ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศ

THE EFFECTS OF HIGH HEAT STERILIZATION ON THE AMOUNT PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANTS ACTIVITY IN CHILLI SAUCE RECIPE

วัชรพงษ์ ทองดีนุ้ย

วาสนา อนันตโรจน์

วิจิตรตรา ชมภู่

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE EFFECTS OF HIGH HEAT STERILIZATION ON THE AMOUNT PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANTS ACTIVITY IN CHILLI SAUCE RECIPE

WATCHARAPHONG THONGDEENUI
WASSANA ANANTAROT
VIJITTHRA CHOMPHOO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)
DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศ

The effects of high heat sterilization on the amount phytochemical and antioxidants activity in chilli sauce recipe

ชื่อนักศึกษา นายวัชรพงษ์ ทองดีนุ้ย รหัสนักศึกษา 56051065

นางสาววาสนา อนันตโรจน์ รหัสนักศึกษา 56051070

นางสาววิจิตรตรา ชมภู่ รหัสนักศึกษา 56051071

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. อารี ฤทธิบูรณ์ ประธานกรรมการ	
ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ กรรมการ	
รศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศ The effects of high temperature sterilization on the amount phytochemical and antioxidants activity in chilli sauce recipe
ชื่อนักศึกษา	นายวัชรพงษ์ ทองดีนุ้ย รหัสนักศึกษา 56051065 นางสาววาสนา อนันตโรจน์ รหัสนักศึกษา 56051070 นางสาววิจิตรตรา ชมภู่ รหัสนักศึกษา 56051071
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพริกเล็กและพริกใหญ่ อัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศ ผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ดำเนินการทดลองโดยใช้อัตราส่วนระหว่างพริกเล็กและพริกใหญ่ ดังนี้ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ นำไปทำเป็นซอสเครื่องเทศตามอัตราส่วนดังกล่าว เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด หวาน สี ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมของสูตรซอสเครื่องเทศ จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยคะแนนความชอบโดยรวมในทุก ๆ ด้านสูงที่สุด สูตรที่ 3 จึงเป็นซอสเครื่องเทศสูตรที่เหมาะสม คัดเลือกซอสเครื่องเทศที่ได้รับการยอมรับไปบรรจุในภาชนะปิดสนิทชนิดอ่อนตัวที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 40 นาที อีกทั้งการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศที่อุณหภูมิห้องหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงเป็นระยะเวลา 60 วัน โดยวิเคราะห์ทุก 15 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 ตามลำดับ โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าสี ความชื้น สารพฤกษเคมี ได้แก่ ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแคปไซซิน ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทดสอบโดยใช้วิธี DPPH และ FRAP ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณพริกเล็กมากขึ้นส่งผลให้ค่า ค่าสี L* b* ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณแคปไซซินและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณพริกใหญ่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสี a* และปริมาณฟินอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อัตราส่วนของพริกและอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศให้ผลเช่นเดียวกัน กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงไม่ส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ แต่ส่งผลต่อค่าสี (L* a* b*) และปริมาณแคปไซซินซึ่งมีค่าลดลง ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น ในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษา วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อ ค่าสี (L* a* b*) พีเอช ปริมาณแคปไซซิน และส่งผลให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพลดลง แต่ไม่มีผลต่อความชื้น ปริมาณฟลาโวนอยด์ และ ปริมาณฟีนอลิก

คำสำคัญ : พริก , ซอสเครื่องเทศ, กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง, สารพฤกษเคมี , ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The effects of high temperature sterilization on the amount phytochemical and antioxidants activity in chilli sauce recipe
Students	Mr. Watcharaphong Thongdeenui ID 56051065
	Miss Wassana Anantarot ID 56051070
	Miss Vijitthra Chomphoo ID 56051071
Degree	Bachelor of Science
Major	Industrial microbiology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2016
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Marisa Jatupornpipat

Abstract

The purpose of this research were to study the effect of 1) ratio of small and large chilli, 2) percentage of chilli in sauce, 3) high temperature sterilization and 4) time storage of chilli in sauce on physical, chemical, phytochemical and antioxidant activities. The ratio between small and large chilli are 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 and 20:80, then sauce was made each ratio of chilli. They were evaluated for sensory test and it's was 3rd sauce, percentage of chilli in sauce is 60:40 showed the highest overall acceptability and followed by sterilized at 116 ℃ for 40 minutes. The 60 day storage study of the sauce products at room temperature after sterilization with high temperature was carried on every 15 days. The samples were analyzed for color value (L* a* b*), pH, moisture content and the flavonoid phenolic compound and capsaicin were determined by HPLC. The antioxidant activities were determined using DPPH and FRAP method. For the ratio between small and large chilli, the result showed that if there were higher ratio of small chilli, the higher L* b*, total flavonoid, capsaicin and antioxidant activity. If there are higher of large chilli, the higher a* and total phenolic. Moreover, the percentage of chilli in sauce showed result same ratio of only chilli. High temperature sterilization wasn't effect on total flavonoid and total phenolic compound of sauce product, however color value (L* a* b*) capsaicin and antioxidant activities were decreased. The sampling at 0, 15, 30, 45, and 60 days showed the effect of time storage on color value (L* a* b*), pH, capsaicin and antioxidant activity, which

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

were decreased, nonetheless, there was no effect on total flavonoid and total phenolic compound.

Key words: chilli, high temperature sterilization, chilli sauces, Phytochemicals, Antioxidant activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง "ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศ" นี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากทุกท่าน ซึ่งคณะผู้ทดลองขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานโครงงานฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อารี ฤทธิบูรณ์และ ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ ประธานกรรมการและกรรมการในการสอบที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการสอบโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ดุษฎี ธนะบริพัฒน์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดวงใจ โอชัยกุล ประธานสาขาชีววิทยา และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาทุกท่านที่ให้การอนุเคราะห์ และความสะดวกในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการทดลอง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูใจ คูหารัตนไชย อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ ที่ให้คำแนะนำด้านการเก็บข้อมูล สถิติ และการใช้โปรแกรมทางด้านสถิติ

ขอขอบคุณนางสาวอริสรา คุณพระมา ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่าง ๆ จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจให้คำชี้แนะและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาและการทำโครงงานพิเศษจนสำเร็จลุล่วงได้ดี

นายวัชรพงษ์ ทองดีนุ้ย
นางสาววาสนา อนันตโรจน์
นางสาววิจิตรตรา ชมภู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฌ
สารบัญรูป	ฐ
สารบัญรูปภาคผนวก	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับพริก	4
2.2 สารพฤกษเคมี	7
2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสารจากพริก	8
2.2.2 สารแคปไซซิน (Capsaicin)	8
2.2.3 สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds)	10
2.2.4 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)	11
2.3 การใช้ประโยชน์จากพริก	12
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)	12
2.5 สารต้านการออกซิเดชัน (Antioxidation)	15
2.5.1 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชั่นบางชนิด	16
2.6 การวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH	19
2.7 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP	20
2.8 ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ	20
2.10.1 ขั้นอินนิทิเอชั่น (chain initiation)	21
2.10.2 ขั้นพรอพาเกชัน (chain propagation)	21
2.10.3 ขั้นเทอร์มิเนชัน (chain termination)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 หลักกระบวนการฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดผนึกด้วยความร้อน	23
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	**30**
3.1. วัสดุ	30
3.2 วิธีการทดลอง	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	**38**
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**56**
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก (ร้อยละ)	8
2.2	อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้อง	14
3.1	อัตราส่วนของพริกเล็กและพริกใหญ่ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของซอสเครื่องเทศ	32
3.2	ร้อยละของวัตถุดิบและเครื่องเทศสำหรับการทำซอสเครื่องเทศ	34
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของอัตราส่วนของพริกเล็กและพริกใหญ่ ทั้ง 5 อัตราส่วน	37
4.2	ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของอัตราส่วนของพริกเล็กและ พริกใหญ่ทั้ง 5 อัตราส่วน	39
4.3	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของอัตราส่วนของซอสเครื่องเทศ ก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 5 สูตร	41
4.4	ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของซอสเครื่องเทศ ก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อ 5 สูตร	42
4.5	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสทั้ง 5 สูตร ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9 points	44
4.6	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงโดยเครื่อง Water spray retort	47
4.7	ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงโดยเครื่อง Water spray retort	48
4.8	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 จากผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60	50
4.9	ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 จากผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ฉ-1	ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*	81
ฉ-2	ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*	81
ฉ-3	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*	82
ฉ-4	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*	82
ฉ-5	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*	82
ฉ-6	ตาราง Descriptives ค่าpH	83
ฉ-7	ตาราง ANOVA ค่าpH	83
ฉ-8	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าpH	83
ฉ-9	ตาราง Descriptives ค่าความชื้น	84
ฉ-10	ตาราง ANOVA ค่าความชื้น	84
ฉ-11	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น	84
ฉ-12	ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์	85
ฉ-13	ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์	85
ฉ-14	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์	85
ฉ-15	ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก	86
ฉ-16	ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก	86
ฉ-17	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก	86
ฉ-18	ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน	87
ฉ-19	ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน	87
ฉ-20	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน	87
ฉ-21	ตาราง Descriptives DPPH	88
ฉ-22	ตาราง ANOVA DPPH	88
ฉ-23	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH	88
ฉ-24	ตาราง Descriptives FRAP	89
ฉ-25	ตาราง ANOVA FRAP	89
ฉ-26	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP	89
ฉ-27	ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*	90
ฉ-28	ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*	90
ฉ-29	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*	91
ฉ-30	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*	91
ฉ-31	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ฉ-32	ตาราง Descriptives ค่า pH	92
ฉ-33	ตาราง ANOVA ค่า pH	92
ฉ-34	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH	92
ฉ-35	ตาราง Descriptives ความชื้น	93
ฉ-36	ตาราง ANOVA ความชื้น	93
ฉ-37	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความชื้น	93
ฉ-38	ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์	94
ฉ-39	ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์	94
ฉ-40	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์	94
ฉ-41	ตาราง Descriptives ปริมาณฟีนอลิก	95
ฉ-42	ตาราง ANOVA ปริมาณฟีนอลิก	95
ฉ-43	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟีนอลิก	95
ฉ-44	ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน	96
ฉ-45	ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน	96
ฉ-46	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน	96
ฉ-47	ตาราง Descriptives DPPH	97
ฉ-48	ตาราง ANOVA DPPH	97
ฉ-49	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH	97
ฉ-50	ตาราง Descriptives FRAP	98
ฉ-51	ตาราง ANOVA FRAP	98
ฉ-52	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP	98
ฉ-53	ตาราง Descriptives ลักษณะที่ปรากฏ	99
ฉ-54	ตาราง ANOVA ลักษณะที่ปรากฏ	99
ฉ-55	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ลักษณะที่ปรากฏ	99
ฉ-56	ตาราง Descriptives กลิ่น	100
ฉ-57	ตาราง ANOVA กลิ่น	100
ฉ-58	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets กลิ่น	100
ฉ-59	ตาราง Descriptives รสชาติ	101
ฉ-60	ตาราง ANOVA รสชาติ	101
ฉ-61	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets รสชาติ	101
ฉ-62	ตาราง Descriptives ความเผ็ด	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ฉ-63	ตาราง ANOVA ความเผ็ด	102
ฉ-64	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความเผ็ด	102
ฉ-65	ตาราง Descriptives ความหวาน	103
ฉ-66	ตาราง ANOVA ความหวาน	103
ฉ-67	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความหวาน	103
ฉ-68	ตาราง Descriptives สี	104
ฉ-69	ตาราง ANOVA สี	104
ฉ-70	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets สี	104
ฉ-71	ตาราง Descriptives ความข้นหนืด	105
ฉ-72	ตาราง ANOVA ความข้นหนืด	105
ฉ-73	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความข้นหนืด	105
ฉ-74	ตาราง Descriptives ความชอบโดยรวม	106
ฉ-75	ตาราง ANOVA ความชอบโดยรวม	106
ฉ-76	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความชอบโดยรวม	106
ฉ-77	ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*	107
ฉ-78	ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*	107
ฉ-79	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*	108
ฉ-80	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*	108
ฉ-81	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*	108
ฉ-82	ตาราง Descriptives ค่า pH	109
ฉ-83	ตาราง ANOVA ค่า pH	109
ฉ-84	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH	109
ฉ-85	ตาราง Descriptives ค่าความชื้น	110
ฉ-86	ตาราง ANOVA ค่าความชื้น	110
ฉ-87	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น	110
ฉ-88	ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์	111
ฉ-89	ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์	111
ฉ-90	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์	111
ฉ-91	ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก	112
ฉ-92	ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก	112
ฉ-93	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ฉ-94	ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน	113
ฉ-95	ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน	113
ฉ-96	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน	113
ฉ-97	ตาราง Descriptives DPPH	114
ฉ-98	ตาราง ANOVA DPPH	114
ฉ-99	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH	114
ฉ-100	ตาราง Descriptives FRAP	115
ฉ-101	ตาราง ANOVA FRAP	115
ฉ-102	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP	115
ฉ-103	ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*	116
ฉ-104	ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*	116
ฉ-105	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*	117
ฉ-106	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*	117
ฉ-107	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*	117
ฉ-108	ตาราง Descriptives ค่า pH	118
ฉ-109	ตาราง ANOVA ค่า pH	118
ฉ-110	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH	118
ฉ-111	ตาราง Descriptives ค่าความชื้น	119
ฉ-112	ตาราง ANOVA ค่าความชื้น	119
ฉ-113	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น	119
ฉ-114	ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์	120
ฉ-115	ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์	120
ฉ-116	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์	120
ฉ-117	ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก	121
ฉ-118	ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก	121
ฉ-119	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก	121
ฉ-120	ตาราง Descriptives DPPH	122
ฉ-121	ตาราง ANOVA DPPH	122
ฉ-122	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH	122
ฉ-123	ตาราง Descriptives FRAP	123
ฉ-124	ตาราง ANOVA FRAP	123
ฉ-125	ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะของพริก *C. annuum* L.	4
2.2	ลักษณะของพริก *C. frutescens* L.	5
2.3	ลักษณะของพริก *C. pubescens*	6
2.4	ลักษณะของพริก *C. chinense*	6
2.5	ลักษณะของพริก *C. baccatum* L.	7
2.6	สูตรโครงสร้างของแคปไซซิน	8
2.7	โครงสร้างของผลพริกและเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างแคปไซซิน	9
2.8	ตัวอย่างสารประกอบฟีโนลิก	11
2.9	โครงสร้างวิตามินซี	16
2.10	โครงสร้างวิตามินอี	17
2.11	โครงสร้างทางเคมีของ α-carotene และ β-carotene	18
2.12	หม้อฆ่าเชื้อ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาคผนวก

รูปภาคผนวกที่		หน้า
จ-1	กราฟมาตรฐานของสาร Quercetin	77
จ-2	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค	77
จ-3	กราฟมาตรฐานของสารแคปไซซินมาตรฐาน	78
จ-4	โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน	78
จ-5	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Fe_2SO_4 (mM/L)	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ยอมรับกันว่าพริกมีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ได้แก่ อเมริกาใต้และอเมริกากลาง หรือเรียกว่า New world tropics (Safford, 1926) จากการสำรวจพันธุ์พริกในเขตร้อนทวีปเอเชียหรือ old world tropics ไม่มีหลักฐานว่าพริกมีแหล่งกำเนิดในแถบนี้ (De Candolle, 1886) พริกถูกนำเข้าไปเผยแพร่ในประเทศสเปนตั้งแต่สมัยโคลัมบัสในปี ค.ศ. 1493 หลังจากนั้นก็ได้กระจายไปยังประเทศต่าง ๆ แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและประเทศอังกฤษ ต่อมาชาวสเปนและชาวโปรตุเกสเป็นผู้นำไปเผยแพร่ในเอเชีย การยอมรับพริกในการบริโภคนั้นได้รับการยอมรับในทันที ไม่เหมือนมะเขือเทศและมันฝรั่งซึ่งใช้เวลานานกว่าผู้บริโภคจะยอมรับ สำหรับประเทศไทยเข้าใจว่าพริกถูกนำเข้าประเทศโดยชาวโปรตุเกสเป็นเวลาหลายร้อยปีแล้ว และได้รับการยอมรับอย่างมากเป็นอาหารชูรสที่สำคัญของประชากรในประเทศ ชูรสที่สำคัญของพริกได้แก่ รสที่เผ็ดอันเนื่องมาจากสาร Capsaisin ที่อยู่ในไส้พริก (มณีฉัตร, 2541)

พริกเป็นพืชและเครื่องเทศที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก ไม่เพียงแต่คุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังดีต่อสุขภาพและปัญหาการเสื่อมสภาพต่างๆที่เกิดจากอนุมูลอิสระ มีบทบาทในการป้องกันการพัฒนาของสารต้านอนุมูลอิสระโดย การยับยั้ง หรือ การสลายตัว ของสารสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมาก ซึ่งพริกจะถูกใช้ลงไปเพื่อเป็นตัวเพิ่มปริมาณ รสชาติ สีสัน และกลิ่น (Pugliese *et al.,* 2013) นอกจากนั้นพริกยังเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วย วิตามินซี (L-ascorbic acid), วิตามินเอ (Carotene), วิตามินอี (Tocopherol), โปรตีนปริมาณที่น้อย, ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต และยังมีแหล่งของสารพฤกษเคมี เช่น ฟีนอล (Phenol) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และแคปซาซินอยด์ (Krzyzanowska *et al.,* 2010; Materska and Perucka, 2005) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีและมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคหัวใจ หลอดเลือด โรคมะเร็งและโรคทางระบบประสาท (Vargas and Lopez, 2003; Shetty, 2004)

เนื่องจากพริกมีประโยชน์และมีความสำคัญต่อคนไทยทั้งชีวิตความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจ เนื่องจากนำมาใช้ประกอบอาหาร เช่น แกง ต้มยำ ยำต่าง ๆ น้ำพริก และอาหารอื่น ๆ อีกมาก พริกไม่เพียงแต่เป็นอาหาร แต่ยังเป็นพืชที่มีประโยชน์ด้านอื่นอีก

พริกมีศักยภาพในการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมได้ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มเครื่องปรุง ได้แก่ น้ำพริก น้ำจิ้ม พริกป่น ซอสพริก เครื่องต้มยำ น้ำพริกแกง ซึ่งส่วนนี้ภาคเอกชนได้พัฒนาไปมากแล้ว

2. กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป

3. กลุ่มสารสกัด เป็นกลุ่มที่หากได้มีการพัฒนาขึ้นจะสามารถเพิ่มมูลค่าพริกได้อย่างมหาศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยา ผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ ผลิตภัณฑ์อาหาร ยาฆ่าแมลง ผลิตภัณฑ์กำจัด/ไล่แมลง ปลวก หนู ส่วนผสมของสายเคเบิล ผลิตภัณฑ์แก้ง่วง ผลิตภัณฑ์ป้องกันตนเอง

ในปัจจุบันยังมีรายงานที่เกี่ยวกับการสำรวจอิทธิพลของกระบวนการแปรรูปอาหารที่บ้านโดยการใช้พริกสด และ การให้ความร้อนโดยการต้ม มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางชีววิทยาของพริก นอกจากนี้สิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของกระบวนการแปรรูปต่อสารประกอบเพื่อสุขภาพยังมีข้อโต้แย้งกันอยู่ เพราะฉะนั้นจึงมีการมุ่งเน้นความสนใจในการศึกษาหาปริมาณฟีนอลรวม ฟลาโวนอยด์ แคปซาซินอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในพริก 2 สายพันธุ์ซึ่งในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้จะศึกษา ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศโดยการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใน พริก 2 สายพันธุ์ได้แก่ พริกเล็ก และ พริกใหญ่ ในอัตราส่วนของพริกในสูตรซอสเครื่องเทศ ดังนี้ (100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80) ตามลำดับ และศึกษาผลของกระบวนการก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อของซอสเครื่องเทศ โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศสูตรที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และนำมาศึกษาผลของกระบวนการเก็บรักษาของซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อเป็นระยะเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน เพื่อนำมาศึกษาลักษณะทางกายภาพของซอสเครื่องเทศ เพื่อดูว่ามีความสามารถในการคงคุณค่าสารต้านอนุมูลอิสระไว้มากน้อยเพียงใด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพริกต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงงานพิเศษได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าความชื้น สารพฤกษเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ สารฟินอลิกและสารแคปไซซิน ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิเคราะห์โดยใช้วิธี DPPH และ FRAP โดยศึกษาในวัตถุดิบที่เป็นพริก ซอสเครื่องเทศ ซอสเครื่องเทศหลังกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง และระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ โดยใช้พริกในอัตราส่วนระหว่างพริกเล็กและพริกใหญ่ ดังนี้ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ ศึกษาซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตรที่ใช้พริกในอัตราส่วนต่าง ๆ ข้างต้น จากนั้นทำการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสม ก่อนนำซอสเครื่องเทศสูตรที่เหมาะสมผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยด้วยร้อนสูงจะถูกศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยวิเคราะห์ทุก 15 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 ตามลำดับ โครงงานพิเศษนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อนำกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงมาประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1.4.2 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงยังคงรักษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระให้คงอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

1.4.3 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง การเก็บรักษา และ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับพริก

พริกเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Solanaceae ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับมะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ พืชในตระกูลนี้มีอยู่ประมาณ 90 สกุล (genus) 2,000 ชนิด (species) โดยทั่ว ๆ ไปจะเป็นได้ทั้งพืชล้มลุก ไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ซึ่งกระจายอยู่ทั่วโลก แต่ส่วนใหญ่จะเจริญอยู่ในเขตร้อน สำหรับพริกจัดอยู่ในสกุล *Capsicum* spp. (ประเสริฐ, 2554) อ้างถึงใน พัฒนา(2550) ได้จำแนกพริกพันธุ์ปลูกออกเป็น 5 กลุ่ม ใหญ่ๆ ได้แก่ *C. annuum, C. frutescens, C. pubescens, C. chinense* และ *C. baccatum*

C. annuum L. เป็นพริกที่มีการปลูกมากที่สุด มีขนาดรูปร่าง และสีผลแตกต่างกันไปตามพันธุ์ พริกพวกนี้มีความสูงประมาณ 30 - 70 เซนติเมตร บางพันธุ์อาจเป็นไม้ยืนต้นอายุหลายปีและมีความสูงถึง 1.2 - 1.5เมตร ให้ผลเร็วหรือปานกลาง ใบและต้นมีขนค่อนข้างมาก ดอกเกิดบนข้อ และเกิดเป็นดอกเดี่ยว และก้านชี้ขึ้นหรือห้อยลง ก้านดอกทู่สั้น (พัฒนา,2550) กลีบดอกสีขาวถึงสีขาวนวล ผลมีรูปร่างและสีแตกต่างกันตามพันธุ์ ผลอ่อนมีสีเขียว เหลือง หรือม่วง ผลแก่มีสีแดง ส้ม เหลืองหรือน้ำตาล เมล็ดมีสีเหลืองอ่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0-5.0 มิลลิเมตร พริกในกลุ่มนี้มีทั้งที่มีรสเผ็ดและไม่เผ็ด ได้แก่ พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า พริกหวาน และ พริกยักษ์ เป็นต้น (สถาพร,2552)

รูปที่ 2.1 ลักษณะของพริก *C. annuum* L.

