.3 ผสมให้เข้ากัน

2.4 ทำการเจือจางสารละลายเควอซิทินให้มีความเข้มข้น 60, 80, 100, 200, 500 µg/ml)

ความเข้มข้น (µg/ml)	ปริมาตรเควอซิทิน(µl)	เอทานอล 70% (ml)
60	30	970
80	40	960
100	50	950
200	100	900
250	125	875
500	250	750

2.5 เติมสารละลาย $NaNo_2$ ร้อยละ 5 (w/v) ปริมาณ 150 ไมโครลิตร

2.6 ผสมให้เข้ากัน

2.7 เติม $AlCl_3$ $6H_20$ ร้อยละ 10 (w/v) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร

2.8 ผสมให้เข้ากัน

2.9 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 (w/v) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร

2.10 ผสมสารละลายทั้งหมดให้เข้ากัน

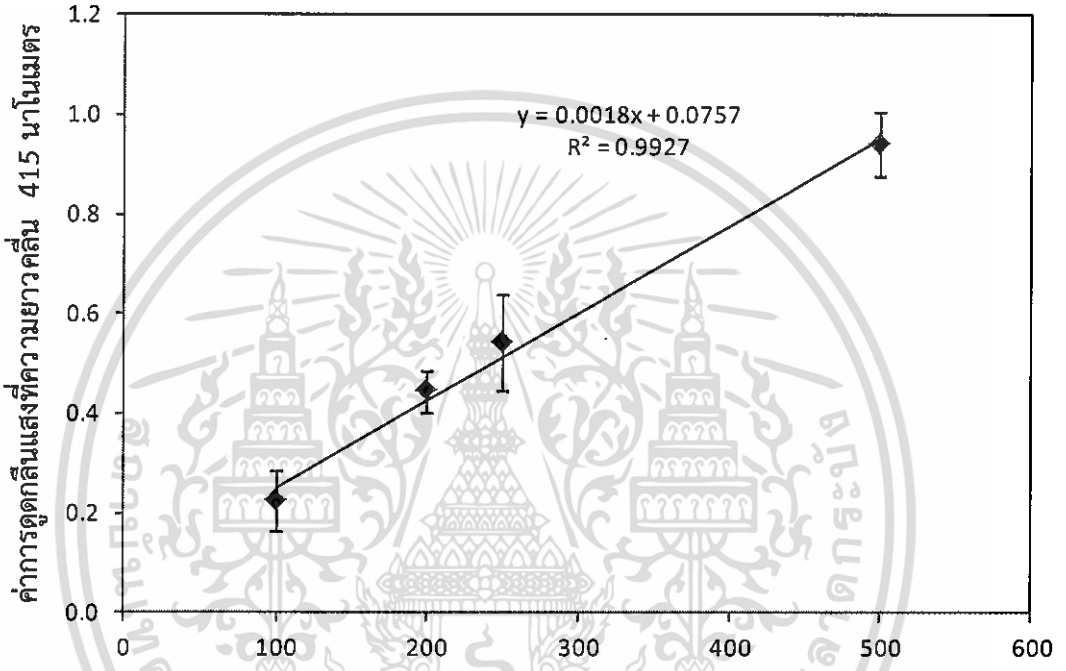
2.11 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที

2.12 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตรของสารมาตรฐานเควอซิทิน

ความเข้มข้นควอซิทิน	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
100	0.273	0.238	0.157	0.2227
200	0.493	0.422	0.415	0.4433
250	0.649	0.501	0.472	0.5407
500	1.013	0.911	0.895	0.9397



กราฟมาตรฐานสารละลายเควอซิทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์

3.1 เตรียมสารละลายโทรลอ็กซ์ ชั่ง 0.0010 กรัม

3.2 ทำการละลายด้วยเอทานอล 70% 1 มิลลิลตร

3.3 ผสมให้เข้ากัน

3.4 ทำการเจือจางสารละลายโทรล็อกให้มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 µg/ml)

ความเข้มข้น (µg/ml)	ปริมาตรโทรล็อก (µl)	เอทานอล 70% (ml)
5	5	940
10	10	920
15	15	900
20	20	800
25	25	750
30	30	500

3.5 เติม FRAP 0.75 มิลลิลิตร

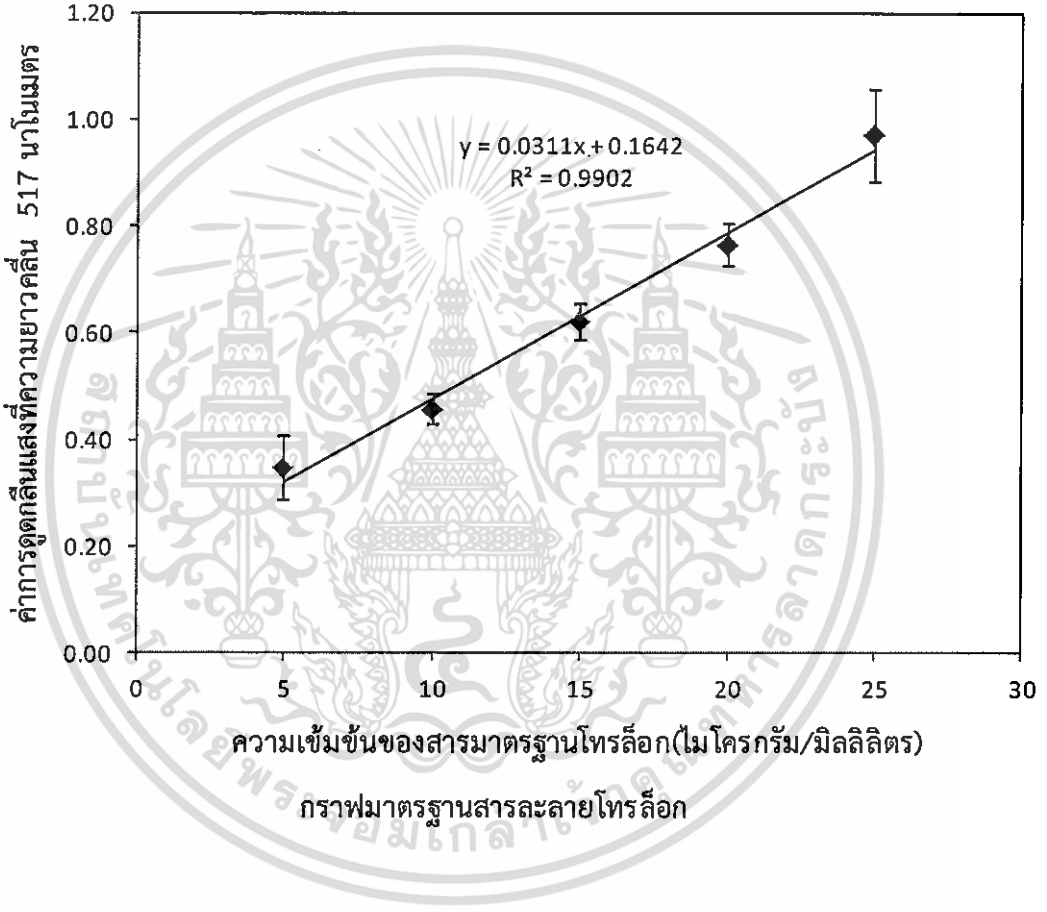
3.6 บ่ม 5 นาทีให้เกิดปฏิกิริยา

3.7 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ของสารมาตรฐานโทรล็อก

ความเข้มข้นโทรล็อกซ์	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
5	0.340	0.410	0.287	0.3457
10	0.480	0.425	0.461	0.4553
15	0.657	0.607	0.594	0.6193
20	0.808	0.751	0.734	0.7643
25	1.062	0.952	0.892	0.9687



กราฟมาตรฐานสารละลายโทรล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต

4.1 เตรียมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ชั่ง 0.0014 กรัม

4.2 ทำการละลายด้วยเอทานอล 70% 1 มิลลิลตร

4.3 ผสมให้เข้ากัน

4.4 ทำการเจือจางสารละลายโทรล็อกให้มีความเข้มข้น 0.025, 0.05, 0.10, 0.20, 0.35, 0.40 และ 0.50 mM)

ความเข้มข้น (mM)	ปริมาตรโทรล็อก (µl)	เอทานอล 70% (ml)
0.025	5	995
0.05	10	990
0.10	20	980
0.20	40	960
0.30	60	940
0.40	80	920
0.50	100	900