ที่มา : http://storage.googleapis.com/powop-assets/kew_profiles/KPPCONT_054821_fullsize.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C. frutescens L. เป็นพริกที่ปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลก ต้นมีความสูงประมาณ 45 - 47 เซนติเมตร แต่ในเขตร้อนพริกกลุ่มนี้อาจเป็นไม้ยืนต้นอายุหลายปี บางพันธุ์มีความสูง 1.2 - 2.5 เซนติเมตร ดอกมีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว กลีบดอกมีสีเขียวจนถึงสีขาวอมเขียว ปลายผลมีทั้งปลายแหลมปลายทู่ ผลกว้างประมาณ 0.6 - 3.0 มิลลิเมตร ยาว 1 - 8 เซนติเมตร มีรสเผ็ดจัด ผลอ่อนมีสีเขียวหรือสีเหลือง ผลแก่มีสีแดง เหลือง หรือน้ำตาล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 - 3.0 มิลลิเมตร เช่น พริกขี้หนูสาน และ พริกช่อ เป็นต้น (สถาพร, 2552)

รูปที่ 2.2 ลักษณะของพริก *C. frutescens* L.
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Capsicum_frutescens

C. pubescens พริกชนิดนี้เป็นพริกที่ปลูกบนพื้นที่สูง เนื่องจากทนต่อความหนาวได้ พบว่าปลูกอยู่ในแถบภูเขาแอนดีสและบนที่สูงของอเมริกากลาง แต่ก็พบพริกชนิดนี้ในที่ราบเช่นเดียวกับ *C. annuum*, *C. baccatum* และ *C. chinense* พริกพวกนี้ไม่ค่อยติดผลได้ง่ายเหมือนพริกชนิดอื่น แม่ปลูกในแถบเขตร้อน ผลของพริกมีเนื้อหนา มีเปอร์เซ็นต์น้ำสูง แต่มีรสเผ็ดลักษณะของพริกชนิดนี้ได้แก่ กลีบดอกสีม่วง ไม่มีจุดและเมล็ดสีดำ ใบและลำต้นมีขนค่อนข้างมาก ผลแก่มีสีส้มหรือแดง มีรสเผ็ด (พัฒนา, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ลักษณะของพริก *C. pubescens*
ที่มา : http://pics.davesgarden.com/pics/2011/08/16/AnnieHayes/814385.jpg

C. chinense มีความคล้ายคลึงกันมากกับพริกกลุ่ม *C. frutescens* L. แต่แตกต่างกันที่พริกในกลุ่มนี้มีก้านดอกที่สั้นและหนากว่าก้านดอกโน้มลง กลีบดอกมีสีขาวหรือขาวอมเขียว มีดอก 2-5 ดอกต่อข้อ ผลมีรูปร่างหลายแบบ ผลอาจยาวถึง 2 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวหรือเหลือง ผลแก่มีสีแดง ส้มอมเหลือง หรือน้ำตาล เมล็ดมีสีน้ำตาล (สถาพร, 2552)

รูปที่ 2.4 ลักษณะของพริก *C. chinense*
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Capsicum_chinense

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C. baccatum L. พริกชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดในประเทศโบลิเวียและมีการกระจายพันธุ์ไปยังประเทศเปรู อาร์เจนตินา บลาซิลตอนใต้ รัฐฮาวายและตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา อินเดีย และยุโรป แต่พริกชนิดนี้ไม่นิยมปลูกในทวีปเอเชียและ แอฟริกา มีกลีบดอกสีขาว และมีจุดสีเหลืองที่กลีบดอก (พัฒนา, 2550)

รูปที่ 2.5 ลักษณะของพริก *C. baccatum* L.
ที่มา : https://www.ethno-botanik.org/Capsicum/Antillais-Caribbean/Fotos/500/Antillais-Caribbean-82.jpg

2.2 สารพฤกษเคมี

สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารพฤกษเคมีในอาหารมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ในสารประกอบพวกฟีนอลิกและโพลีฟีนอลิก เช่น สารประกอบฟลาโวนอยด์ และ คาเทชินในพืชที่กินได้ ชาที่มีสารประกอบฟีนอลิกเกี่ยวกับการกำจัดสารอนุมูลอิสระและมีบทบาทในการป้องกันและรักษาโรค ประการแรกสารโพลีฟีนอลจะเพิ่มความต้านทานของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากเกิน (oxidative stress) ในหลอดทดลองประการที่สองสารโพลีฟีนอลสามารถกำจัด superoxide และ hydroxy และยับยั้งการเปลี่ยนเปลงออกซิเดทีฟของไลโพโปรตีนให้มีความหนาแน่นต่ำ ประการที่สามเป็นอาหารที่ช่วยส่งเสริมลดความเข้มข้นของซีรั่มของคอเลสเตอรอลทั้งหมดและ maondiadehyde (ตัวบ่งชี้ของการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation) และเพิ่มความเข้มข้นของซีรั่มให้มีไลโพโปรตีนให้มีความหนาแน่นสูงในมนุษย์ เช่น โพลีฟีนอลมีประโยชน์สำหรับการรักษาโรคหลอดเลือดหัวใจโรคความดันโลหิตสูงโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ประการที่สี่สารประกอบโพลีฟีนอลช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและการชักนำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็ง (กนกวรรณ และ ไอลดา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินซี (Vitamin C) ตามโครงสร้างทางเคมีของวิตามินซี จะเรียกว่ากรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid วิตามินซีเป็นวิตามินที่จำเป็นแก่ร่างกายและหาได้ง่ายจากผักและผลไม้กรดแอสคอร์บิกมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการเมแทบอลิก (metabolic) หลายกระบวนการ เช่น ฮอร์โมนคอติโคสเตียร์รอย (Corticosteroid hormones) กรดน้ำดี (biliary acid) คาร์นิทีน (prostaglandins) ฮิสตามีน (histamine) คอลลาเจน (collagen) เหล็กและสารสื่อประสาทบางชนิด วิตามินซียังช่วยปรับปรุงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันและสนับสนุนการขจัดซีโนไบโอติก (xenobotic)และอนุมูลอิสระ (กนกวรรณ และ ไอลดา, 2557)

องค์ประกอบของสารที่สำคัญในผลพริก มี 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มสารที่ให้รสชาติเผ็ดร้อน (Capsaicinoids) และกลุ่มสารให้สีในพริก (จงรักษ์, 2546) นอกจากนี้พริกยังให้คุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์แก่ร่างกาย โดยสามารถแสดงองค์ประกอบทางเคมีกลุ่มต่าง ๆ ของพริก ดังตารางที่ 2.1

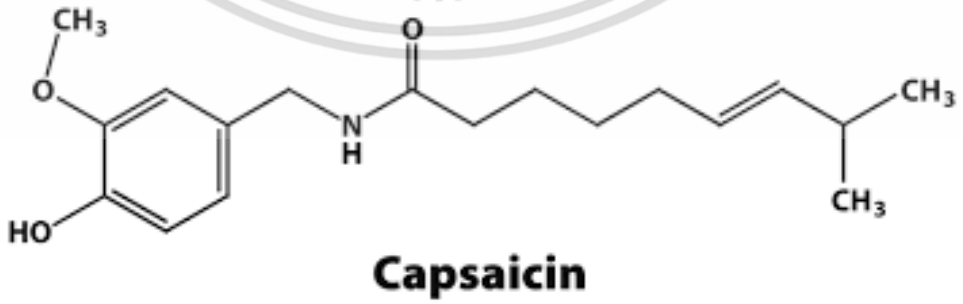
2.2.1 องค์ประกอบทำงเคมีที่สำคัญของสารจากพริก (ภัทรา, 2545)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก (ร้อยละ)

สาร	ร้อยละ
แคปไซซิน (capsaicin)	46 - 47
ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin)	21 - 40
นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin)	2 - 11
โฮโมแคปไซซิน (homocapsaicin)	0.6 - 2
โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin)	1 - 2

2.2.2 สารแคปไซซิน (Capsaicin)

แคปไซซิน มีชื่อทางเคมีว่า 8-methyl-n-vanillul-6-noneamide ($C_{18}H_{27}NO_3$) มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.6



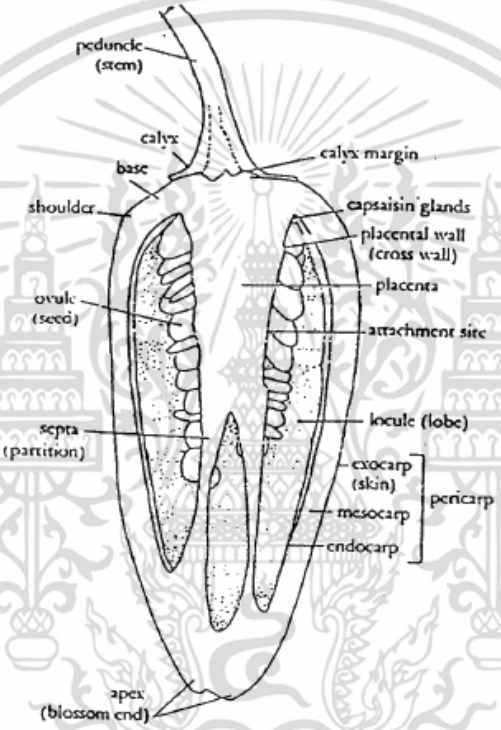
Capsaicin

ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของแคปไซซิน

ที่มา : Norfolk, 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารอัลคาลอยด์ ในผลพริก มีน้ำหนักโมเลกุล 305.41 มีจุดหลอดเหลวที่ 64.5 องซาเซลเซียส และ จุดเดือดที่ 210 - 220 องซาเซลเซียส เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในไขมัน น้ำมัน แอลกอฮอล์ และอะซีโตน แคปไซซินเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และ ไม่มีรส ทั้งนี้การที่รับประทานพริกแล้วรู้สึกเผ็ดร้อนนั้นเนื่องจากผลของสารแคปไซซิน ซึ่งเป็นแหล่งให้ความเผ็ด พริกประกอบไปด้วย เนื้อผล ร้อยละ 38 เนื้อเยื่อชั้นใน ร้อยละ 2 (placenta, endocarp) เมล็ด ร้อยละ 56 และก้าน ผล ร้อยละ 4 ในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในมี capsaicin grains ที่เป็นที่เก็บ pungent crystalline ซึ่งเป็นสารอัลคาลอยด์ เรียกว่า Capsaicin ซึ่งเป็นแหล่งให้ความเผ็ด (พัฒนา, 2550) ซึ่งโครงสร้างของผลพริกและเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างแคปไซซินแสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของผลพริกและเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างแคปไซซิน
ที่มา : Smith, 1978

สารแคปไซซินสามารถละลายได้ในสารละลายพวกแอลกอฮอล์อีพอร์และไขมันแต่ไม่ละลายในน้ำซึ่งแสดงให้เห็นได้เมื่อเรากินพริกแล้วรู้สึกเผ็ดร้อนถ้าดื่มน้ำก็จะไม่หายเผ็ดแต่ถ้าดื่มนมหรือดื่มเบียร์จะทำให้หายเผ็ดได้ดีกว่าผลของพริกและแคปไซซินนอกจากจะให้ความเผ็ดร้อนแล้วยังมีคุณสมบัติช่วยบรรเทาอาการปวดลดการอักเสบของกล้ามเนื้อและข้อ ซึ่งปัจจุบันมีผู้นำมาทำเป็นเจลทาแก้ปวดกล้ามเนื้อนอกจากนั้นแคปไซซินยังมีส่วนเพิ่มการประสิทธิของระบบทางเดินอาหารและที่น่าสนใจคือผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดและปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 ประโยชน์ของสารแคปไซซิน

เนื่องจากความเผ็ดของสารแคปไซซินในพริกจึงนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้บริโภคโดยตรง เป็นของแกล้ม หรือแปรรูปให้เป็น พริกแห้ง พริกป่น พริกแกงต่าง ๆ ด้านอุตสาหกรรม จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ซอสพริก เครื่องปรุงในอาหารสำเร็จรูป สเปรย์ป้องกันตัว และในด้านการแพทย์ เช่น ยาขับลม ยาแก้โรคขัดตามไขข้อ ยาช่วยกระตุ้นน้ำย่อย ช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด เป็นต้น (ตติยา, 2550)

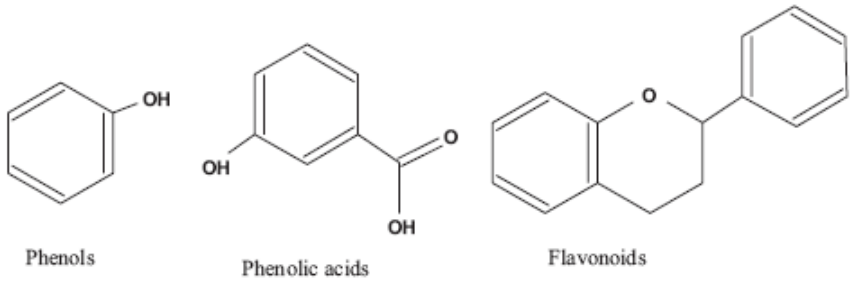
2.2.3 สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงเหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล อย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) สารประกอบฟีโนลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่าง ๆ เช่น simple monocyclic phenol, phenyl propanoid, phenolic quinine และ polyphenolic ซึ่งได้แก่ พวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น (อัญชนา, 2544)

พบว่าสารประกอบฟีโนลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีโนลิก และแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีโนลิกทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล peroxyl (Packer *et al*., 1999) โดยมีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดส์สารประกอบฟีโนลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขั้นตอนพรอพาเกชันได้ นอกจากนี้ สารประกอบฟีโนลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเข้าไว้ในโมเลกุล เช่น เคอร์ซิทิน (quercetin)

สารประกอบฟีโนลิกยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป (Rice-Evans และ Miller, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสารประกอบฟีโนลิก
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compound

2.2.4 ฟลาโวนอยด์ (Buhler และ Miranda, 2000)

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากชนิดหนึ่ง จะพบมากในพืชผักและผลไม้ มีหน้าที่สองอย่าง คือ เป็นรงควัตถุ ทำหน้าที่กรองแสงที่มีความยาวคลื่นที่จำเพาะเจาะจง และทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยไปกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์พืชออกไป ความสามารถของการต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติของฟลาโวนอยด์ ยังสามารถช่วยลดการอักเสบ ช่วยให้หลอดเลือดแข็งตัว ทำให้การไหลเวียนเลือดดีขึ้น ต่อต้านแบคทีเรียและไวรัส ลดโคเลสเตอรอล และช่วยเสริมการทำงานของวิตามินซี พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ส้ม พริกไทย และพวกเบอร์รี่ต่างๆ เป็นต้น ฟลาโวนอยด์แบ่งได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.4.1 แอนโธไซยานิดิน (anthocyanidin) แอนโธคลอร์ส (anthochlors) และออโรนัส(auronus) ซึ่งแอนโธไซยานิดิน เป็นรงควัตถุในพืชให้สีน้ำเงินแดง (red-blue) คือ ให้สีช่วงสีแดงถึงสีน้ำเงิน ขึ้นกับชนิดของพืช พบในบลูเบอร์รี่ เชอร์รี่ องุ่นแดง หัวหอม กะหล่ำปลี เป็นต้น แอนโธคลอร์ส เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง พบมากในดอกไม้

2.2.4.2 ฟลาโวนอยด์ที่พบน้อย (minor-flavonoid) ซึ่งฟลาโวนอยด์ที่พบน้อยในธรรมชาติ ได้แก่ ฟลาโวโนน (flavonones) ฟลาวา-3-ออล (flava-3-ols) ไดไฮโดรฟลาโวน (dihydroflavone) และไดไฮโดรชาล์โคน (dihydrochalcones) กลุ่มนี้พบในพืชตระกูลส้ม (citrus) ได้แก่ ส้ม องุ่น แต่จะพบในส่วนที่เป็นน้ำ

2.2.4.3 ฟลาโวน (flavone) และฟลาโวนอล (flavonols) เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุดของฟลาโวนอยด์ พบในบลูเบอร์รี่ เชอรี่หวาน บลอคคอลี่ หัวหอม ชาดำ ชาเขียว ไวน์แดง มันฝรั่ง มะเขือเทศ แครอท ผักขม ส้ม ลูกแพร แอปเปิ้ล องุ่น เป็นต้น

2.2.4.4 ไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoid) พบมากในพืชตระกูลถั่ว *Leguminosae*; Legume) พวกนี้สามารถเปลี่ยนเป็นไอโซฟลาโวน (isoflavone) เทอโรคาร์แปนส์ (terocarpans) ไอโซฟลาวาน (isoflavans) และโรทีนอยด์ (rotenoid) ได้ โดยทั่วไปจะรวมถึง เจนีสทีน (genistein) ไบโอชานิน เอ (biochanin a) และไดด์ซีน (daidzein)

2.2.4.5 แทนนิน (tannin) แทนนินหรือโปรแอนโธไซยานิดิน เป็นสารประเภทโพลีฟีนอล (polyphenols) แทนนินสามารถเพิ่มค่าการต้านออกซิเดชัน เนื่องจากสามารถจับกับโปรตีนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การใช้ประโยชน์จากพริก

พริกได้รับความชื่นชอบในกลิ่นฉุดเผ็ด ร้อน รสเครื่องเทศ นอกจากนี้ยังมีสีของเม็ดพริกเพิ่มสีสันลงไปในอาหารชวนให้น่ารับประทาน ในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการพบว่าพริกมีวิตามิน C มากกว่าส้มถึง 2 เท่า นอกจากนี้พริกยังเป็นแหล่งกรดแอสคอร์บอกแอซิค (Ascorbic acid) ซึ่งช่วยขยายเส้นโลหิตในลำไส้และกระเพาะอาหารเพื่อให้การดูดซึมอาหารได้ดีขึ้น พริกยังเป็นแหล่งของเบตาแคโรทีน นอกจาก Ascorbic acid แล้วพริกยังมีสารสำคัญอีก 2 ชนิดคือ แคปไซซิน (Capsaicin) และ โอลีโอเรซิน (Oleoresin) ทั้ง Ascorbic acid และ เบตาแคโรทีน ล้วนมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ขึ้นชื่อว่าสามารถลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งและช่วยชะลอความแก่ และการบริโภคพริกยังช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดลงได้สารแคปไซซินช่วยป้องกันมิให้ตับสร้างคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL-Low Density Lipoprrptein)ในขณะเดียวกันก็ส่งเสริมให้มีการคอเลสเตอรอลชนิดดี (HDL-Higt Density Lipoprrptein) มากขึ้นทำให้ปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดต่ำลงส่งผลดีต่อสุขภาพ และพริกช่วยเสริมสุขภาพและอารมณ์ให้ดีได้ เนื่องจากสารแคปไซซินมีส่วนในการส่งสัญญาณให้ต่อมใต้สมองสร้างสารเอนดอร์ฟิน (สถาพร, 2552)