4.5 เติม FRAP 0.75 มิลลิลิตร

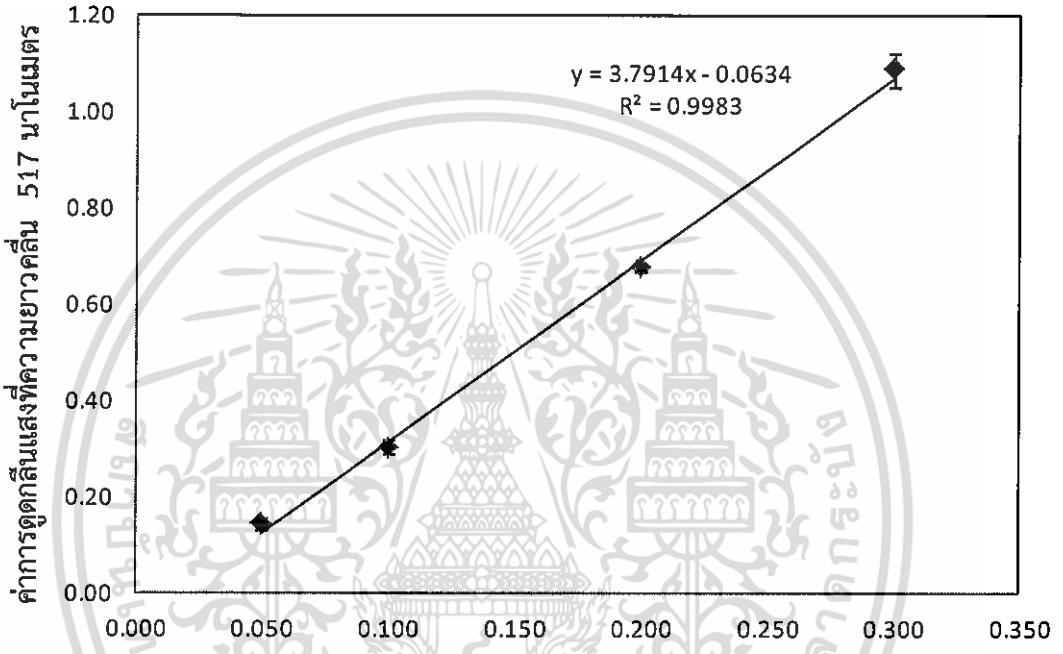
4.6 บ่ม 5 นาทีให้เกิดปฏิกิริยา

4.7 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

ความเข้มข้นเฟอร์รัสซัลเฟต	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
0.050	0.1493	0.1497	0.1303	0.1431
0.100	0.3133	0.3123	0.2843	0.3033
0.200	0.6777	0.6690	0.6853	0.6773
0.300	1.0497	1.0943	1.1170	1.0870



กราฟมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SPSS) program for Windows Version 20 ยกตัวอย่างมาดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) ที่อุณหภูมิต่างๆ ณ เวลาบ่ม 10 นาที

หมายเหตุ : P1 คือ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics

P2 คือ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics

F1 คือ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics

F2 คือ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics

FRAP1 คือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

FRAP2 คือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

FRAP3 คือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

FRAP4 คือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Descriptives									
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
P1	40	3	236.684067	.7887255	.4553709	234.724764	238.643370	235.7813	237.2396
	50	3	205.746533	13.1964807	7.6189917	172.964658	238.528409	190.8854	216.0938
	60	3	230.260433	7.1950115	4.1540418	212.387034	248.133833	223.9063	238.0729
	70	3	228.593800	6.9597055	4.0181878	211.304933	245.882667	222.3438	236.0938
	Total	12	225.321208	14.1167680	4.0751599	216.351842	234.290575	190.8854	238.0729
P2	40	3	26.371567	2.2470593	1.2973403	20.789562	31.953571	23.8021	27.9688
	50	3	24.288200	.6697049	.3866543	22.624561	25.951839	23.8021	25.0521
	60	3	27.517367	1.1982776	.6918259	24.540680	30.494053	26.3021	28.6979
	70	3	23.038200	2.4855089	1.4350092	16.863854	29.212546	20.2604	25.0521
	Total	12	25.303833	2.3900547	.6899494	23.785265	26.822402	20.2604	28.6979
F1	40	3	396.092567	15.0855125	8.7096247	358.618076	433.567057	386.8333	413.5000
	50	3	236.277767	13.4829662	7.7843941	202.784222	269.771311	220.7222	244.6111
	60	3	481.277767	50.5555500	29.1882604	355.690818	606.864715	430.7222	531.8333
	70	3	580.351833	21.9731375	12.6861969	525.767534	634.936133	567.3889	605.7222
	Total	12	423.499983	134.2075702	38.7423884	338.228561	508.771405	220.7222	605.7222
F2	40	3	65.907400	1.7858330	1.0310512	61.471145	70.343655	64.6111	67.9444
	50	3	51.277767	3.8889143	2.2452657	41.617168	60.938365	46.8333	54.0556