(Kumaranthara and Thottiam, 2016) รายงานไว้ว่า อินเดียส่งออกสาร oleoresin ในพริกสีเขียวมูลค่า USD 365,633 กับปริมาณรวมของ 2,780 สหรัฐอเมริกาเป็นผู้ซื้อรายใหญ่ที่สุดของบัญชีสาร oleoresin ของพริกสีเขียวเพื่อการส่งออกมูลค่า USD 185,423 ตามด้วยมาเลเซียและเกาหลีใต้ซึ่งนำเข้า สารoleoresin จากพริกสีเขียวด้วยมูลค่า USD 49,476 และ USD 46,909

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระถือว่าเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบ การป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งที่เป็น เอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุด ปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) เสริมฤทธิ์ (synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์(enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ เป็นต้น นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย เป็นที่น่าสังเกตว่า คนและสัตว์สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยกว่าพืชและจุลชีพ จึงทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องกินหรือได้รับจากแหล่งอื่น (นิจฉรา, 2552)

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระมี 2 แหล่ง ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) และ สารต้านอนุมูลอิสระจาก ธรรมชาติ (natural antioxidants) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี โดยเป็นสารประกอบฟีนอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone สารสังเคราะห์ดังกล่าวนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป

สารสังเคราะห์นี้มีสภาพคงตัวกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติแต่มีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยในการบริโภค ขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นได้ทั้งเอนไซม์ วิตามินและสารอื่น ๆ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นวิตามิน เช่น vitamin C (เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ไซโตพลาซึม) vitamin E (เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เมมเบรน) และ glutathione (เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่ไซโตพลาซึมและเมมเบรน) ในภาวะปกติร่างกายของคนเราจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระโดยการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณสารอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และอีกส่วนได้จากสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายรับประทานเข้าไปจำพวกวิตามิน เบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์ รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งสารดังกล่าวได้ จากพืชผักและผลไม้ ตัวอย่างอาหารที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ได้แก่ ผักใบเขียว เช่น ตำลึง และผักบุ้ง อาหาร ที่มีสีเหลือง เช่น แครอท มะละกอสุก มะม่วงสุก มะเขือเทศ ฟักทอง อาหารที่มีวิตามินซี (vitamin C หรือ ascorbic acid) สูง ได้แก่ พืชผักสีเขียว และ ผลไม้รสเปรี้ยว เช่น ตำลึง ผักบุ้ง พริกหยวก ฝรั่ง มะขามป้อม ส้ม มะนาว สับปะรด (วิตามินซีจากพืชผักดังกล่าวมีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระที่แรงมาก และละลายน้ำได้ดี)

วิตามินอี (vitamin E หรือ tocopherol) ละลายได้ดีในน้ำมัน โดยวิตามินอีมีในน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ เช่น รำละเอียดในพวกธัญพืชที่ไม่ขัดขาว ข้าวโพด ข้าวกล้อง ถั่วแดง ถั่วเหลือง ผักกาดหอม เมล็ดทานตะวัน งา น้ำมันรำ (บุหรัน, 2556) อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่อยู่ในวงอิเล็กตรอนวงนอกสุด (outer orbital) เนื่องจากการมีอิเล็กตรอนที่โดดเดี่ยว (unpaired electron) อยู่ในวงโคจรของโมเลกุลทำให้ไม่เสถียรทำให้อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นสูงมาก โดยอนุมูลอิสระจะไปแย่งจับหรือดึงเอาอิเล็กตรอนจากโมเลกุลหรืออะตอมสารที่อยู่ข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระชนิดใหม่ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดมาใหม่นี้จะไปทำปฏิกิริยากับสารโมเลกุลอื่นต่อไป เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ต่อกันไปเรื่อยๆ โดยที่อนุมูลอิสระก็มีสมบัติเหมือนสารทั่วๆ ไป ตรงที่ความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ ค่าพีเอช และความชื้น เป็นต้น อนุมูลอิสระมีทั้งที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลางทางไฟฟ้าและอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระ คือ อิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น อนุมูล $R^{\bullet}$ แทนอะตอมหรือโมเลกุลของอนุมูลอิสระที่ไม่จำเพาะเจาะจง ซึ่งอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นประจุบวก ($R^{+\bullet}$)เช่น อนุมูล pyridinyl ($NAD^{+\bullet}$) และประจุลบ ($R^{-\bullet}$) เช่น อนุมูล superoxide ($O_2^{-\bullet}$) หรือเป็นกลาง เช่น อนุมูล peroxyl ($ROO^{\bullet}$) หรืออนุมูล thiyl ($RS^{\bullet}$) เป็นต้น ซึ่งจากคำจำกัดความนี้ส่งผลให้อะตอมของธาตุและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายหลายชนิดถูกจัดเป็นอนุมูลอิสระด้วย เช่น คลอรีนอะตอม ($Cl^{\bullet}$) และซิลเวอร์อะตอม ($Ag^{\bullet}$) เป็นต้น (Roberfroid and Calderon, 1995)

อนุมูลอิสระที่มีความสำคัญในทางชีวภาพ ได้แก่ Hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$), Superoxide anion radical ($O_2^{-\bullet}$) เป็นต้น อนุมูลเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นสูงมาก การเกิดอนุมูลอิสระมีได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน ดังนี้

ก. การแตกของพันธะโควาเลนท์แบบไอโมไลซิส (Imolysis)

$$A : B \longrightarrow A^{\bullet} + B^{\bullet}$$

ข. การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัว ให้แก่อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

$$A + e^{-} \longrightarrow A^{-\bullet}$$

ค. การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัว จากอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

$$A \longrightarrow A^{+\bullet} + e^{-}$$

อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ ในทางชีววิทยาที่สามารถเป็นตัวตั้งต้นที่ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้อีกหลายชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive oxygen species, ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive nitrogen species, RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive chlorine species, RCS) สารบางชนิดสามารถจัดอยู่ได้ 2 กลุ่ม เช่น เปอร์ออกซีไนไตรท์ (Peroxynitrite) ตัวอย่างอนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องแสดงในตาราง 2.2 (โอภา และคณะ, 2549)

ตารางที่ 2.2 อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้อง (โอภา และคณะ, 2549)

อนุมูลอิสระ	สารที่เกี่ยวข้อง
Reactive oxygen species (ROS)	
Superoxide, Superoxide anion ($O_2^{-\bullet}$)	H_2O_2, Ozone (O_3)
Hydroxyl ($HO^{\bullet}$)	Hypobromous acid (HOBr)
Hydroperoxyl ($HO_2^{\bullet}$)	Hypochlorous acid (HOCl)
Peroxyl ($RO_2^{\bullet}$)	Singlet oxygen ($O_2 l\Delta g$)
Alkoxyl ($RO^{\bullet}$)	Organic peroxides (ROOH)
Carbonate ($CO_3^{-\bullet}$)	Peroxynitrite (ONOO-)
Carbon dioxide ($CO_2^{-\bullet}$)	Peroxynitrous acid (ONOOH)
Reactive nitrogen species (RNS)	Nitrous acid (HNO_2)
Nitric oxide ($NO^{\bullet}$)	Nitrosyl cation (NO^{+}), Nitroxyl anion (NO^{-})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nitrogen dioxide ($NO_2^{\bullet}$), ($NO_2^{\bullet-}$)	Dinitrogen tetroxide (N_2O_4)
	Dinitrogen trioxide (N_2O_3)
	Peroxynitrite (ONOO-)
	Peroxynitrous acid (ONOOH)
Reactive chlorine species (RCS)	
Atomic chlorine ($Cl^{\bullet}$)	Hypochlorous acid (HOCl)
	Chloramines
	Chlorine gas (Cl_2)
Other	
Thioyl radical ($RS^{\bullet}$)	

2.5 สารต้านออกซิเดชัน (antioxidation)

สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) คือสารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ร่างกายมีระบบต้านออกซิเดชัน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ประเภทแรกป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C, peroxidase ทองแดง สังกะสี ซีเลเนียม โปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ สารต้านออกซิเดชันในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่นี้ได้แก่ วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี ubiquinone, uric acid, bilirubin, albumin, sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากวิธีนี้ยังมีสารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) และสารกลุ่ม flavonoids ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันที่น่าสนใจอีกด้วย (มลศิริ, 2540) สารต้านออกซิเดชันสามารถแบ่งตามกลไกการยับยั้งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ (Strain and Benzie, 1999)

1. Preventive antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ
2. Scavenging antioxidant ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น
3. Chain breaking antioxidant ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

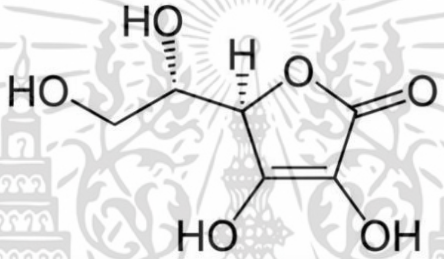
2.5.1 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันบางชนิด

2.5.1.1 วิตามินเอ

ในธรรมชาติวิตามินเอจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ จัดเป็น Precursor ของวิตามินเอ เรียกว่า โปรวิตามินเอ มักพบในพืชผักใบเขียว ผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองหรือสีส้มแดง (Packer *et al*., 1999)

2.5.1.2 วิตามินซี

มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัว เมื่อถูกความร้อนหรือทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้น วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl และอนุมูล peroxyl (Basu *et al.,* 1999)



รูปที่ 2.9 โครงสร้างวิตามินซี

ที่มา : httpsthai.alibaba.comproduct-detailfood-additive-vitamin-c-ascorbic-acid—990801727.html

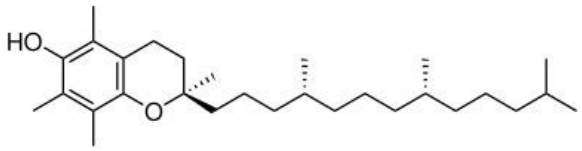
นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชันของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α-tocopherol$^{\bullet}$ ($TO^{\bullet}$) เปลี่ยนกลับไปเป็น α-tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ (Cadenas และ Packer, 1996)

$$TO^{\bullet} + AH^{-} \longrightarrow TOH + A^{\bullet}$$

2.5.1.3 วิตามินอี

เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยวิตามินอีทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชันตัวอื่นๆ เช่น วิตามินซีและซิลิเนียม เป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินอีมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โครงสร้างวิตามินอี

ที่มา : httpwww.bloggang.comviewdiary.phpid=phoebe&month=07-2008&date=01&group=1&gblog=50

ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และโทโคไทอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟ่า (α-) เบต้า (β-) แกมม่า (γ-) และเดลต้า (δ-) วิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล peroxyl ดังสมการ

$$\alpha\text{-tocopherol} + LOO^{\bullet} \longrightarrow \alpha\text{-tocopherol}^{\bullet} + LOOH$$

อนุมูล α- tocopherol$^{\bullet}$ ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxyl ตัวอื่นทำให้ได้สารที่มีความเสถียร (LOO- α - tocopherol) ดังสมการ เป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหยุดลง (Basu *et al*., 1999)

$$\alpha\text{-tocopherol}^{\bullet} + LOO^{\bullet} \longrightarrow LOO\text{-}\ \alpha\ \text{-tocopherol}$$

2.5.1.4 ซิลิเนียม ทองแดง และสังกะสี

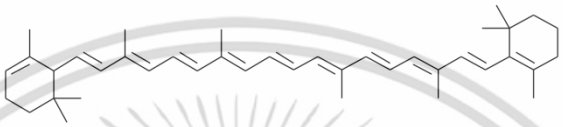
เป็นสารต้านออกซิเดชันทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีการศึกษาวิจัยที่แสดงว่าการใช้ซิลิเนียมและวิตามินอีร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งบางชนิดซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ และทำให้เป็นสารที่มีความเสถียรหรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product) (Basu *et al*., 1999)

2.5.1.5 แคโรทีนอยด์

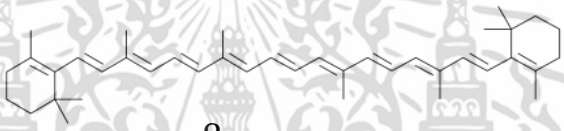
แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืชและพบมากในผักและผลไม้สุก (Tomas-Barberan และ Robins, 1997) โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เรียกว่า tetraterpene skeleton ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้ แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุลดังนี้ (Packer*et et al*., 1999) แคโรทีน (Carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) อัลฟ่า-แคโรทีน (α-carotene) แกมม่า-แคโรทีน (γ-carotone) ไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น และเบต้า-แคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจาก เบต้า - แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอ โดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุลโดยเอนไซม์ carotene deoxygenase เมื่อเบต้า-แคโรทีนสามารถดักจับอนุมูลอิสระเข้าไว้ในโมเลกุลแล้ว โมเลกุลของเบต้า-แคโรทีน จะอยู่ในลักษณะที่มีความเสถียร



α-carotene



β-carotene

รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของ α-carotene และ β-carotene
ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/แคโรทีน

ออกโซแคโรทีนอยด์ (oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟิล (xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงเหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น เบต้า-คริบโทแซนทิน (β-cryptoxanthin) และลูทีน (lutein) (Packer *et al*., 1999)

2.5.1.6 สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (โอภา และคณะ, 2549)

สารต้านออกซิเดชันที่พัฒนาสังเคราะห์ขึ้นส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างของสารต้านออกซิเดชันที่มีในธรรมชาติ นำมาดัดแปลงให้มีคุณสมบัติทางเคมีและมีฤทธิ์ที่ดีขึ้น เช่น สารต้านออกซิเดชันที่พัฒนาจากสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ โดยพัฒนามาจากโครงสร้างของวิตามินอี และโครงสร้างสารโพลีฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2560)

DPPH assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ให้ความถูกต้องและแม่นยำสูง

หลักการ DPPH เป็น stable radical ในตัวทำละลายเมทานอล (methanol) สารละลายนี้มีสีม่วง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 515 - 517 นาโนเมตร โดย DPPH● จะเกิดปฏิกิริยากับ antioxidant (AH) หรือกับ radical species (R●)

DPPH● + AH----------DPPH-H + A●

DPPH● + R●---------- DPPH-R

วิธีการ เมื่อ DPPH● ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ BHTถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง ซึ่งจะรายงานผลการทดลองเป็นค่า เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT เป็นสารมาตรฐานที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใช้ความเข้มข้น 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125 และ 1.562 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใน absolute ethanol วัดค่าการดูดกลืนแสงยูวี ที่ความยาวคลื่น 515 ไมโครเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานการแสดงผล

การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ในสารตัวอย่างนิยมรายงานเป็นค่าร้อยละ 50 effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH● ลดลงร้อยละ 50

โดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วหาค่า EC_{50} จากกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วใช้ค่า EC_{50} ในการเปรียบเทียบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับสารมาตรฐาน BHT คำนวณ ร้อยละ Radical Scavenging (ร้อยละการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ)

ร้อยละ Radical Scavenging = [(AB - AA) / AB] x100

เมื่อ AA = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

AB = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay เป็นวิธีที่ง่าย มีความแม่นยำ ใช้เวลาน้อยและใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงเท่านั้น เหมาะสำหรับวัดสมบัติการต้านออกซิเดชั่นในตัวอย่างสมุนไพร แต่ไม่เหมาะสำหรับวัดสมบัติการต้านออกซิเดชั่นในพลาสมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก DPPH ต้องละลายในเมทานอลจึงส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน วิธีการวัดสมบัติการต้านออกซิเดชั่น เช่น DPPH TEAC และ FRAP จะมีความสัมพันธ์ดีมาก (R^2> 0.99) กับการวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เนื่องจากกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นกลไกเดียวกัน แต่ในบางกรณีสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดที่มีประสิทธิภาพดี วัดผลได้รวดเร็วเมื่อวัดด้วยวิธีอื่น อาจให้ผลที่ไม่ดีหรือให้ผลการยับยั้งช้าเมื่อวัดด้วยวิธีนี้ เนื่องจากเป็นวิธีการวัดกลไกที่แตกต่าง

2.7 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรริกของสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP (บุหรัน, 2556)

การวิเคราะห์ความสามารถในการ รีดิวซเฟอรริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay) วิธีการนี้ อาศัยหลักการของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเท อิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ซึ่ง $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ปริมาณของ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูป FRAP value เทียบกับกราฟ มาตรฐานของเฟอรรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งขั้นตอน โดยละเอียดของวิธีการนี้ได แก่ การทำให้เกิด สารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ประกอบด้วยนำสารละลาย TPTZ (2,4,6-tri (2-pyridyl)-striazine) ที่ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางมาทำ ปฏิกิริยากับสารละลายอะซิเทตบัฟเฟอร์และสาร ละลายเฟอริกไตรคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต จากนั้นทำการรีดิวร์เฟอร์ริกโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน เฟอร์รัสรัสซัลเฟตหรือสารตัวอย่าง (สารต้านอนุมูลอิสระ) และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดวิธีการนี้เป็นวิธีที่ได้ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพงและสามารถทำซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิม แต่ข้อเสียคือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะร่างและสารละลายที่ใช้อ้างอิงต้องใช้น้ำปราศจากไอออน (deionized water)

2.8 ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระจะเกิดปฏิกิริยาที่เป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระถูกสร้างหรือผลิตขึ้นเรียกขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอนอินนิทิเอชัน (initiation step) ขั้นที่สองเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระถูกเปลี่ยนไปเป็นอนุมูลอิสระตัวอื่นต่อๆ กันไป เรียกว่า ขั้นพรอพาเกชัน (propagation step) และขั้นสุดท้ายเรียกว่า ขั้นเทอร์มิเนชัน (termination step) เป็นขั้นหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเป็นขั้นตอนที่มีการรวมกันของอนุมูลอิสระ 2 อนุมูล ได้เป็นสารที่มีความเสถียร โดยทั่วไปการที่โมเลกุลหรืออะตอมของสารที่มีอิเล็กตรอนเข้าคู่กันครบเสียอิเล็กตรอนไปกลายเป็นอนุมูลอิสระได้นั้นต้องอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง แต่ก็มีโมเลกุลอีกหลายชนิดที่กลายเป็นอนุมูลอิสระได้เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ ซึ่งรวมถึงสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิตด้วย ซึ่งปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระที่มักพบในสภาวะปกติของสิ่งมีชีวิตมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ขั้นอินนิทิเอชั่น (chain initiation)

อนุมูลอิสระเกิดมาจากกลไกต่างๆ กันได้หลายวิธี คือ การแตกพันธะของโมเลกุลที่เรียกว่า Homolysis หรือการแตกพันธะเนื่องจากแสง (photolysis) หรือผลของรังสี (radiolysis) หรือมาจากปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ซึ่งปฏิกิริยาทั้ง 4 จัดเป็นกลไกพื้นฐานในการสร้างอนุมูลอิสระจากสารอินทรีย์ (Roberfroid และ Calderon, 1995)

ก. Bond homolysis โมเลกุลของสารอินทรีย์ที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence electron) เป็นจำนวนคู่แล้วในทางทฤษฎีสามารถแยกออกจากกันให้ผลลัพธ์เป็นอนุมูลอิสระได้ โดยในสภาวะที่อุณหภูมิปกติ การที่อิเล็กตรอนคู่ในพันธะโควาเลนท์สามารถแยกจากกันไปให้อะตอมแต่ละตัวได้นั้น ต้องเป็นโมเลกุลที่มีพลังงานระหว่างพันธะที่อ่อนมาก เช่น disulfide และการเกิดปฏิกิริยาจะมีอัตราที่ช้ามาก จึงคาดว่าไม่น่าจะเกิดในระบบของสิ่งมีชีวิตได้ ตัวอย่าง Bond hemolysis แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ROOR \; 2RO^{\bullet} \longrightarrow 2RO^{\bullet}$$

ข. Photolysis เป็นการแตกพันธะของโมเลกุลจากการดูดพลังงานแสง เช่น แสงอุลตร้าไวโอเลต ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น ที่พบมากคือการแตกพันธะของ hydrogen peroxide (H_2O_2) กลายเป็นอนุมูล hydroxyl ($HO^{\bullet}$) โดยในสิ่งมีชีวิตพลังงานแสงจะถูกดูดโดยโมเลกุลที่มีความไวต่อแสง เช่น รงควัตถุ และสารอะโรมาติกคาร์บอนบางชนิด หลังดูดพลังงานแสงแล้วจะทำให้โมเลกุลอยู่ในสถานะที่ตื่นตัว (excited state) จึงต้องมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาเพื่อให้โมเลกุลกลับเข้าสู่สถานะพื้น (ground state) ดังเดิม และวิธีหนึ่งของการคายพลังงาน คือ การแตกพันธะของโมเลกุลเกิดเป็นอนุมูลอิสระ 2 ตัว ดังนี้ (Hudson, 1990)

$$ROCl \; RO^{\bullet} \longrightarrow RO^{\bullet} + Cl^{\bullet}$$

$$(RCOO)_2 \longrightarrow 2RCOO^{\bullet}$$

ค. Radiolysis พลังงานจากรังสีชนิดต่างๆ เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงสามารถทำให้เกิดการแตกพันธะโควาเลนท์ของโมเลกุลสารได้ โดยเฉพาะโมเลกุลน้ำจะให้อนุมูลประจุบวก ($H_2O^{+\bullet}$) และอนุมูล hydroxyl ($HO^{\bullet}$) ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้เป็นตัวที่มีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์สูงทำให้เกิดอนุมูลอิสระออกมามากมาย นอกจากนี้รังสียังทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้โดยตรง จากสารองค์ประกอบเคมีของเซลล์อีกด้วย โดยเฉพาะสามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวในร่างกายสิ่งมีชีวิต ซึ่งปฏิกิริยานี้นับเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ

2.8.2 ขั้นพรอพาเกชัน (chain propagation)

เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระมีการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระของสารอื่น ซึ่งปฏิกิริยาจะดำเนินต่อๆกันไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อนุมูลอิสระชนิดใหม่ออกมาตลอดเวลา จัดเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของอิเล็กตรอนที่ไม่เข้าคู่ (unpaired electron) ซึ่งสามารถแบ่งกลไกของปฏิกิริยาในขั้นพรอพาเกชันได้ 3 ชนิด ที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบทางชีววิทยาที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต คือ

ก. การถ่ายทอดอะตอมหรือกลุ่มของอะตอม (atom or group transfer) จัดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่เกิดมากที่สุดในลำดับของพรอพาเกชัน โดยปฏิกิริยาจะเกี่ยวข้องกับการดึงไฮโดรเจนดังสมการ (Hudson, 1990) $Cl^{\bullet} + RH \longrightarrow HCl + R^{\bullet}R^{\bullet}$

$R^{\bullet}_1 + R_2Cl \longrightarrow R_1Cl + R^{\bullet}_2$

ข. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน (electron transfer) เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระที่เป็นกลางหรือมีประจุลบไปให้โมเลกุลที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical molecule) ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญของปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันในสิ่งมีชีวิต (Lipid peroxidation) (Roberfroid and Calderon, 1995)

ค. การเติมอนุมูลอิสระ (addition of radicals) เป็นการเติมกลุ่มอนุมูลอิสระเข้าไปในโมเลกุลต่างๆ ดังสมการ $R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$

ตัวอย่างของปฏิกิริยานี้ ได้แก่ การเติมอนุมูลอิสระของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปฏิกิริยาออกซิเดชันโมเลกุลของไขมัน (Lipid peroxidation) แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน แสดงได้ดังสมการ (Frankel, 1979)

Chain initiation: $L\text{-}H \longrightarrow L^{\bullet} + \text{radical} - H$

Chain propagation: $L^{\bullet} \longrightarrow L\text{-}O\text{-}O^{\bullet}$

$L\text{-}O\text{-}O^{\bullet} \longrightarrow L\text{-}O\text{-}O\text{-}H + L^{\bullet}$

Chain termination: $L^{\bullet} + L^{\bullet} \longrightarrow L\text{-}L$

2.8.3 ขั้นเทอร์มิเนชัน (chain termination)

เป็นขั้นหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยกลไกหลัก 3 ชนิด คือ

ก. การรวมตัวกันของอนุมูลอิสระ (Homolinking and cross-linking of radicals) เป็นการรวมตัวกันของอนุมูลอิสระ 2 โมเลกุล โดยการนำอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ของแต่ละโมเลกุลอนุมูลอิสระมาสร้างพันธะกัน ได้เป็นสารโมเลกุลใหม่ที่มีพันธะร่วมกัน หากเป็นการรวมตัวกันระหว่างอนุมูลอิสระ 2 โมเลกุลที่เป็นชนิดเดียวกัน เรียกโมเลกุลสารใหม่ที่ได้ว่า homodimer แต่ถ้าเป็นการรวมตัวของอนุมูลอิสระต่างชนิดกันเรียก heterodimer ซึ่งกลไกนี้เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในการสร้างสารชีวโมเลกุลที่มีความเสถียรขึ้นมาใหม่ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก และไขมัน เป็นต้น การรวมตัวกันของอนุมูลอิสระแสดงได้ดังนี้ (Roberfroid และ Calderon, 1995)

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

$2ROO^{\bullet} \longrightarrow ROO\text{-}OOR$

$2R^{\bullet} \longrightarrow R\text{-}R$

ข. การกำจัดอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) คำว่า Scavenge หมายถึงการกำจัดเอาขยะและสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งในกรณีนี้เปรียบอนุมูลอิสระได้กับสิ่งที่ไม่ต้องการ ซึ่งการกำจัดออกจะกระทำโดยสารกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า scavenger หรือสารต้านออกซิเดชัน (anioxidant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น สารประกอบฟีนอลิกซึ่งจัดเป็น radical scavenger ที่มีประสิทธิภาพรวมทั้งวิตามินซี วิตามินอี วิตามินเอ เป็นต้น

ค. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron transfer) เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่ของอนุมูลอิสระออกจากโมเลกุล หรือเป็นการรับเอาอิเล็กตรอน 1 ตัวจากภายนอกมาเข้าคู่กับอิเล็กตรอนเดิมที่ยังมีที่ว่างอยู่ในโมเลกุล ทำให้สภาวะการเป็นอนุมูลอิสระหมดไป เช่น อนุมูล superoxide ($O_2^{\bullet-}$) เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนกลายเป็นโมเลกุลออกซิเจนปกติ (O_2) เป็นต้น

2.9 หลักกระบวนการฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดผนึกด้วยความร้อน

อาหารกระป๋อง คือ การเก็บรักษาอาหารในภาชนะปิดผนึกแน่น อากาศและจุลินทรีย์ไม่สามารถเข้ามาได้ (hermetic container) และได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนไว้อย่างเพียงพอและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องทั่วไปและจัดได้ว่าเป็นอาหารที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ สภาพปลอดเชื้อทางการค้า (commercial sterility) ในวงการอุตสาหกรรมได ให้ ความหมายไว้ ดังนี้

1. ต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่มีพิษรวมทั้ง *Clostridium botulinum* หรือไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเหลืออยู่ในอาหารเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

2. ต้องไม่มีจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพเหลืออยู่ส่วนจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่นั้นต้องเจริญไม่ได้ภายใต้ สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทั่วไป เช่น โกดังสินค้า หรือ ร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น โดยทั่วไปอาหารกระป๋องสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1. อาหารกรดต่ำ (low acid food) อาหารประเภทนี้มีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.5-6.8 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ประเภทเนื้อสัตว์ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น

2.2. อาหารกรดปานกลาง (medium acid food) อาหารประเภทนี้มีค่าความเป็นกรดด่าง ระหว่าง 4.5-5.0 ไดแก่ ผลิตภัณฑ์จากผัก และผลิตภัณฑ์ผสมเนื้อกับผัก เป็นต้น

2.3. อาหารกรดสูง (high acid food) อาหารประเภทนี้มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 3.7 ได้แก่ อาหารหมักดองที่มีรสเปรี้ยวผลิตภัณฑ์ จากผลไม้ เป็นต้น

การใช้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ (thermal process) คือการกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้สำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ ได้รับความร้อน ตามที่ได้คำนวณระดับของการสเตอริไลซ์ไว้ (degree of sterility) ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพอาหารจากการทำลายด้วยความร้อนโดยพยายามให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด รักษาเนื้อสัมผัสไม่ให้นิ่มและเนื่องจากการได้รับความร้อนมากเกินไป ลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่ต้องการในอาหารรวมทั้งลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเก็บรักษา ถนอมอาหาร โดยปกติการเสียของอาหารสาเหตุจากจุลินทรีย์ซึ่งทำความเสื่อมเสียมากที่สุดแต่สามารถกำจัดได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Sterilized Retort)

2.9.1.1 หลักการทำงาน (Retort Description)

หม้อฆ่าเชื้อ PR โดยกระบวนการทางความร้อนชนิดอัดความดันพ่นน้ำ ควบคุมการทำงานอัตโนมัติทั้งระบบด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Controller) ใช้สำหรับการฆ่าเชื้ออาหารทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นอาหารชนิดถุง ขวดแก้ว พลาสติก หรือแม้กระทั่งกระป๋องอลูมิเนียมหรืออื่นๆ ด้วยกระบวนการฉีดไอน้ำโดยตรงเข้าไปในหม้อ พร้อมทั้งการพ่นน้ำจากทางด้านบนและด้านข้างอย่างต่อเนื่อง เราสามารถประกันการกระจายความร้อนภายในหม้ออย่างทั่วถึงตลอดกระบวนการทั้งในช่วงขณะฆ่าเชื้อและช่วงทำความเย็น นอกจากนี้ในระหว่างขบวนการอุณหภูมิและความดันจะถูกบันทึกในกระดาษกราฟเพื่อการตรวจสอบในอนาคต โดยอุณหภูมิและความดันนี้จะถูกควบคุมการทำงานแยกเป็นอิสระต่อกัน และยังสามารถตั้งค่าได้ตามความต้องการทุกขณะในระหว่างกระบวนการลงในหน่วยความจำของ PLC ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อสามารถควบคุมได้จากหน้าตู้ควบคุมเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปได้โดยง่ายและสะดวก มีการบันทึกสภาวะและข้อมูลในกระบวนการฆ่าเชื้อเช่น ข้อมูลระดับน้ำ อัตราการไหลเวียนของน้ำ เวลา อุณหภูมิ ความดันและสัญญาณเตือนบอกเวลาเพื่อการตรวจสอบในอนาคตรวมทั้งมีการบันทึกค่าที่ปกติอย่างต่อเนื่องในขณะเครื่องทำงาน มีการควบคุมการทำงานของอุณหภูมิ และความดันแยกเป็นอิสระต่อกันพร้อมทั้งบันทึกลงในกระดาษกราฟเพื่อตรวจสอบมีโปรแกรมสำหรับจัดเก็บข้อมูล และสามารถเลือกข้อมูลให้เหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มเติม และแก้ไขรายละเอียดของแต่ละข้อมูลได้

รูปที่ 2.12 หม้อฆ่าเชื้อ
ที่มา : http://www.prfoodtech.com/index.php/service/retort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.2 ชนิดของหม้อฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ

1.Direct Steam Retort คือ เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำโดยตรง

เครื่องฆ่าเชื้อชนิด Direct Steam เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็งแรง ทนทานต่อแรงดัน เช่น กระป๋อง เป็นต้น ต้นทุนในการผลิตต่ำ ขั้นตอนการทำงานสำหรับ Direct Steam Retort มีระบบการทำงานง่ายไม่ยุ่งยาก

2. Overpressure Water Spray Retort คือ เครื่องฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำ

ถูกออกแบบเพื่อนให้สามารถฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ บรรจุอาหารได้ทุกชนิด เช่น อะลูมิเนียมเพ้าท์ ขวดแก้ว ขวดพลาสติก และถ้วยพลาสติก เป็นต้น ระบบการเสปรย์น้ำ ระบบการฉีดพ่นน้ำผ่านหัวฉีดที่ติดตั้งในตำแหน่งและองศาที่เหมาะสม เพื่อให้การฉีดพ่นเป็นไปอย่างทั่วถึงทุกผลิตภัณฑ์ ขณะการทำ การฆ่าเชื้อค่าเบี่ยงเบนในการกระจายความร้อนน้อยที่สุด ±0.5 องศาเซลเซียส การควบคุมแรงดันถูกต้องแม่นยำ ±0.05 BARS ด้วย คุณสมบัติของ Plate Heat Exchanger จะรักษาคุณภาพของน้ำไม่ให้เกิดการปนเปื้อน ระหว่างน้ำที่ใช้ในกระบวนการและน้ำสำหรับการทำความเย็น

3. Overpressure Water Spray and Direct Steam Retort (Dual Mode) คือ เครื่องฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำและใช้ไอน้ำโดยตรง

เครื่องฆ่าเชื้อที่สามารถทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ได้ 2 ระบบ คือ แบบสเปรย์น้ำ และแบบใช้ไอน้ำโดยตรง ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และความต้องการใช้งานของผู้ผลิตเครื่อง ฆ่าเชื้อ Overpressure Water Spray and Direct Steam สามารถทำการฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ สำหรับอาหารได้หลากหลายชนิด อาทิเช่น ภาชนะพลาสติก อะลูมีเนียมเพ้าท์ ขวดแก้ว เป็นต้น

4. Rotary Retort คือ เครื่องฆ่าเชื้อแบบหมุน

เป็นหม้อฆ่าเชื้อ ภายใต้ความดัน ที่ภายในมีกลไกการหมุน บรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกสนิท เพื่อเร่งการถ่ายเทความร้อน ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการฆ่าเชื้อ ช่วยลดเวลาในการฆ่าเชื้อ ทำให้อาหารมีคุณภาพดีขึ้น ลดการไหลของอาหารในบริเวณที่ติดกับภาชนะ เหมาะกับอาหารเหลวที่เนื้อข้น เช่น น้ำกะทิ ซอส ซุป ฯลฯ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Zhang and Hamauzu (2003) ได้รับรายงานว่าพริกแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกรดแอสคอร์บิคที่สูงกว่าพริกสีเหลืองและสีเขียว ตามลำดับ ในขณะที่พริกสีเหลืองมีปริมาณแคโรทีนอย์สูงกว่าพริกสีแดง และพริกสีเขียว ตามลำดับ

จากการศึกษาโดย ประเสริฐ และคณะ (2544) ปริมาณโอลีโอเรซินที่สกัดได้จากตัวทำละลายด้วย acetone ส่งผลให้ปริมาณโอลีโอเรซินมากที่สุด

จากการศึกษาของ Murcia and others (2004) รายงานว่าสารประกอบฟีนอลิคเป็นพฤกษเคมีที่สำคัญในพืชมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จารุวรรณและสุดารัตน์ (2554) ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่าดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผลผลการศึกษาพบว่าพริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่จะมีสารแคปไซซินอยด์ชนิดแคปไซซินในปริมาณมากที่สุดระยะการสุกแก่ของผลพริกมีผลต่อปริมาณแคปไซซินอยด์ พบว่าพริกดิบ และ พริกสดจะพบความแตกต่างของปริมาณแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธุ์ในพริกแห้งโดยพบว่าพริกสายพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทมีค่าดัชนีความเผ็ดสูงที่สุดในทุกระยะการสุกแก่ของผลคิดเป็น 55,793.04, 58,259.04 และ 48616.68 SHU ของพริกดิบพริกสุก และ พริกแห้งตามลำดับอย่างไรก็ตามพบว่าหากพิจารณาความเผ็ดของพริกรวมพริกระยะดิบพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทจะมีค่าความเผ็ดรวมสูงที่สุดคิดเป็น 91,526.40/กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือพันธุ์ทองดำและพันธุ์หัวเรือตามลำดับในขณะที่พริกสุกและพริกแห้งพันธุ์หัวเรือจะมีค่าความเผ็ดรวมสูงที่สุดคิดเป็น 97,474.77 ต่อกรัมน้ำหนักแห้งและ 86,094.709 ต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

วีรศิลป์และคณะ (2555) ศึกษาการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกายวิภาคศาสตร์ของใบและปริมาณแคปไซซินในพริกขี้หนูสวนและพริกกระเหรี่ยงเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในระดับพันธุ์จากการศึกษา พบว่าใบพริกขี้หนูสวนและพริกกระหรี่ยงประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นผิวของใบมีลักษณะที่เหมือนกันปากใบแบบอะนอโมไซติกและแอนไอโซไซติก โดยพบปากใบแบบอะนอโมไซติกป็นส่วนใหญ่ ความยาวของแพลิเซดของพริกขี้หนูสวนยาวกว่าพริกกระเหรี่ยง ค่าดัชนีปากใบ (stomatal index) ของผิวใบด้านบนและด้านล่างของพริกหนูสวนมีค่ามากกว่าพริกกระเหรี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบขนาดโครงสร้างภายนอกของใบพริกขี้หนูสวนความกว้างและความยาวของเส้นกลางใบและความหนาแผ่นใบพบว่ามีขนาดใหญ่กว่าพริกกระเหรี่ยง จากการศึกษาพบวาปริมาณแคปไซซินเพิ่มขึ้นตามระยะความแก่ของพริกจากสีเขียวจนถึงสีแดงปริมาณแคปไซซินในผลพริกกระเหรี่ยงสูงกว่าพริกขี้หนูสวน

Monica R.*et al.* (2015) ได้รายงานว่า การวิเคราะห์ของสารต้านอนุมูลอิสระสารพฤกษเคมีรายละเอียดของสายพันธุ์ที่แตกต่างกันของพริก จะวิเคราะห์ทั้งพริกสดและพริกหลังจากการผ่านกระบวนการปรุงสุกในครัวเรือนที่แตกต่างกันแช่แข็งและต้ม)พริกสดแสดงให้เห็นถึงปริมาณฟีนอลสูงสุด และสารแคปไซซินอยด์ ซึ่งการแช่แข็งและการต้มนั้นส่งผลในทางลบต่อปริมาณของสารอาหารจากพืชที่ใช้งานเหล่านี้ในบรรดาพริกต่างๆ *C. baccatum* เป็นชนิดที่มีปริมาณสารฟีนอลต่ำที่สุดและปริมาณ capsaicin และ dihydrocapsaicin ต่ำมากดูเหมือนว่าจะมีผลในการต้านอนุมูลอิสระทีลดลงในขณะที่พริก *C. annuum* มีgreater activity relatable สูงกว่าปริมาณฟีนอลและ capsaicinoids ในทางกลับกันจากการประเมินผลของการต้านอนุมูลอิสระซึ่งดูเหมือนว่าเหมือนจะไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าความสามรถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณของสารอาหารจากพืชที่มีอยู่ในพริก

Monica R. *et al.* (2015) ได้รายงานว่า สารอาหารที่มีปริมาณน้อยในอาหารแปรรูป ในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ total phenols, flavonoids, capsaicinoids และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระของพริกที่ผ่านการต้ม และพริกแช่แข็ง จากพริก 4 ชนิด (*Capsicum annuum, Capsicum baccatum, Capsicum chacoense* และ *C. chinense*) ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าพริกสดมีปริมาณ phenols, flavonoids และ capsaicinoids สูงสุด การต้มและการแช่แข็งส่งผลในเชิงลบต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ โดยทั่วไปสายพันธุ์ของพริกจาก *C. annuum* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกว่างสัมพันธ์กับปริมาณ phenols และcapsaicinoids ที่สูงกว่า เมื่อพิจารณาจากความสนใจของผู้บริโภคในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางโภชนาการของอาหาร

การอบแห้งตามธรรมชาติดีสำหรับการเก็บรักษา carotenoid สูงสุด แต่ไม่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาของวิตามินซี เพราะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงส่งผลให้พริกขี้หนูที่มีปริมาณวิตามินซี 1.5 – 3 เท่าสูงกว่าที่พบในพริก paprika ด้วยวิธีการอบแห้งอื่น ๆ (Daood H.G. *et al.,* 2013)

ความเผ็ด ลักษณะอร่อยที่สำคัญของพริกสีแดงนอกจากนี้ยังพบว่าจะลดลงระหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยต่างๆเช่นอุณหภูมิสูงความชื้นกิจกรรมน้ำสัมผัสกับแสงและสัมผัสกับออกซิเจนได้พบว่ามีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพ (Giuffrida D. *et al*., 2014)

สารสกัดเมทานอลของพริกเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้สารสกัดจากเมทานอลของพริกสีแดงและสีเขียวสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดไลโนเลอิก สารสกัดจากเมทานอลของพริกแดงแสดงให้เห็นว่าแรงต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นกว่าชนิดอื่นๆ (Conforti F. D. *et al*., 2007)