	60	3	149.611133	38.5541325	22.2592388	53.837359	245.384908	125.1667	194.0556
	70	3	81.277767	3.3792952	1.9510370	72.883132	89.672401	77.3889	83.5000
	Total	12	87.018517	42.6975880	12.3257320	59.889764	114.147270	46.8333	194.0556
FRAP1	40	3	78.000000	1.1096504	.6406570	75.243475	80.756525	76.9068	79.1254
	50	3	47.356900	.6526723	.3768205	45.735572	48.978228	46.6495	47.9357
	60	3	51.129667	6.0160903	3.4733914	36.184870	66.074464	44.2379	55.3312
	70	3	42.490867	5.2005138	3.0025181	29.572074	55.409659	36.4887	45.6527
	Total	12	54.744358	14.7883012	4.2690148	45.348320	64.140397	36.4887	79.1254
FRAP2	40	3	5.481233	.9243165	.5336544	3.185104	7.777363	4.7524	6.5209
	50	3	2.394433	.3220853	.1859560	1.594329	3.194538	2.0836	2.7267
	60	3	4.130767	.9186966	.5304097	1.848598	6.412936	3.0804	4.7846
	70	3	.647400	.1129308	.0652006	.366864	.927936	.5402	.7653
	Total	12	3.163458	1.9844592	.5728640	1.902593	4.424324	.5402	6.5209
FRAP3	40	3	.699867	.0091029	.0052556	.677254	.722480	.6909	.7091
	50	3	.448467	.0053257	.0030748	.435237	.461696	.4427	.4532
	60	3	.479433	.0493503	.0284924	.356840	.602026	.4229	.5139
	70	3	.408567	.0426860	.0246448	.302529	.514605	.3593	.4345
	Total	12	.509083	.1213199	.0350220	.432000	.586166	.3593	.7091
FRAP4	40	3	.105500	.0069864	.0040336	.088145	.122855	.1006	.1135
	50	3	.080100	.0020664	.0011930	.074967	.085233	.0784	.0824
	60	3	.094400	.0067506	.0038974	.077631	.111169	.0867	.0993

	70	3	.065700	.0005292	.0003055	.064386	.067014	.0653	.0663
	Total	12	.086425	.0162056	.0046781	.076128	.096722	.0653	.1135

ตาราง ANOVA

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
P1	Between Groups	1642.165	3	547.388	7.963	.009
	Within Groups	549.950	8	68.744		
	Total	2192.115	11			
P2	Between Groups	36.613	3	12.204	3.723	.061
	Within Groups	26.223	8	3.278		
	Total	62.836	11			
F1	Between Groups	191232.300	3	63744.100	73.948	.000
	Within Groups	6896.091	8	862.011		
	Total	198128.391	11			
F2	Between Groups	17021.617	3	5673.872	14.969	.001
	Within Groups	3032.307	8	379.038		
	Total	20053.924	11			
FRAP1	Between Groups	2275.840	3	758.613	46.759	.000
	Within Groups	129.792	8	16.224		
	Total	2405.632	11			
FRAP2	Between Groups	39.689	3	13.230	29.159	.000
	Within Groups	3.630	8	.454		
	Total	43.319	11			
FRAP3	Between Groups	.153	3	.051	46.746	.000
	Within Groups	.009	8	.001		
	Total	.162	11			
FRAP4	Between Groups	.003	3	.001	36.268	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.003	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
50	3	205.746533	
70	3		228.593800
60	3		230.260433
40	3		236.684067
Sig.		1.000	.285

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
70	3	23.038200	
50	3	24.288200	24.288200
40	3	26.371567	26.371567
60	3		27.517367
Sig.		.062	.069

- ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
50	3	236.277767			
40	3		396.092567		
60	3			481.277767	
70	3				580.351833
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
50	3	51.277767	
40	3	65.907400	
70	3	81.277767	
60	3		149.611133
Sig.		.108	1.000

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
70	3	42.490867		
50	3	47.356900	47.356900	
60	3		51.129667	
40	3			78.000000
Sig.		.177	.284	1.000

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก)

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
70	3	.647400			
50	3		2.394433		
60	3			4.130767	
40	3				5.481233
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Free phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
70	3	.408567		
50	3	.448467	.448467	
60	3		.479433	
40	3			.699867
Sig.		.177	.285	1.000

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสสารสกัด Soluble conjugate phenolics (ประเมินค่าเทียบกับสารมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต)

Temperature	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
70	3	.065700			
50	3		.080100		
60	3			.094400	
40	3				.105500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้