ณัฏฐ์ชยธร และคณะ (2014) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม (TPCs) ของพริกท้องถิ่นในไทยได้แก่ พริกเหลือง พริก กะเหรี่ยง พริกหยวก พริกขี้หนูแดง พริกจินดาเขียว พริกจินดาแดง พริกหนุ่ม และพริกขี้ฟ้า โดยทำการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay และ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมจะประเมินด้วยวิธี Folin–Ciocalteu assay ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากพริกหนุ่ม และพริกกะเหรี่ยงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH มีค่าเท่ากับ 12.881 - 14.915 μM TE/g, FRAP มีค่าเท่ากับ 78.773 - 79.152 μM TE/g และ ORAC มี ค่าเท่ากับ 451.970 - 464.843 μmole Trolox/g) และค่า TPCs (8.965 - 11.062 μM TE/g) สูงที่สุด ในขณะที่สารสกัดจาก พริกจินดาเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด (DPPH มีค่าเท่ากับ 7.705 μM TE/g, FRAP มีค่าเท่ากับ 38.097 μM TE/g, ORAC มีค่าเท่ากับ 282.174 μmole Trolox/g และ TPCs มีค่าเท่ากับ 4.819 μM TE/g) จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า พริกส่วนใหญ่มีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิครวมปริมาณสูง ซึ่งมีความสามารถในการเข้าจับและกำจัด อนุมูลอิสระในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเครียดเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการดำเนินการเปรียบเทียบโดย เผยให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลรวมในพริก Habanero และ พริก Chiltepin มีข้อสังเกตที่จะเป็น 5.92 ± 0.47 และ 4.85 ± 0.23 mg/g GAE ตามลาดับ ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ในพริก habanero (14 cmg/g ของน้าหนักแห้ง) ต่ำกว่า พริก Chiltepin (36 mg/g ของน้าหนักแห้ง) (Rakesh Kr Dubey และ *et al*., 2014)

Loizzo *et al.,* (2013) รายงานว่า ปริมาณฟีนอลจากพริกสด (127.5 mg/g) จะลดลงเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปหลังจากกระบวนการทอด (15 mg/g)

Turkmen *et al.,* (2005) รายงานว่า การต้ม การนึ่ง การใช้ไมโครเวฟ ทำให้ปริมาณฟีนอลเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะน้ำระเหยออกไปทำให้เหลือเฉพาะฟีนอลอยู่ในอาหาร

Ornelas-Paz *et al.,* (2010) ได้กล่าวว่าจากการวิเคราะห์พริก Poblano, Bell, Chilaca, Caribe, Jalapeno, Serrano, Habanero, และ Manzano โดยใช้กระบวนการต้มและย่าง ทำให้ปริมาณฟีนอลรวมมีปริมาณเพิ่มขึ้น

Materska (2014) ศึกษาผลกระทบของการใช้กระบวนการ freeze-dried ที่มีต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในส่วนของรกและเปลือกของพริกหวาน (*C. annuum* var. Red Knight, *C. annuum* var. Shanghai, และ *C. annuum* var. Socrates) และพริกหวานกึ่งเผ็ด *C. annuum* var. Capel การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเปลือกโดยทั่วไปพบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าในส่วนของรกพริก สารสกัดจากรกพริก *C. annuum* var. Capel ที่ให้ความร้อน พบว่ามีการสูญเสียร้อยละ 40 ของปริมาณฟีนอลทั้งหมด ขณะที่เปลือกของ *C. annuum* var. Shanghai ที่นำไปทำการ freeze-dried มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 55 โดยประมาณ จากการเปรียบเทียบกับพริกสด

Ewald *et al*., (1999) รายงานว่า วิธีการแปรรูปอาหารหลากหลายวิธีไม่ได้มีอิทธิพลต่อปริมาณฟีนอล ความร้อนทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase ทำงานได้ช้าลง จึงเป็นการยับยั้งการเสื่อมเสียของฟีนอล

Menichini *et al.,* (2009) ได้ศึกษาพริกสด *C. chinense* Habanero พบว่าปริมาณ capsaicin และ dihydrocapsaicin มีค่า 436.3, 249.8 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม ตามลำดับ

ผลกระทบของกระบวนการลวก และกระบวนการอบแห้งส่งผลต่อเสถียรภาพของ capsaicinoids ใน *Capsicum frutescens* ซึ่งรายงานโดย Schweiggert *et al.,* (2006) กระบวนการลวก และกระบวนการอบแห้ง ผลที่ได้คือ ปริมาณ capsaicinoids ลดลงไปร้อยละ 21.7, ร้อยละ 28.3 ตามลำดับ จากปริมาณเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่า capsaicinoids มีความไวต่อความร้อน

Ornelas-Paz *et al.,* (2010) ได้ศึกษาพริก Mexican ในรูปของผลดิบ และสุก โดยการต้มและย่าง พบว่าหลังจากการต้ม capsaicinoids มีการสูญเสียปานกลาง ในขณะที่การย่างส่งผลให้สารประกอบเหล่านี้เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของ Hwang *et al.,* (2012) อธิบายว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษาด้วยวิธี DPPH ของ *C. annuum* ที่ซื้อจากตลาดท้องถิ่นในเกาหลีใต้มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากผ่านกระบวนการแปรรูป ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการต้ม ลดลงเหลือ ร้อยละ 42.0 - 60.5 จากปริมาณเริ่มต้น หลังจากการนึ่งลดลงเหลือ ร้อยละ 23.5 - 30.3 การคั่ว ร้อยละ 11.6 - 15.4 และการผัด ร้อยละ 4.6-15.8

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าจะลดลงเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป หลังจากต้มเป็นเวลา 5 นาที จะมีค่าลดลงเหลือร้อยละ 77 จากค่าเริ่มต้น และจะลดลงไปถึง ร้อยละ 64 เมื่อต้มนาน 30 นาที (Howard *et al.,* 1999)

Turkmen *et al.,* (2005) อธิบายว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพริกที่ศึกษาโดยวิธี DPPH พบว่ามีการเพิ่มขึ้นในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปเมื่อเทียบกับพริกสด

Hwang *et al.,* (2012) พบว่า กระบวนการต้มและนึ่งเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ ลดลงอย่างมากในพริกแดง มากกว่าการผัดและการคั่ว ในความเป็นจริงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ ลดลงเหลือ ร้อยละ 39.8 - 55.7 จากปริมาณเริ่มต้น หลังจากผ่านการต้ม ลดลงเหลือ ร้อยละ 21.7 - 29.8 หลังจากการนึ่ง ลดลงเหลือ ร้อยละ 13.2 - 17.9 หลังจากการคั่ว และลดลงเหลือ ร้อยละ 4.9 - 16.1 หลังการผัด

Loizzo *et al.,* (2013) พบว่า การผัดส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ ลดลงอย่างมากในพริกหยวกสายพันธุ์ *C. annuum 2* cultivars คือ Roggiano และ Senise

นิจฉรา และคณะ, (2552) รายงานว่า วิธีวิเคราะห์สารแคปไซซินโดยใช้ HPLC เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากให้ความแม่นยำสูง และ รวดเร็วได้หาดัชนีเผ็ดของพริก 3 ชนิด ได้แก่ พริกจินดา พริกชี้ฟ้า และ พริกขี้หมู จากการสกัดในอะซีโตนนาน 22 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ด้วย HPLC ใช้เครื่อง Walter 600E คอลัมน์ YMC-Pack ODS-A, S-5 12 ไมโครเมตร, 12 นาโนเมตร, ขนาด 50x4.6 ไมโครเมตร, เครื่องตรวจวัดการเรืองแสงของสาร (UV Detector) 280 นาโนเมตร ใช้สารตัวพาเมทานอล:น้ำ ในอัตราส่วน 75:25 อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าพริกจินดามีความเผ็ดสูงสุด โดยมีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 28,050 - 40,200 SHU รองลงมาคือ พริกขี้หนูสด มีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 19,500-28,050 SHU และพริกชี้ฟ้าสด มีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 7,500-16,500 SHU

กรองจันทร์และคณะ, (2556 - 2557) ในการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยคำนวณเทียบเท่าเป็นน้ำหนักสมมูลของ สารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic Acid Equivalent : GAE) จากกราฟมาตรฐานความเข้มข้นระหว่าง 0 - 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าการสกัดใบขลู่ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 และ 43 นาทีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดคือ 66.92 ± 2.21 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัม และ ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสีของพริกแกง โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60, 75, 90, 105 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที พบว่า พริกแกงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศา เซลเซียส มีค่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพริกแกงที่อุณหภูมิอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1. วัสดุ

3.1.1 วัตถุดิบและเครื่องเทศ

1. พริก (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)
2. ข้าวหอมมะลิ (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)
3. หอมแดง (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)
4. ถั่วลิสง (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)
5. เครื่องเทศ (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)
6. เครื่องปรุง (บริษัท สยามแมคโคร จำกัด มหาชน)

3.1.2 สารเคมีและสารทำปฏิกิริยา

1. น้ำกลั่น
2. Methanol (Fisher, ประเทศ UK)
3. Aluminium chloride (บริษัท Ajax Finechem, Australia)
4. 10% Folin-Ciocalteu Reagent (F9252-100 ml บริษัท Sigma-aldrich.com ประเทศ Switzerland)
5. อะซิโตน (acetone)
6. Sodium nitrate (บริษัท Ajax Finechemประเทศ Australia)
7. Sodium hydroxide (บริษัท Fisher chemical analytical reagent grade Belgium)
8. โซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$)
9. Iron (ll) sulphate (บริษัท Ajax Finechem)
10. 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (Tripyridyltriazine :(TPTZ)
11. สารละลาย DPPH (2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl ,Sigma D9132-1G)
12. Sodium acetate hydrated (บริษัท Ajax Finechem, ประเทศ Australia)
13. Capsaicin (บริษัท Sigma-aldrich.com 12084.10MG-F, ประเทศ Switzerland)
14. BHT (3, 5–di–tert–butyl–4–hydroxytol synonym Butylated hydroxy toluene (Neat)
15. 2, 6-Di-tert-buty-4-methyl-phenol (34150-250g-F, ประเทศ Germany)
16. HCl
17. Sodium acetate (บริษัท Ajax Finechem, Australia)
18. Gallic acid monohydrate (บริษัท Sigma-aldrich ประเทศ China)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. Quercetin (บริษัท Sigma-aldrich.com ประเทศ Germany)
20. 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (บริษัท Sigma-aldrich.com ประเทศ Germany)

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ (Beaker)
4. กรวย
5. ขวดเก็บสาร (Duran) ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร
6. ปิเปตปริมาตร 1.0 5.0 และ 10.0 มิลลิลิตร
7. กระดาษกรองเบอร์1, 4 (Whatman paper No. 1, 4)
8. แท่งแก้วคน (Stirring Rod)
9. หลอดทดลอง
10. ขวดสีชา
11. ช้อนตักสาร
12. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
13. จุกยาง
14. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

3.1.3.2 เครื่องมือ

1. บุชเชอร์, เครื่องกรองสารเคมี
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge, FALCON, 6/300, Germany)
3. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectrophotometer, shimadzu, UV- 1601, Japan)
4. เครื่องวัดค่าพีเอช (Clean: PH200 & PH500)
5. เครื่องกลั่นระเหยสารระบบสุญญากาศ (Rotary Evaporator, Heidolph)
6. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
7. เครื่องผสม (vortex mixer, VORTEX GENIE 2, G560E, USA)
8. เครื่องวัดสี (รุ่น Minolta CR 300)
9. เครื่องผสม (vortex mixer, VORTEX GENIE 2, G560E, USA)
10. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ; 51 วท.6622-02-67-001 (2)
11. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ; Sartorius analytic รุ่น A200S
12. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ; 56 วท. 6622-04-04-0004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. อุปกรณ์ทำครัว (Kitchen utensils)
14. โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาอัตราส่วนของพริกต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมอัตราส่วนของพริกเล็กและพริกใหญ่ตามตารางที่ 3.1 ดังนี้ นำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของพริกเล็กและพริกใหญ่ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของซอสเครื่องเทศ

อัตราส่วนที่	พริก (ร้อยละ)	
	พริกเล็ก	พริกใหญ่
1	100	0
2	0	100
3	60	40
4	30	70
5	20	80

3.2.1.1 การเตรียมตัวอย่างจากวัตถุดิบ

1.) การสกัดสารตัวอย่างจากพริก (ดัดแปลงจาก นิจฉรา, 2552)

ใช้อัตราส่วนส่วนระหว่างพริกต่อเมทนานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 (1:6) ตั้งทิ้งไว้ จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง และทำการปั่นเหวี่ยง แยกเอาส่วนใสของสารละลายมา จากนั้นไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารระบบสุญญากาศ นำสารสกัดที่ได้ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกระทั่งนำมาวิเคราะห์ (ดังภาคผนวก ค-1)

3.2.1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบ โดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบด้วยวิธีการดังนี้

1.) คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 (ดังภาคผนวก ก-1)

2.) คุณสมบัติทางเคมี

2.1) วิเคราะห์ค่าพีเอชด้วยเครื่อง Clean: PH200 & PH500 (ดังภาคผนวก ข-1)

2.2) วิเคราะห์ความชื้น (ดังภาคผนวก ข-2)

3.2.1.3 การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบดังนี้

1.) วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม (ชมัยพรและคณะ, 2060)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยดัดแปลงวิธีการทดลองของ (Wattanakulet al., 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับ เควอร์เซติน (Quercetin) ที่ความเข้มข้น 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์จากสมการของกราฟมาตรฐานของเควอร์เซติน แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปมิลลิกรัมสมมูลของเควอร์เซตินต่อส่วนสกัด 1 กรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดลองที่ได้แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่เป็นอิสระต่อกันแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ (ดังภาคผนวก ค-2.1)

2.) การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

วิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method โดยดัดแปลงการทดลองตามวิธีของ Singleton และคณะ (1999) สร้างกราฟมาตรฐานจากสารละลายกรดแกลลิกโดยใช้ไมโครเพลทขนาด 96 หลุม ปิเปตสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid) ที่มีความเข้มข้นได้แก่ 1, 0.1, 0.01, และ 0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ บันทึกค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้และวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดส่วนต่างๆ โดยเตรียมสารสกัดเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตรและทำการทดลองเช่นเดียวกับสารละลายกรดแกลลิก โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (ดังภาคผนวก ค-2.2)

3.) การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน (นิจฉรา, 2552)

การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในตัวอย่างสารสกัดพริก โดยใช้สารแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) methyl]-8-methyl-6-nonenamide) ของบริษัท Sigma เป็นสารละลายมาตรฐาน วิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินโดยใช้เครื่อง HPLC (ดังภาคผนวก ค-2.3)

4.) การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical Scavenging capacity (Min et al., 2013)

การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในตัวอย่างสารสกัดพริกใช้สารละลาย BHT เป็นสารละลายมาตรฐานที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer โดยใช้สารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็น Blank นำค่าที่วัดได้ในแต่ละความเข้มข้นหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาคำนวณ ร้อยละการยับยั้ง (% inhibition) (ดังภาคผนวก ค-2.4)

5.) การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) (Monica R. Loizzo et al., 2015)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)ในตัวอย่างสารสกัดพริก ใช้สารละลาย FRAP reagent ประกอบด้วยสารละลาย tripyridyltriazine (TPTZ) 10 มิลลิโมลาร์ 2.5 มิลลิลิตรl ละลายใน HCl 40 มิลลิโมลาร์ เติม acetate buffer (pH 3.6) 0.3 โมลต่อลิตร 25 มิลลิลิตร เติม $FeCl_3$ 20 มิลลิโมลาร์ 2.5 มิลลิลิตร สารสกัดพริกเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายในเมทานอลและสารละลายนี้มีปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร นำไปผสมกับ FRAP reagent 1.8 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร และใช้ BHT เป็น control จะใช้สารละลาย FRAP เป็นแบลงก์และใช้สารละลายมาตรฐาน Fe(II) รายงานผลเป็นหน่วยมิลลิโมลของเฟอรัสซัลเฟตต่อกรัมของสารสกัด (ดังภาคผนวก ค-2.5)

3.2.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* b*) ทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช และค่าความชื้น ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์รวม ฟินอลิกทั้งหมด และแคปไซซินฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ค่า ค่า IC_{50} และ FRAP value นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows)

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและการประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการเตรียมซอสเครื่องเทศโดยใช้วัตถุดิบและเครื่องเทศ ซึ่งดัดแปลงมาจาก มาริสา (2559) ตามตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ร้อยละของวัตถุดิบและเครื่องเทศสำหรับการทำซอสเครื่องเทศ

สูตร	ปริมาณวัตถุดิบ (ร้อยละ)						รวม
	พริก		ข้าว	เครื่องเทศ	เครื่องปรุง	น้ำ	
	พริกเล็ก	พริกใหญ่					
พื้นฐาน	6		15	3	6	70	100
1	6	0	15	3	6	70	100
2	0	6	15	3	6	70	100
3	4	3	15	3	6	70	100
4	2	4	15	3	6	70	100
5	1	5	15	3	6	70	100

3.2.2.1 กรรมวิธีการผลิตซอสเครื่องเทศ (มาริสา, 2559)

นำวัตถุดิบ (ดังตารางที่ 3.1) จากนั้นนำข้าวหอมแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เด็ดก้านพริกเล็กและซั่งน้ำหนักพริกใหญ่นำไปปั่นให้ละเอียด (ดังตารางที่ 3.1) ผสมกันให้ละเอียด เติมน้ำและนำไปผัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำซอสเครื่องเทศสูตรต่างๆที่ได้มาทำการศึกษาคุณสมบัติโดยการทดสอบทางกายภาพ เคมี สารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.2.2 การเตรียมตัวอย่างจากซอสเครื่องเทศ

1.) การเตรียมสารสกัดซอสเครื่องเทศ (โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

1.) โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี กายภาพ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.1.2

3.2.2.4 การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ จากสูตรซอสเครื่องเทศที่เหมาะสม โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3

3.2.2.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คนเพื่อให้ทราบถึงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อสูตรซอสที่มีอัตราส่วนของพริกที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic scale 9 points) โดยให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุดคะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความโดยชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาสูตรของซอสเครื่องเทศที่เหมาะสม เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อไป

3.2.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* b*) ทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช และค่าความชื้น ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์รวม ฟินอลิกทั้งหมด และแคปไซซิน ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ค่า ค่า IC_{50} และ FRAP value นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows)

3.2.3 ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงของซอสเครื่องเทศ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศสูตรที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ซอสเครื่องเทศสูตรที่เหมาะสมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตอนที่ 2 จะถูกผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แล้วเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อไป

3.2.3.1 กระบวนการฆ่าเชื้อของซอสเครื่องเทศ

1.) การเตรียมซอสก่อนฆ่าเชื้อ การผลิตซอสเครื่องเทศสูตรที่ดีที่สุดมีกรรมวิธีการผลิตซอสเครื่องเทศ เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2

3.2.3.2 การเตรียมตัวอย่างจากซอสเครื่องเทศก่อนและหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

1.) การเตรียมสารสกัดซอสเครื่องเทศก่อนกระบวนฆ่าเชื้อ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี จากซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.2

3.2.3.4 การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ จากซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3

3.2.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* b*) ทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอชและค่าความชื้น ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์รวม ฟินอลิกทั้งหมด และแคปไซซิน ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ค่า ค่า IC_{50} และ FRAP value นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows)

3.2.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงจะถูกเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

3.2.4.1 การเตรียมตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

1.) การเตรียมสารสกัดซอสเครื่องเทศหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.1.1

3.2.4.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี จากผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศสูตรที่ดีที่สุด หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.2

3.2.4.3 การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ จากผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศสูตรที่ดีที่สุดหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3

3.2.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* b*) ทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช และค่าความชื้น ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์รวม ฟินอลิกทั้งหมด และแคปไซซิน ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ค่า ค่า IC_{50} และ FRAP value นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ศึกษาอัตราส่วนของพริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

พริกเล็ก และ พริกใหญ่ ที่ถูกปั่นละเอียดแล้ว นำมาผสมกันตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300 โดยวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE Lab Scale (L*, a*, b*) ดังภาคผนวก ข และวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช วิเคราะห์โดยใช้ pH meter รุ่น Clean : pH2008&pH500 และค่าความชื้น วิเคราะห์ด้วยวิธี Hot Air Oven method (A.O.A.C.,2000) ดังภาคผนวก ค ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของอัตราส่วนของพริกเล็ก และ พริกใหญ่ทั้ง 5 อัตราส่วน

อัตราส่วนที่	ทางกายภาพ			ทางเคมี	
	ค่าสี			พีเอช	ความชื้น
	L*	a*	b*		
1	41.48^{a}±0.01	16.57^{d}±0.03	17.61^{a}±0.01	4.90^{a}±0.01	4.15^{d}±0.19
2	37.11^{e}±0.08	18.91^{a}±0.13	12.02^{e}±0.03	4.90^{a}±0.04	35.26^{a}±0.31
3	39.72^{c}±0.01	17.00^{c}±0.10	14.17^{b}±0.01	4.93^{a}±0.02	27.48^{c}±1.19
4	40.18^{b}±0.01	17.67^{b}±0.24	14.08^{c}±0.02	4.91^{a}±0.02	30.41^{b}±0.41
5	38.77^{d}±0.16	17.77^{b}±0.08	13.12^{d}±0.02	4.91^{a}±0.02	33.81^{a}±1.52

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ อัตราส่วนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง อัตราส่วนของพริกเล็กต่อพริกใหญ่ร้อยละ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ

จากการวัดค่าสีในระบบ CIE Lab (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR 300 ของพริกเล็ก และ พริกใหญ่ซึ่งจำแนกค่าสีเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) โดยวัดจากอัตราส่วนพริกทั้ง 5 อัตราส่วน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าอัตราส่วนพริกแต่ละสูตรที่ใช้วัตถุดิบในขั้นตอนการผลิตแตกต่างกัน มีผลทำให้ค่า L* ในพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ 1, 2 , 3, 4 และ 5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 41.48, 37.11, 39.72, 40.18 และ 38.77 ตามลำดับ จะเห็นว่าพริกอัตราส่วนที่ 1 มีค่า L* หรือ ค่าความสว่างสูงที่สุด และพริกอัตราส่วนที่ 2 มีค่าความสว่างต่ำที่สุด สำหรับค่า a* พบว่าอัตราส่วนที่ 2 มีค่าสีแดงสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 18.91 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และพบว่าเมื่อมีอัตราส่วนของพริกใหญ่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย กสิภูมิ และคณะ (2557) กล่าวว่าจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพ ของซอสมะเขือเทศทางการค้า พบว่าตัวอย่างที่สุ่ม ซอสมะเขือเทศในท้องตลาดมีค่าสีแดง-เขียว (a*) 14-17 ส่วนอัตราส่วนที่ 4 และ 5 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และค่า b* ในสูตรที่ 1, 2 , 3, 4 และ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่า ดังนี้ 17.61, 12.02, 14.17, 14.08 และ 13.12 ตามลำดับ พบว่าค่า b* พริกอัตราส่วนที่ 1 มีค่าสูงที่สุด และเมื่อมีอัตราส่วนของพริกเล็กเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีค่า b* เพิ่มขึ้นด้วย การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L*, a*, b* ในพริกเล็ก และ พริกใหญ่เมื่อมีการใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้สีมีความแตกต่างกันซึ่งค่าสีของอาหารเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจยอมรับอาหารของผู้บริโภค (ลินจง, 2547) และงานวิจัยของนิจฉรา (2552) ระบุว่าการทำแห้งแบบธรรมดาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อสีของพริกแต่ไม่สามารถคงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้สามารถเก็บพริกสดไว้ได้นานถึง 35 สัปดาห์ ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส พริกจะเปลี่ยนสี และ เสื่อมเสียภายในไม่กี่วันเพราะเซลล์ของผลพริกผิดปกติเนื่องมาจากการสะท้านหนาวและอาจส่งผลต่อปริมาณสารที่สำคัญในพริกได้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าพีเอชของพริกทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 4.90 – 4.93 สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภางค์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างพริกชี้ฟ้าและพริกขี้หนูสวน ตั้งแต่ 100:0 ถึง 80:20 พบว่าซอสพริกผสมทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางด้านพีเอช จากการศึกษาค่าความชื้นของพริกทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า พริกอัตราส่วนที่ 2 มีค่าความชื้นมากที่สุด มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 35.26 ซึ่งพริกอัตราส่วนที่ 2 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 33.81 เนื่องจากพริกอัตราส่วนที่ 5 มีอัตราส่วนของพริกใหญ่มากถึงร้อยละ 80 และพบว่า ความชื้นจะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนของพริกใหญ่มากขึ้น ซึ่งปริมาณความชื้นที่ขึ้นกับสภาพอากาศระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นเมื่อสภาพอากาศระหว่างการเก็บรักษาเปลี่ยนแปลงไปจึงส่งผลต่อความชื้นของพริก ทำให้ปริมาณความชื้นของพริกที่ถูกเก็บรักษาในสภาวะเปิดเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษาพริกในขณะนั้น (ชมพูนุช และคณะ, 2555)

พริกเล็ก และ พริกใหญ่ ที่ถูกปั่นละเอียดแล้ว นำมาผสมกันตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำแต่ละอัตราส่วนแช่สารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 480 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และทำการปั่นเหวี่ยง (1000 รอบต่อนาทีเป็นระยะ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) นำส่วนใสของสารละลายไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารระบบสุญญากาศ นำสารที่สกัดได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม วิเคราะห์โดยใช้วิธี Aluminum complex formation (Wattanakul *et al*., 2009) วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method (Singleton *et al*., 1999) และวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซิน โดยใช้ HPLC (High performance liquid chromatography) และวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging capacity (Min *et al.,* 2013) และวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) (Loizzo *et al*., 2015) ดังภาคผนวก ค - 2.5 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของอัตราส่วนของพริกเล็ก และ พริกใหญ่ทั้ง 5 อัตราส่วน

อัตราส่วนที่	สารพฤกษเคมี			ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟลาโวนอยด์ (mg/100g นน.แห้ง)	ฟีนอลิก (mg/100g นน.แห้ง)	แคปไซซิน (mg/100g นน. แห้ง)	DPPH IC_{50} (g/ml)	FRAP (mM/ml)
1	1,104.60^{a}±50.39	456.26^{c}±40.84	49.72^{a}±0.72	0.66^{b}±0.01	84.92^{a}±5.56
2	489.12^{d}±7.81	2,629.49^{a}±145.75	3.64^{e}±0.10	0.80^{a}±0.03	11.00^{c}±0.60
3	674.15^{b}±30.30	1,958.86^{b}±126.56	25.83^{b}±0.01	0.72^{ab}±0.07	62.15^{b}±9.42
4	564.53^{c}±30.26	2,515.91^{a}±32.56	10.73^{c}±0.01	0.79^{a}±0.07	21.16^{c}±0.61
5	513.90^{cd}±15.97	2,575.56^{a}±45.36	6.09^{d}±0.01	0.77^{a}±0.05	18.36^{c}±9.42

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ อัตราส่วนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง อัตราส่วนของพริกเล็กต่อพริกใหญ่ร้อยละ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในพริกทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่าพริกอัตราส่วนที่ 1 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 1,104.60 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วนที่ 2, 3, 4 และ 5 เมื่ออัตราส่วนของพริกเล็กเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นด้วย จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพริกทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่าพริกอัตราส่วนที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด คือ พริกอัตราส่วนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2,629.49 มิลลิกรัมต่อ100กรัม น้ำหนักแห้ง และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วนที่ 4 และ 5 เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวมีอัตราส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกใหญ่มากถึงร้อยละ 70 และ 80 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของ Rohanizah *et, al* (2012) กล่าวว่าพริกหวาน (1.291±0.969 µmol/GAE/g) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ตามด้วย พริกหยวก (0.759 µmol/GAE/g) และ พริกขี้หนู (0.739 µmol/GAE/g) ในขณะที่พริกขี้หนู (0.551 µmol/GAE/g) มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุด ตามด้วย พริกหวาน (0.451 µmol/GAE/g) และ พริกหยวก (0.306 µmol/GAE/g) ผลการทดลองแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ทุกตัวอย่าง ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระหว่าง พริกหวาน พริกหยวก และ พริกขี้หนู แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง พริกหยวก กับ พริกขี้หนู

ปริมาณแคปไซซินถูกรายงานผลในหน่วย มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบว่า พริกทั้ง 5 อัตราส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พริกอัตราส่วนที่ 1 มีค่าปริมาณแคปไซซินมากที่สุด เท่ากับ 49.72 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง จากงานวิจัยของ มงคล จันทร์แก้วปง (2548) การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินในพริกโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง และเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินระหว่างพริกสด กับพริกแห้ง ผลการวิเคราะห์พบว่า พริกขี้หนูแห้งมีปริมาณแคปไซซินมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.264 รองลงมาได้แก่ พริกขี้หนูสด พริกชี้ฟ้าแห้ง พริกชี้ฟ้าสด และพริกหยวก เท่ากับ ร้อยละ 0.215, 0.105, 0.073, และ 0.020 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซิน ระหว่าง พริกสดกับพริกแห้ง พบว่า พริกแห้งมีปริมาณแคปไซซินมากกว่าพริกสด คือ พริกขี้หนูสด และพริกขี้หนูแห้ง มีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ ร้อยละ 0.215 และ 0.264 พริกชี้ฟ้าสด กับพริกชี้ฟ้าแห้ง มีปริมาณแคปไซซินเท่ากับร้อยละ 0.073 และ 0.105 ตามลำดับ เนื่องจากพริกอัตราส่วนที่ 1 คือ พริกเล็กร้อยละ 100 เป็นพริกที่มีไส้กลางซึ่งเป็นบริเวณที่พบแคปไซซินมากที่สุด รองลงมาได้แก่ พริกอัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.83 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง พริกอัตราส่วนที่ 2 มีปริมาณแคปไซซินต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.64 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เนื่องจาก พริกอัตราส่วนที่ 2 คือ พริกใหญ่ร้อยละ 100 เป็นพริกที่ไม่มีไส้กลาง จึงส่งผลให้ปริมาณแคปไซซินที่พบมีปริมาณน้อยกว่าพริกเล็ก ส่วนอัตราส่วนที่ 3, 4 และ 5 เป็นพริกผสมระหว่างพริกเล็กและ พริกใหญ่ตามอัตราส่วนต่างๆ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของพริกเล็กเพิ่มขึ้น ปริมาณแคปไซซินที่พบก็เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่ง Michael S. *et al.,* (2008) กล่าวว่าเมล็ดของพริกจะพบปริมาณแคปไซซินค่อนข้างน้อย แต่จะพบมากบริเวณไส้กลางของพริก

จากการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยวิธี DPPH radical sacavenging assay แสดงในค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดพริกที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 ค่า IC_{50} ของพริกทั้ง 5 อัตราส่วน แสดงดังตาราง 4.2 จากการทดลองพบว่า สารสกัดพริกอัตราส่วน ที่ 1 มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด คือ 0.66 กรัมต่อมิลลิลิตร หมายความว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด เนื่องจากความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 และพบว่าสารสกัดพริกอัตราส่วนที่ 2 มีค่า IC_{50} สูงที่สุด คือ 0.80 กรัมต่อมิลลิลิตร หมายความว่า ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระต่ำที่สุด และจากการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยวิธี FRAP assay พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกอัตราส่วนที่ 1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ 84.92 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วนที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าดังนี้ 11.00, 62.15, 21.16 และ 18.36 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

4.2 ศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินทางประสาทสัมผัส

จากพริกทั้ง 5 อัตราส่วน จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นซอสเครื่องเทศ ตามวิธี 3.2.2.1 เมื่อได้ซอสเครื่องเทศแต่ละสูตรแล้วจะนำมาทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมี เช่นเดียวกับ 4.1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของอัตราส่วนของซอสเครื่องเทศก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	ทางกายภาพ			ทางเคมี	
	ค่าสี			พีเอช	ความชื้น
	L*	a*	b*		
1	$50.51^{a}\pm0.10$	$18.64^{e}\pm0.04$	$42.94^{a}\pm0.01$	$6.29^{a}\pm0.13$	$56.22^{a}\pm0.23$
2	$41.83^{d}\pm0.42$	$24.24^{a}\pm0.06$	$40.22^{c}\pm0.32$	$6.40^{a}\pm0.05$	$56.46^{a}\pm0.18$
3	$45.48^{b}\pm0.02$	$19.94^{d}\pm0.05$	$41.65^{b}\pm0.56$	$6.35^{a}\pm0.23$	$56.35^{a}\pm0.26$
4	$44.61^{bc}\pm1.45$	$21.72^{c}\pm0.05$	$40.69^{bc}\pm0.65$	$6.35^{a}\pm0.02$	$56.64^{a}\pm0.19$
5	$43.55^{c}\pm0.01$	$21.88^{b}\pm0.10$	$40.64^{bc}\pm1.02$	$6.37^{a}\pm0.01$	$56.65^{a}\pm0.34$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง ซอสเครื่องเทศที่มีอัตราส่วนของพริกเล็กต่อพริกใหญ่ร้อยละ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพของสูตรซอสเครื่องเทศ ค่าสี L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 41.83 – 50.51 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าซอสสูตรที่ 1 มีค่าความสว่างสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 50.51 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซอสสูตรที่ 2 มีค่าความสว่างต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 41.83 ค่าสี a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดง มีค่าอยู่ในช่วง 18.64 - 24.24 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าดังนี้ 18.64, 24.24, 19.94, 21.72 และ 21.88 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากข้อมูลจะเห็นว่าซอสสูตรที่ 2 มีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด และเมื่อมีปริมาณพริกใหญ่ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่าสีแดงเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งซอสผสมที่ใช้อัตราส่วนพริกชี้ฟ้าแดงต่อพริกขี้หนูสวนที่อัตราส่วน 80 : 20 จะมีค่า a* มากที่สุดอยู่ระหว่าง 13.30-17.60 เพราะการทดแทนพริกชี้ฟ้าแดงในอัตราส่วนที่มากกว่าพริกขี้หนูสวน (ชมพูนุท, 2557) ซึ่งซอสในสูตรที่ 2, 4 และ 5 มีอัตราส่วนของพริกใหญ่มากกว่าจึงส่งผลให้ปริมาณค่าสี a* สูงกว่าสูตรที่ 1 และ 3 ค่าสี b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลือง มีค่าอยู่ในช่วง 40.22 - 42.94 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 42.94 โดยค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนของพริกเล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าสี L* a* b* ให้ผลเช่นเดียวกับตอนที่ 4.1 จากการวิเคราะห์ทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช และค่าความชื้น พบว่า ค่าพีเอช มีค่าอยู่ในช่วง 6.29 - 6.40 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ สูตรที่ 5 มีค่า ดังนี้ 6.29, 6.40, 6.35, 6.35 และ 6.37 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) งานวิจัยของชมพูนุท, (2557) กล่าวว่าในการพัฒนาด้านรสชาติของซอสพริกผสมโดยศึกษาอัตราส่วนต่างๆพบว่าปริมาณพีเอช มีค่าอยู่ระหว่าง 6.46-6.54

ในส่วนของความชื้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 56.22 - 56.65 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ สูตรที่ 5 มีค่า ดังนี้ 56.22, 56.46, 56.35, 56.64 และ 56.65 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

นำซอสเครื่องเทศไปทำการสกัดตามวิธีที่ 3.2.1.1 และนำสารสกัดซอสเครื่องเทศที่ได้ไปวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับตอนที่ 4.1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของซอสเครื่องเทศก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อ 5 สูตร

สูตร	สารพฤกษเคมี			ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟลาโวนอยด์ (mg/100g นน.แห้ง)	ฟีนอลิก (mg/100g นน.แห้ง)	แคปไซซิน (mg/100g นน.แห้ง)	DPPH IC_{50} (g/ml)	FRAP (mM/ml)
1	$400.88^{a}\pm36.96$	$45.59^{b}\pm4.07$	$5.21^{a}\pm0.01$	$1.16^{c}\pm0.02$	$127.66^{a}\pm9.99$
2	$341.08^{b}\pm18.19$	$61.53^{a}\pm4.05$	$1.79^{e}\pm0.01$	$1.38^{a}\pm0.02$	$96.48^{b}\pm10.14$
3	$351.06^{ab}\pm9.12$	$53.57^{ab}\pm7.03$	$3.66^{b}\pm0.01$	$1.23^{b}\pm0.01$	$108.04^{b}\pm2.10$
4	$360.81^{ab}\pm36.61$	$54.56^{ab}\pm4.65$	$2.79^{c}\pm0.01$	$1.33^{a}\pm0.02$	$100.33^{b}\pm4.25$
5	$372.80^{ab}\pm18.83$	$58.57^{a}\pm8.39$	$2.70^{d}\pm0.01$	$1.35^{a}\pm0.04$	$101.03^{b}\pm4.97$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง ซอสเครื่องเทศที่มีอัตราส่วนของพริกเล็กต่อพริกใหญ่ ร้อยละ 100:0, 0:100, 60:40, 30:70 และ 20:80 ตามลำดับ

จากตาราง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีค่าฟลาโวนอยด์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 400.88 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 3, 4 และ 5 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับ สูตรที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 341.08 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า สูตรที่ 2 มีค่าสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ 61.53 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 3, 4 และ 5 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1

ปริมาณแคปไซซินถูกรายงานผลในหน่วย มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบว่า ซอสสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซอสสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณแคปไซซินมากที่สุด เท่ากับ 5.21 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3, 4, 5 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.66, 2.79, 2.70 และ 1.79 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิก และปริมาณแคปไซซินให้ผลเช่นเดียวกับตอนที่ 4.1

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยแสดงในค่า IC_{50} (g/ml) จากตาราง พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีค่าความเข้มข้นของสารสกัดน้อยที่สุดที่ใช้ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลงร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.16 กรัมต่อมิลลิลิตร Gayatri N. *et al*.,(2011) รายงานว่าปริมาณฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด มีค่าตั้งแต่ 0.38 mg GAE/g ถึง 18.40mg GAE/g ของน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดของตัวอย่างจาก 2.75 mg GAE/g เป็น 48.94 mg GAE/g น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของแกงเขียวหวาน (18.40mg GAE/g) มีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (48.94 mg GAE/g) พบว่าอาหารบางชนิดมีปริมาณฟีนอลิกสูงได้แก่ พริก(4.93 mg GAE/กรัม) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปานกลาง ได้แก่พริกแดงเป็น 40.28 mg GAE/g จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ศึกษาโดยวิธี FRAP assay รายงานผลในรูป FRAP value (มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร) พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH radical scavenging assay ซึ่งสูตรที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับซอสสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าดังนี้ 96.48, 108.04, 100.33 และ 101.03 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ทั้งวิธี DPPH radical scavenging assay และ วิธี FRAP assay ให้ผลเช่นเดียวกับตอนที่ 4.1 คือ ซอสสูตรที่ 1 (พริกเล็กร้อยละ 100) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด ความหวาน สี ความข้นหนืดและความชอบโดยรวมของสูตรซอสเครื่องเทศ จำนวน 5 สูตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยทำการทดสอบความชอบแบบ Hedonic Scale 9 Points โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธีหาความแตกต่างของ Duncan ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสทั้ง 5 สูตร ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9 points

สูตร	ลักษณะที่ปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เผ็ด	หวาน	สี	ความข้นหนืด	ความชอบโดยรวม
1	5.47^{ab}	5.50^{a}	4.63^{a}	4.50^{a}	4.67^{b}	5.77^{a}	4.87^{ab}	5.17^{b}
2	5.73^{a}	5.23^{a}	5.23^{a}	4.90^{a}	5.17^{ab}	6.13^{a}	5.27^{ab}	5.90^{ab}
3	6.03^{a}	5.57^{a}	5.67^{a}	5.23^{a}	5.47^{ab}	6.33^{a}	5.70^{a}	6.23^{a}
4	4.87^{b}	5.93^{a}	5.63^{a}	5.30^{a}	5.33^{ab}	5.37^{a}	4.43^{b}	5.47^{ab}
5	5.87^{a}	5.90^{a}	5.60^{a}	4.90^{a}	5.70^{a}	6.15^{a}	5.03^{ab}	5.77^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 4.87 – 6.03 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะที่ปรากฏเท่ากับ 5.47, 5.73, 6.03, 4.87 และ 5.87 ตามลำดับ และพบว่า สูตรที่ 2, 3, 5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏของแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 มากที่สุด จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (6.03)

กลิ่น (Odor)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 5.23 – 5.93 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นเท่ากับ 5.50, 5.23, 5.57, 5.93 และ 5.90 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านกลิ่นของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (5.93)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสชาติ (Flavors)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 4.63 – 5.67 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติเท่ากับ 4.63, 5.23, 5.67, 5.63 และ 5.60 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านรสชาติแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านกลิ่นของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (5.67)

ความเผ็ด (Spicy)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความเผ็ดของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 4.50 – 5.30 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านความเผ็ดเท่ากับ 4.50, 4.90, 5.23, 5.30 และ 4.90 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านความเผ็ดแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความเผ็ดของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (5.30)

ความหวาน (Sweetness)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความหวานของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 4.67 – 5.70 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านความหวานเท่ากับ 4.67, 5.17, 5.47, 5.33 และ 5.70 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศสูตรที่ 2, 3, 4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 5 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านความหวานของแต่ละสูตรแล้วพบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความหวานของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 5 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (5.70)

สี (Color)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 5.37 – 6.33 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านสีเท่ากับ 5.77, 6.13, 6.33, 5.37 และ 6.15 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านสีของแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านสีของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (6.33)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความข้นหนืด (viscosity)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความข้นหนืดของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 4.43 – 5.70 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านความข้นหนืดเท่ากับ 4.87, 5.27, 5.70, 4.43 และ 5.03 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1, 2, 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 3 และ 4 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านความข้นหนืดของแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความข้นหนืดของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (5.70)

ความชอบโดยรวม (Overall acceptance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชอบโดยรวมของซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในช่วง 5.17 – 6.23 คะแนน กล่าวคือ มีคะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.17, 5.90, 6.23, 5.47 และ 5.77 ตามลำดับ และพบว่า ซอสเครื่องเทศสูตรที่ 2, 4, 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 3 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมของแต่ละสูตรแล้วพบว่า ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 มากที่สุดจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด (6.23)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าซอสสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่จะนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง (water spray retort) และนำไปศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

4.3 ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงของซอสเครื่องเทศ ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อได้ซอสสูตรที่เหมาะสมจากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสซึ่งได้แก่ ซอสสูตรที่ 3 แบ่งซอสออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับข้อ 4.1 อีกส่วนนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงด้วยเครื่อง water spray retort จากนั้นนำมาวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับก่อนฆ่าเชื้อ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงโดยเครื่อง Water spray retort

กระบวนการฆ่าเชื้อ	ทางกายภาพ			ทางเคมี	
	ค่าสี			พีเอช	ความชื้น
	L*	a*	b*		
ก่อน	45.48^{a}±0.02	19.94^{a}±0.05	41.65^{a}±0.56	6.35^{a}±0.23	56.35^{a}±0.26
หลัง	43.80^{b}±0.27	19.54^{b}±0.06	36.51^{b}±0.59	6.02^{a}±0.03	56.33^{a}±0.56
ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	5.28	2.01	12.34	5.20	0.04

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าค่าสี L* a* b* ของซอสก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่างมากกว่าซอสหลังการฆ่าเชื้อ โดยมีค่าเท่ากับ 45.48 และ 43.80 ตามลำดับ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 5.28 ค่าสี a* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง ซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าซอสหลังการฆ่าเชื้อ มีค่าเท่ากับ 19.94 และ 19.54 ตามลำดับ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.01 และค่าสี b* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง ซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าสี b* เท่ากับ 41.65 ซอสหลังการฆ่าเชื้อมีค่าสี b* เท่ากับ 36.51 มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 12.34 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสี L* a* b* มีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง ทัตดาว และคณะ (2560) รายงานว่าค่าสีของสารสกัดซอสพริกที่สกัดด้วยชนิดของน้ำมันพืชและสภาวะการให้ความร้อนแตกต่างกัน 2 ระดับ รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-เขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) แสดงได้ดังนี้ สารสกัดซอสพริกด้วยน้ำมันข้าวโพดก่อนกระบวนการให้ความร้อนจะมีค่าสี L* มีค่าเท่ากับ 35.61 ค่าสี b*มีค่าเท่ากับ 46.14 และค่าสี a* มีค่าเท่ากับ 27.95 ดังนั้นนำสารสกัดซอสพริกด้วยน้ำมันข้าวโพดผ่านกระบวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 5 นาที ค่าสี L* มีค่าเท่ากับ 35.02 ค่าสี b* มีค่าเท่ากับ 45.77 และค่าสี a* มีค่าเท่ากับ 27.13 เตรียมได้ทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่า L* a* b* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง

ค่าพีเอชของซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 6.35 และหลังการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 6.02 ซึ่งมีค่าลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 5.20 เช่นเดียวกับค่าความชื้น โดยค่าความชื้นของซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับร้อยละ 56.35 และหลังการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับร้อยละ 56.33 มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.04 ค่าความชื้นลดลงเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ พีเอชและค่าความชื้น กิตติศักดิ์ และคณะ (2010) ความชื้นก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ 5, 10, 15 นาที (54.4, 51.5, 51.3 และ 51.0 ตามลำดับ) ของน้ำพริกกะปิลดลงเมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ความสว่างของน้ำพริกกะปิลดลง แต่ค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a* ความชื้น และพีเอชก่อนการฆ่าเชื้อ (3.7) กับหลังการฆ่าเชื้อของทุกระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (3.8, 3.9 และ 3.9 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงโดยเครื่อง Water spray retort

กระบวนการฆ่าเชื้อ	สารพฤกษเคมี			ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟลาโวนอยด์ (mg/100g นน. แห้ง)	ฟีนอลิก (mg/100g นน. แห้ง)	แคปไซซิน (mg/100g นน. แห้ง)	DPPH IC_{50} (g/ml)	FRAP (mM/ml)
ก่อน	351.06^{a}±9.12	53.57^{a}±7.03	3.66^{a}±0.01	1.23^{a}±0.01	108.04^{b}±2.10
หลัง	351.00^{a}±13.69	52.65^{a}±7.98	1.65^{b}±0.01	0.87^{b}±0.11	127.66^{a}±7.00
ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	0.02	1.72	54.92	29.27	18.16

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม พบว่า ซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 351.06 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง หลังการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงเหลือ 351.00 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.02 จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า ซอสก่อนการฆ่าเชื้อ มีค่าเท่ากับ 53.57 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง หลังการฆ่าเชื้อ ค่าลดลงเหลือ 52.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ซอสก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.72 แสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรพงษ์ เทพกรณ (2013) รายงานว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกน้ำเมี่ยงคั่ว มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ewald *et al*. (1999) รายงานว่าวิธีการแปรรูปอาหารหลากหลายวิธีไม่ได้มีอิทธิพลต่อปริมาณฟีนอล ความร้อนทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase ทำงานได้ช้าลง จึงเป็นการยับยั้งการเสื่อมเสียของฟีนอล

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินของซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าซอสสูตรที่ 3 ก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแคปไซซินหลังการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงจาก 3.66 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เหลือ 1.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 54.92 แสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงมีผลต่อปริมาณแคปไซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิน จากการศึกษาของ Claudia I. *et al.,* 2015 โดยการต้มสารแคปไซซินที่ได้จาก พริก Jalapeño สีแดง ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12.5 นาที พบว่า ปริมาณสารแคปไซซินลดลงจาก 1,332.1 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 792.5 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ งานวิจัยของ (Schweiggert *et al.,* 2006) รายงานว่า ผลกระทบของกระบวนการลวก ส่งผลต่อเสถียรภาพของ capsaicinoids ใน *Capsicum frutescens* โดยกระบวนการลวก ผลที่ได้คือ ปริมาณ capsaicinoids ลดลงไปร้อยละ 21.7 จากปริมาณเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่า capsaicinoids มีความไวต่อความร้อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Jesús *et.al* 2009 โดยการให้ความร้อนพริกแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส พบว่า พริก Habanero (green) ปริมาณแคปไซซินลดลงจาก 716.6 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 685.9 ไมโครกรัมต่อกรัม พริก Habanero (yellow) ลดลงจาก 913.8 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 903.6 ไมโครกรัมต่อกรัม พริก Manzano (yellow) ลดลงจาก 158.4 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 145.4 ไมโครกรัมต่อกรัม พริก Serrano (green) ลดลงจาก 161.7 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 129.4 ไมโครกรัมต่อกรัม พริก Serrano (red) ลดลงจาก 288.3 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 261.0 ไมโครกรัมต่อกรัม พริก Jalapeño (green) ลดลงจาก 145.9 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 111.9 ไมโครกรัมต่อกรัมและพริก Jalapeño (red) ลดลงจาก 184.4 ไมโครกรัมต่อกรัม เหลือ 164.9 ไมโครกรัมต่อกรัม

จากการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยแสดงในค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 ค่า IC_{50} ของซอสก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อ จากการทดลองพบว่า ซอสก่อนและหลังการฆ่าเชื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยซอสก่อนการฆ่าเชื้อมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.23 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ซอสหลังผ่านการฆ่าเชื้อมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.87 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าซอสก่อนการฆ่าเชื้อ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 29.27 จากการศึกษาโดย Min *et.al*., 2012 พบว่า เมื่อให้ความร้อน 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที แก่สารสกัด alliin ซึ่งเป็นสารที่มีมากในหอม พบว่า ค่า IC_{50} ของสารสกัด alliin ใน DPPH assay ลดลงจาก 46.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเหลือ 7.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนฤทธิ์ในการด้านอนุมูลอิสระใน FRAP assay เพิ่มขึ้นจาก 1.45 มิลลิโมลต่อลิตรของ $FeSO_4$ equivalent เป็น 4.36 มิลลิโมลต่อลิตรของ $FeSO_4$ equivalent และจากการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยวิธี FRAP assay พบว่า ซอสก่อนและหลังการฆ่าเชื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยซอสก่อนฆ่าเชื้อมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 108.04 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ซอสหลังฆ่าเชื้อมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าซอสหลังฆ่าเชื้อมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าซอสก่อนฆ่าเชื้อ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวิธี DPPH radical scavenging assay มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ร้อยละ 18.16 พัชรี และคณะ (2558) ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี DPPH radical-scavenging activity ทุกกรรมวิธีการประกอบอาหารมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการนึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับดอกชมจันทร์ที่ไม่ผ่านความร้อน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 77.26 และ 76.79 ตามลำดับ จากการศึกษานี้แสดง ให้เห็นว่าการให้ความร้อนมีผลต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ในดอกชมจันทร์เช่นเดียวกับการให้ความร้อนโดยการนึ่งผลมะเขือที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 - 15 นาที ทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อผลมะเขือ มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนด้วยการนึ่งและต้ม ดอกชมจันทร์ มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการประกอบอาหารโดยการทำแห้งด้วยการตากและการอบ

4.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

เมื่อได้ซอสสูตรที่เหมาะสมแล้ว นำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงด้วยเครื่อง water spray retort จากนั้นนำมาวิเคราะห์ตาม 4.1 ทำการวิเคราะห์ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 หลังการฆ่าเชื้อ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 จากผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

ระยะเวลาเก็บรักษา	ทางกายภาพ			ทางเคมี	
	ค่าสี			พีเอช	ความชื้น
	L*	a*	b*		
วันที่ 0	43.80^{a}±0.27	19.54^{a}±0.06	36.51^{a}±0.60	6.02^{a}±0.03	56.33^{a}±0.56
วันที่ 15	43.84^{a}±0.03	19.20^{b}±0.02	34.51^{b}±0.05	6.06^{a}±0.11	56.49^{a}±0.17
วันที่ 30	41.10^{b}±0.02	18.29^{c}±0.09	32.69^{c}±0.04	5.54^{b}±0.07	56.12^{a}±1.33
วันที่ 45	41.00^{bc}±0.00	17.54^{d}±0.04	31.32^{d}±0.02	5.59^{b}±0.04	56.64^{a}±2.38
วันที่ 60	40.86^{c}±0.02	16.70^{e}±0.11	31.29^{d}±0.08	5.64^{b}±0.02	56.62^{a}±1.78

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยทำการวัดค่าสี L* a* b* เปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า L* มี ซึ่งแสดงถึงความสว่าง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 40.86 – 43.84 ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ ณ วันที่ 15 มีค่าความสว่างมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 43.84 และมีแนวโน้มของความสว่างลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศวันที่ 0 และ วันที่ 15 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และวันที่ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับวันที่ 30 และ 60 ชมพูนุท สีห์โสภณ (2557) กล่าวว่าการเก็บรักษาเป็นเวลานานอาจทำ ให้ซอสมีสีดำคล้ำ มากขึ้น ดังนั้นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของซอสมะเขือเทศน่าจะเป็น ค่าความสว่าง (L*) ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่า L* ของ ซอสมะเขือเทศทางการค้าเมื่อเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ค่าความสว่างลดลงอย่างชัดเจน โดยลดลงมากกว่าสูตร อื่นๆ

ค่าสี a* ซึ่งแสดงถึง สีแดง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 16.70 - 19.54 โดยผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 มีค่า ดังนี้ 19.54, 19.54, 18.29, 17.54 และ 16.70 ทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่า a* พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า a* มีค่าลดลง เช่นเดียวกับค่าสี L*

ค่าสี b* ซึ่งแสดงถึง สีเหลือง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 31.29 - 36.51 โดยผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศวันที่ 0 มีค่าสีเหลืองสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 36.51 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับระยะเวลาการเก็บรักษาวันอื่นๆ เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่าสีเหลือง (b*) พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*)

จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมี คือ พีเอช และ ความชื้น พบว่า พีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 5.54 - 6.06 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การเก็บรักษาวันที่ 0 และ วันที่ 15 มีค่าเท่ากับ 6.02 และ 6.06 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาวันที่ 30, 45 และ 60 มีค่าเท่ากับ 5.54, 5.59 และ 5.64 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พีเอชมีแนวโน้มลดลง ชมพูนุท (2557) กล่าวว่าแนวโน้มของค่าพีเอชเมื่อระยะเวลาในการหมักกิมจิเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับวิภาวี และคณะ (2558) ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำพริกเห็ดแครงที่บรรจุในขวดแก้วปิดสนิทโดยผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1 เดือนโดยทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์น้ำพริกเห็ดแครงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็นมีค่าพีเอช ลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์พบว่า น้ำพริกเห็ดแครงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น สามารถเก็บรักษาได้น้อยกว่า 3 และอย่างน้อย 4 สัปดาห์ ตามลำดับ

ค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 56.12 – 56.64 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะการเก็บรักษาวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 56.33, 56.49, 56.12, 56.64 และ 56.62 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิภาวดี และคณะ (2558) ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์คั่วกลิ้งเห็ดแครง และน้ำพริกเห็ดแครง พบว่าปริมาณความชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น โดยปริมาณความชื้นของคั่วกลิ้งเห็ดแครงและน้ำพริกเห็ดแครงอยู่ในช่วงร้อยละ 52.22 - 52.82 และ 18.20 - 18.60 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเป็นการเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท จึงไม่มีการสูญเสียความชื้น ออกสู่ภายนอกระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 จากผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

ระยะเวลาเก็บรักษา	สารพฤกษเคมี			ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟลาโวนอยด์ (mg/100g นน.แห้ง)	ฟีนอลิก (mg/100g นน.แห้ง)	แคปไซซิน (mg/100g นน.แห้ง)	DPPH IC_{50} (g/ml)	FRAP (mM/ml)
วันที่ 0	351.00^{a}±13.69	52.65^{a}±7.08	1.64	0.87^{d}±0.11	127.66^{a}±7.00
วันที่ 15	349.93^{a}±31.49	52.05^{a}±6.18	40.52*	1.40^{c}±0.05	52.69^{b}±0.61
วันที่ 30	351.22^{a}±9.89	52.25^{a}±6.73	80.76*	1.67^{bc}±0.25	51.64^{b}±0.61
วันที่ 45	348.50^{a}±21.87	52.38^{a}±12.37	98.76*	1.85^{ab}±0.11	34.12^{c}±0.61
วันที่ 60	351.65^{a}±22.33	52.33^{a}±10.34	101.10*	2.03^{a}±0.20	34.47^{c}±2.78

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าของอนุพันธ์ตัวอื่นที่สลายตัวจากแคปไซซิน

จากตารางพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศมีค่าอยู่ในช่วง 348.50 - 351.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 มีค่าเท่ากับ 351.00, 349.93, 351.22, 348.50 และ 351.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ มีค่าอยู่ในช่วง 52.05 - 52.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 มีค่าเท่ากับ 52.65, 52.05, 52.25, 52.38 และ 52.33 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกันกับปริมาณฟลาโวนอยด์รวม แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ไม่ทำให้ปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไป จากการศึกษาของ อริสรา และคณะ (2555) ระยะเวลาเก็บรักษาเครื่องดื่มไหมข้าวโพดพาสเจอไรซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดทั้งอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างเครื่องดื่มไหมข้าวโพดพาสเจอไรซ์เริ่มต้น (วันที่0) พบว่า เครื่องดื่มไหมข้าวโพดพาสเจอไรซ์ทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างจากเครื่องดื่มไหมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาสเจอไรซ์เริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) เครื่องดื่มไหมข้าวโพดพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 30, 35 และ 40 นาที และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 1, 2 และ 3 นาที ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน มีร้อยละฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างค่าที่ต่ำสุด – สูงสุด คือ 84 - 87 ปริมาณฟีนอลิก ทั้งหมดมีค่าระหว่าง ค่าที่ต่ำสุด - สูงสุด คือ 0.29 - 0.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม มีค่า ระหว่าง ค่าต่ำสุด – สูงสุด คือ 9.4 - 9.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า เมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว นำมาศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณแคปไซซินพบว่า ณ วันที่ 0 พบปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 1.64 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง วันที่ 15, 30, 45 และ 60 ตรวจไม่พบแคปไซซิน แต่พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นกลับมีค่าของอนุพันธ์อื่นเพิ่มขึ้นซึ่งคาดว่าเกิดจากการสลายตัวของแคปไซซินไปเป็นอนุพันธ์อื่น แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น ทำให้ไม่สามารถตรวจพบแคปไซซินได้ อาจเนื่องมาจากเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงและการเก็บรักษาในระยะเวลานานส่งผลให้แคปไซซินเปลี่ยนไปเป็นอนุพันธ์อื่น จากงานวิจัยของ Qumer *et al*., 2015 พบว่า การเก็บรักษาของพริกผสม 3 ชนิด (Sky red Maha และ Wonder king) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0, 50, 100 และ 150 มีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 26.9, 25.4, 24.5 และ 23.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งลดลงร้อยละ 12.9 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤติยา (2551) รายงานว่า ผลการทดลองความคงตัวของสารแคปไซซินในสารสกัดในรูปแกรนูล พริกป่น และกากพริก พบว่าปริมาณสารแคปไซซินลดลงร้อยละ 7.72, 9.09 และ 30.23 ภายในระยะเวลา 3 เดือน

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยแสดงในค่า IC_{50} (กรัมต่อมิลลิลิตร) จากตารางพบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังการฆ่าเชื้อที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0 มีค่าความเข้มข้นของสารสกัดน้อยที่สุดที่ใช้ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลงร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.87 กรัมต่อมิลลิลิตร และผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังฆ่าเชื้อที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 60 มีค่าความเข้มข้นของสารสกัดมากที่สุดที่ใช้ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลงร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.03 กรัมต่อมิลลิลิตรเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเก็บรักษาวันที่ 0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาวันที่ 15, 30, 45, และ 60 แต่วันที่ 45 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับวันที่ 30และ 60 สอดคล้องกับงานวิจัยของอนรรฆ และคณะ (2556) เมื่อวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธีการทดสอบคือ การดักจับ อนุมูลอิสระ DPPH จากค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่สามารถลดอนุมูลอิสระเริ่มต้นลงได้ร้อยละ50 (IC_{50}) พบว่าทุกวิธีค่า IC_{50} มากขึ้นที่อายุการบ่มเพิ่มขึ้นแสดงว่าเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลดลง

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ศึกษาโดยวิธี FRAP assay รายงานผลในรูป FRAP value (มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร) พบว่า การเก็บรักษาวันที่ 0 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาวันที่ 15, 30, 45, และ 60 ซึ่งมีค่า ดังนี้ 52.69, 51.64, 34.12, และ 34.47 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง ซึ่งทั้งสองวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้ผลที่สอดคล้องกัน คือ วันที่ 0 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น Prapasri *et al*., (2008) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฝรั่งปั่นและ ผลมะหลอด ระหว่างการเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) และ Ferric reducing ability of plasma (FRAP) พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ 2 สัปดาห์นั้นมีค่าลดลง และที่ 5 องศาเซลเซียส ผลไม้เนื้อแน่น (มะเกี๋ยง) พบการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ 6 วัน ขณะที่ผลไม้เนื้อนุ่ม (มะหลอด) พบที่ 3 วัน และในน้ำผลไม้พบการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ 3 วันของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ศึกษาอัตราส่วนของพริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาอัตราส่วนของพริก 2 สายพันธุ์ได้แก่ พริกเล็ก และ พริกใหญ่ ตามอัตราส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 3.1 เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี พบว่า พริกเล็กอัตราส่วนร้อยละ 100 มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 41.48 นอกจากพริกเล็กจะมีค่าความสว่างมากที่สุดแล้วยังมีค่าสีเหลือง (b*) มากที่สุดด้วย คือ 17.61 และพริกใหญ่มีค่าสีแดง (a*) มากที่สุด คือ 18.91 และเมื่อมีการผสมกันของพริกเล็กและพริกใหญ่ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 60:40, 30:70 และ 20:80 พบว่า ค่าความสว่างจะลดลงหากมีอัตราส่วนของพริกใหญ่มากขึ้น เช่นเดียวกันกับค่าสีเหลือง แต่ค่าสีแดงจะเพิ่มมากขึ้นหากมีอัตราส่วนของพริกใหญ่มาก คุณสมบัติทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าพีเอช และค่าความชื้น พบว่า ชนิดและอัตราส่วนของพริกไม่มีผลต่อค่าพีเอช เนื่องจากเมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่าค่าพีเอช มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความชื้นพบว่า ค่าความชื้นแปรผันตรงกับอัตราส่วนของพริกใหญ่ ปริมาณฟลาโวนอยด์ พบว่า พริกเล็กร้อยละ 100 มีปริมาณของฟลาโวนอยด์สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1,104.60 มิลลิกรัมต่อ100กรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณ ฟลาโวนอยด์แปรผันตรงกับอัตราส่วนของพริกเล็ก ปริมาณฟีนอลิก พบว่า พริกใหญ่ร้อยละ 100 มีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 2,629.49 มิลลิกรัมต่อ100กรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิกแปรผันตรงกับอัตราส่วนของพริกใหญ่ ปริมาณแคปไซซิน พบว่า พริกเล็กร้อยละ 100 มีค่าปริมาณแคปไซซินสูงที่สุด คือ 49.72 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณแคปไซซินจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของพริกเล็ก การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยแสดงในค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดพริกที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 พบว่า พริกเล็กร้อยละ 100 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.66 กรัมต่อมิลลิลิตร และการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP assay ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH คือ พริกเล็กร้อยละ 100 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 84.92 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร

5.1.2 ศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศทั้ง 5 สูตร ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีค่าความสว่าง (L*) มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด ซอสสูตรที่ 2 มีค่าสีแดง (a*) สูงที่สุด และซอสสูตรที่ 1 มีค่าสีเหลือง (b*) สูงที่สุด ให้ผลเช่นเดียวกับ 5.1.1 ส่วนคุณสมบัติทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์นั้น ได้แก่ ค่าพีเอช และค่าความชื้น พบว่า ค่าพีเอช และ ค่าความชื้นของซอสทั้ง 5 สูตรนั้น ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพีเอช มีค่าอยู่ในช่วง 6.29 – 6.40 และความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 56.22 – 56.65 ปริมาณฟลาโวนอยด์ พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีปริมาณของฟลาโวนอยด์สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 400.88 มิลลิกรัมต่อ100กรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิก พบว่า ซอสสูตรที่ 2 มีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 61.53 มิลลิกรัมต่อ100 น้ำหนักแห้ง ปริมาณแคปไซซิน พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณแคปไซซินสูงที่สุด คือ 5.21 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยแสดงในค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดพริกที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 พบว่า ซอสสูตรที่ 1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.16 กรัมต่อมิลลิลิตร การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP assay ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH คือ ซอสสูตรที่ 1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของซอสทั้ง 5 สูตร โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด ความหวาน สี ความข้นหนืดและความชอบโดยรวมของสูตรซอสเครื่องเทศ ทำการทดสอบความชอบแบบ Hedonic Scale 9 Points เพื่อให้ทราบถึงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อสูตรซอสเครื่องเทศในแต่ละสูตร พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Hedonic Scale 9 Points) โดยคะแนนความชอบโดยรวมในทุกๆด้านสูงที่สุด สูตรที่ 3 จึงเป็นซอสสูตรที่เหมาะสม

5.1.3 ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงของซอสเครื่องเทศ ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงของซอสเครื่องเทศ เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลงจาก 45.48 เหลือ 43.80 ค่าสีแดง (a*) มีค่าลดลงจาก 19.94 เหลือ 19.54 และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงจาก 41.65 เหลือ 36.51 จะเห็นว่าค่าสีหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงจะมีค่าลดลง คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ พีเอช และ ความชื้น พบว่า ซอสสูตรที่ 3 ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ไม่มีความแตกต่างกัน การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมี แต่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณฟีนอลิกก่อนฆ่าเชื้อและหลังฆ่าเชื้อพบว่า ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณแคปไซซินมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง มีค่าลดลงเหลือ 1.65 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง จาก 3.66 มิลลิกรัมต่อ100น้ำหนักแห้ง แสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงส่งผลต่อปริมาณแคปไซซิน แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณฟีนอลิก การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดพริกที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 พบว่า เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงแล้วฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพดีขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.87 กรัมต่อมิลลิลิตร และการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP assay ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH คือ ซอสสูตรที่ 3 หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพดีขึ้น มีค่าเท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่า กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงเป็นการส่งเสริมให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น

5.1.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 พบว่า ค่าสีจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พีเอช ของวันที่ 30 มีค่าลดลงจากวันที่ 0 และวันที่ 15 และคงที่จนถึงวันที่ 60 ค่าความชื้นตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 60 ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีและพีเอช แต่ไม่มีผลต่อความชื้น ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณฟีนอลิกที่ทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณแคปไซซิน ในวันที่ 0 มีค่า 1.64 มิลลิกรัมต่อ 100กรัมน้ำหนักแห้ง และพบว่าในวันที่ 15, 30, 45 และ 60 ตรวจไม่พบแคปไซซิน แต่พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านเพิ่มขึ้นกลับมีค่าของอนุพันธ์อื่นเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าเกิดจากการสลายตัวของแคปไซซินไปเป็นอนุพันธ์อื่นแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณฟีนอลิก แต่มีผลต่อปริมาณแคปไซซิน เนื่องจากระยะเวลาที่นานขึ้นอาจส่งผลให้แคปไซซินเกิดการสลายไปเป็นอนุพันธ์อื่นๆ การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยแสดงในค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเข้มข้นของสารสกัดพริกที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลง โดยในวันที่ 0 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.87 กรัมต่อมิลลิลิตร และการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP assay ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH คือ ในวันที่ 0 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 127.66 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ จะมีสีซอสเป็นสีส้มแดง มีรสชาติกลมกล่อมได้กลิ่นของเครื่องเทศชัดเจน รสชาติเผ็ดปานกลาง สามารถนำมาทำเป็นซอสสำหรับปรุงอาหาร หรือ น้ำจิ้มได้ เช่น นำไปทำข้าวผัด สปาเก็ตตี้ ผัดกับเนื้อไก่หรือเนื้อหมู หรือนำไปทำซอสจิ้มกับพวกเครื่องเคียงต่างๆ เช่น ขนมปัง เฟรนช์ฟรายส์ อื่นๆได้

5.2.2 ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศเป็นผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อในระบบ water spray retort จึงมั่นใจได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

5.2.3 ในขั้นตอนของกระบวนการเก็บรักษา อาจมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มากขึ้น เช่น 90 วัน 120 วัน หรือ 360 วัน เป็นต้น

5.2.4 ในขั้นตอนของกระบวนวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ควรใช้วิธีในการวิเคราะห์มากกว่า 1 วิธี เพื่อยืนยันผลของการวิเคราะห์ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ญานโสตถี และ ไอลดา จงใจเทศ. **การศึกษาสมบัติทางพฤกษเคมีของผักและผลไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์ และ สมจิตต์ ปาละกาศ. **การตรวจสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาใบพลู่และผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการออกฤทธิ์**. ผู้สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี2556-2557, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต. 2551. **ผลของการเสริมกากพริกขี้หนู (Capsicum frutescens Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น ในไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงหนาแน่น**. วิทยานิพนธ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ กรรณิการ์ สุรรักษ์ดิส และ สิริพร บุญจะกุล. 2010. **ผลของระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อน้ำพริกกะปิบรรจุกระป๋อง.** หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. 3 (1)

จารุวรรณ ธนวิรุฬห์. 2554. **การเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่าดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผล.** กลุ่มวิชาเภสัชเคมีและเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ชมพูนุท สีห์โสภณ. 2557. การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสสำหรับใช้ในการผลิตกิมจิ**. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย** ปีที่ 25(ฉบับที่2)(1-50).

ชมัยพร รอดกลิ่น ,เอกรัฐ ศรีสุข และ กล่าวขวัญ ศรีสุข. (2560). **ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟี นอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ ของส้มซ่า.** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปี ที่ 22 (ฉบับที่1).

ณัฏฐ์ชยธร นันทกรสุตนันท์, ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา,กัณฐมณี ฟ้าเพราะ ,สมศรีเจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์.**ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของสารสกัดจากพริกหลากชนิด.** ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 365-368(2557)

ตติยา โชคบุญเปี่ยม. 2550. **การศึกษาการทำให้สารแคปไซซินในพริกบริสุทธิ์.** ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัตดาว ภาษีผล, ปนัดดา มาลาศรี และ สุภาวิตา ศรีลาใย. 2560. **สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัด จากพริกชี้ฟ้าที่ใช้ตัวทาละลายที่ไม่ใช่น้ำ. แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1**.

นิจฉรา ทูลธรรม. 2552. **ลักษณะกลิ่นรส และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. 2554. **เปรียบเทียบเทคนิคการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่างๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และ สกุลกานต์ สิมลา. 2558. ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในดอกชมจันทร์. **แก่นเกษตร** 43(1),875-880.

ภัทรา เขมะประสิทธิ์. 2545. การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของพริก. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.วีรศิลป์และคณะ. 2555. **กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบของใบและปริมาณแคปไซซินของพริกขี้หนูสวนและพริกกระเหรี่ยง (*Capsicum frutescens* L.).** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

มาริสา จาตุพรพิพัฒน์. 2559. แบบเสนอโครงการวิจัยการพัฒนาต้นแบบกรรมวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนในผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วย (รีทอร์ท โบว์ล). **ทุนพัฒนางานวิจัยประยุกต์กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2560.**

มงคล จันทร์แก้วปง. 2548. **การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินในพริก โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง.** วท.บ. (เคมี) โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

วิภาวดี สาแดง,ทิฆัมพร ไม้เรียง, เบญจมาภรณ์ พิมพา และ สมหวัง เล็กจริง . 2558. **การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คั่วกลิ้งและน้ำพริกเห็ดแครง**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 20 (2),33-47.

อริสรา โพธิ์สนาม, ศรัญญา สารพัด และสุรพร ใจทัศน์ (2555). ผลของความร้อนและระยะเวลาเก็บรักษา ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มไหมข้าวโพด. **วารสารอุตสาหกรรม. เกษตรพระจอม เกล้า 4 (1)**: หน้า 36-44

อนรรฆ พลชาติ, นงนุช วงศ์สินชวน และ และสุจริต ส่วนไพโรจน์. 2556. **ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมต้านอนุมูลอสิระในจาวตาลฆ่าอายุการบ่มต่างกัน.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โอภา วัชระคุปต์. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงทพฯ : พี.แอส.พริ้นท์

Claudia I. Victoria-Campos, José de Jesús Ornelas-Paz, Olivia P. Ramos-Aguilar, Mark L. Failla, Chureeporn Chitchumroonchokchai, Vrani Ibarra-Junquera, Jaime D. Pérez-Martínez. 2015. The effect of ripening, heat processing and frozen storage on the in vitro bioaccessibility of capsaicin and dihydrocapsaicin from Jalapeño peppers in absence and presence of two dietary fat types**. Food Chemistry**. 181 (2015) 325–332.

De Candolle, A. (1886). **Origin of cultivated plants.** 2nd Edition, Hafner Publishing co., New York, NY 1967

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Delgado-Vargas, F., & Paredes-Lopez, O. (2003). **Natural colorants for food and nutraceutical.** Boca Raton, Fla: CRC Press. 257 - 305.

Ewald, C., Fjelkner-Modig, S., Johnsson, K., Sjoholm, I., & Akesson, B. (1999). Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans and peas. **FoodChemistry,** 64, 231-235.

Gayatri N. and Sahu R.K. 2011. Phytochemical Evaluation and Antioxidant activity of Piper cubeba and Piper nigrum**. Journal of Applied Pharmaceutical Science.**01 (08), 153 – 157

Hwang, I. G., Shin, Y. J., Lee, S., Lee, J., & Yoo, S. M. (2012). Effects of different cooking Methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.). **Preventive Nutrition and Food Science**, 17(4): 286 – 292

Howard, L. A., Wong, A. D., Perry, A. K., & Klein, B. P. (1999). b-Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. **Journal of Food Science**, 64, 929-936

José de Jesús Ornelas-Paz, J. Manuel Martínez-Burrola, Saúl Ruiz-Cruz, Víctor Santana-Rodríguez, Vrani Ibarra-Junquera, Guadalupe I. Olivas, J. David Pérez-Martínez. 2009. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. **Food Chemistry** 119 (2010) 1619–1625.

Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., De Luca, D., O'Brien, N., Menichini, F., et al. (2013). Influence of drying and cooking process on the phytochemical content,antioxidant and hypoglycaemic properties of two bell Capsicum annum L. cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, 53, 392-401.

Krzyzanowska, J., Czubacka, A., & Oleszek, W. (2010). Dietary phytochemicals and human health. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, 698 : 74 - 98.

Materska, M., & Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic Compounds isolated from hot pepper fruit (Capsicum annuum L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53: 1750 - 1756.

Materska, M. (2014). Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semispicypepper fruits (Capsicum annuum L.). **Journal of Functional Foods**, 7, 269-277.

Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M. R., Conforti, F., Statti, G., et al. (2009). The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of Capsicum chinense Jacq. cv Habanero**. Food Chemistry**, 114, 553-560.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Michael S. Waite and Andrew J. Aubin. 2008. A modular HPLC system for routine analysis of capsaicin from Hot sauces. **Waters Corporation**, Milford, MA, U.S.

Min Zhang, Na Lei, Tizheng Zhu and Zesheng Zhang. 2013. Thermal processing effects on the chemical constituent and antioxidant activity of s-alk(en)y cysteine s-oxides (alliin) extract**. LWT - Food Science and Technology** 51 (2013) : 309 – 313.

Monica R. Loizzo, Alessandro Pugliese, Marco Bonesi, Francesco Menichini and Rosa Tundis. 2015. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from Capsicum annuum, Capsicum baccatum, Capsicum chacoense and Capsicum chinense: A comparison between fresh and processed peppers**. LWT - Food Science and Technology** 2015 (64): 623 – 631.

Ornelas-Paz, J., Martínez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G. I., et al. (2010). Effect of cooking on the capsaicinoids andphenolics contents of Mexican peppers. **Food Chemistry**, 119, 1619-1625.

Prapasri Puwastien., Oruma Patthamakanokporn., Anadi Nitithamyong., Prapaisri P. Sirichakwal. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis,** 21, 241–248.

Pugliese, A., Loizzo, M. R., Tundis, R., O'Callaghan, Y., Galvin, K., Menichini, F. (2013). The effect of domestic processing on the content and bioaccessibility Of carotenoids from chili peppers (Capsicum species). **Food Chemistry**, 141, 2606 - 2613.

Qumer Iqbal, Muhammad Amjad, Muhammad Rafique Asi, Agustin Ariño, Khurram Ziaf, Aamir Nawaz and Tanveer Ahmad. 2015. Stability of Capsaicinoids and Antioxidants in Dry Hot Peppers under Different Packaging and Storage Temperatures. **Foods**, 4, 51-64

Rakesh Kr Dubey, Vikas S., Garima Upadhyay,A.K. Pandey and Dhan P. 2014. Assessment of phytochemical composition and antioxidant potential in some indigenous chilli genotypes from North East India. **Food Chemistry**. 188. 119.125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rohanizah A. and Ishak M. 2012. Phytochemical Contents of *Capsicum Frutescens* (Chili Padi),*Capsicum Annum* (Chili Pepper) and *Capsicum Annum* (Bell - Peper) Aqueous Extracts. **International Conference on Biological and Life Sciences.** (164-167)

Safford, W.E. (1926). Our heritage from the American Indians. **Smithson.** 405 – 410

Schweiggert, U., Schieber, A., & Carle, R. (2006). Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of hot chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 7, 217-224.

Shetty, K. (2004). Role of proline-linked pentose phosphate pathway in biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: a review. **Process Biochemistry,** 39, 789 - 803.

Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. **Food Chemistry**, 93, 713-718

[Online].Available: http://foodnetworksolution.com/wiki/word/3200/dpph-assay สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 มกราคม 2560

[Online].Available: http://storage.googleapis.com/powop-assets/kew_profiles/KPPCONT_054821_fullsize.jpg สืบค้นข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2560

[Online].Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Capsicum_frutescens สืบค้นข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2560

[Online].Available:https://http://pics.davesgarden.com/pics/2011/08/16/AnnieHayes/814385. Jpg สืบค้นข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2560

[Online].Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Capsicum_chinense สืบค้นข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2560

[Online].Available: https:// https://www.ethno-botanik.org/Capsicum/Antillais-Caribbean/Fotos/500/Antillais-Caribbean-82.jpg สืบค้นข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2560

[Online]. Available: http\\sthai.alibaba.comproduct-detailfood-additive-vitamin-c-ascorbic-acid--990801727.html สืบค้นข้อมูลวันที่ 25 มกราคม 2560

[Online]. Available: http\\www.bloggang.comviewdiary.phpid=phoebe&month=07-2008&date=01&group=1&gblog=50 สืบค้นข้อมูลวันที่ 25 มกราคม 2560

[Online]. Available: https://th.wikipedia.org/wiki/แคโรทีน สืบค้นข้อมูลวันที่ 25 มกราคม 2560

[Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compound สืบค้นข้อมูลวันที่ 25 มกราคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-1 การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300

1.) เตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยแก้ววัดสีเบอร์ 3 นำไปวางบนหลอดฉายแสง

2.) Setting โดยกดปุ่ม Index Set แล้วกดปุ่ม วนขึ้นหน้าจอแล้วเลือกที่ Light Source C หรือ D 65 หลังจากนั้นกดปุ่ม Enter

3.) Calibrate เครื่อง CR-300 โดยกดปุ่ม Calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y...x...y และให้ใส่ค่าตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่ได้เลือกไว้ คือ C หรือ D 65 ตามค่าที่ให้มาตามแผ่น White plate เมื่อค่า Y...x...y ตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกแล้ว จึงนำหัววัดมาวางบนแผ่น White plate แล้วจึงกดปุ่ม measureไฟจะแฟลช 3 ครั้ง แสดงว่าเครื่อง Calibrate เรียบร้อยแล้ว

4.) กดปุ่ม Color Space select เพื่อให้หน้าจอขึ้นค่า L...a...b...เพื่อจะใช้ในวัดสีต่อไป

5.) วิธีการวัดแบบทั่วไป นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด หลังจากนั้นกดปุ่ม measure จะได้ค่าสี L, a, b

6.) วิธีการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย

(1) กดปุ่ม All data clear กด Enter เพื่อล้างข้อมูลเก่า

(2) นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด กดปุ่ม measure วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4, 5 (วัดอย่างน้อย 5 จุด)

(3) กดปุ่ม statistical กด Enter เพื่อหาค่าเฉลี่ย

7.) วิธีการวัดสี Standard และ Sample เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

(1) กดปุ่ม Target Color Set แล้วนำหัววัดวางบนแผ่น Standard ที่ต้องการ แล้วกดปุ่มวัดเพื่อวัดค่า L.....a.....b..... ของ Standard

(2) นำหัววัดมาวางบน Sample กดปุ่ม measure เพื่อทำการวัด ตัวอย่าง ซึ่งจะได้ค่า L, a และ b ของ Standard

(3) กดปุ่ม ABS/DIFF เพื่อทำการเปรียบเทียบ Standard กับ Sample ซึ่งหน้าจอจะปรากฏค่า

E = ..., L = ...

a = ..., b = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-1 การวัดค่าพีเอช โดยใช้ pH meter

1.) วิธีการ Calibrate

(1) เปิดเครื่อง จะอยู่ในโหมดการวัดค่า (ข้างบนซ้ายจะมีสัญลักษณ์ MEA กระพริบ)

(2) ล้างซับหัว Probe ให้แห้ง แล้วจุ่มในบัฟเฟอร์ pH7 (บัฟเฟอร์ตัวที่ 1)

(3) กดปุ่ม CAL

(4) รอจนขึ้นว่า CAL DONE 1 ยกออกจากบัฟเฟอร์ pH 7

(5) ล้าง ซับหัว Probe ให้แห้ง แล้วจุ่มในบัฟเฟอร์ pH 4 หรือ 10 (บัฟเฟอร์ตัวที่ 2) ไม่ต้องกดปุ่ม CAL

(6) รอจนขึ้น CAL DONE 2 ยกออกจากบัฟเฟอร์ที่กำลัง Calibrate

(7) ทำซ้ำข้อ 4 – 5 ในบัฟเฟอร์ที่ต้องการ (สามารถ Calibrate ได้สูงสุด 5 ค่า)

2.) วิธีการวัดค่า

(1) ล้าง ซับหัว Probe ให้แห้ง แล้วจุ่มในสารละลายตัวอย่าง

(2) เครื่องจะทำการอ่านค่า รอจนขึ้นคำว่า STABLE ที่บริเวณกลางจอด้านซ้าย (กรณีเซ็ตฟังก์ชัน AUTO LOCK-OFF: ไม่ทำงาน) หรือ มีคำว่า HOLD ขึ้นที่ด้านบนขวา (กรณีเซ็ตฟังก์ชัน AUTO LOCK-ON: ทำงาน)

(3) จดบันทึกค่า

(4) ล้าง ซับหัว Probe ให้แห้ง แล้วจุ่มในสารละลายตัวอย่างถัดไป

a. กรณีเซ็ตฟังก์ชัน AUTO LOCK-OFF: ไม่ทำงาน : เครื่องจะอ่านค่าได้เลย

b. กรณีเซ็ตฟังก์ชัน AUTO LOCK-ON: ทำงาน : เครื่องจะยังไม่อ่านค่า ต้องกดปุ่ม HOLD เพื่อปลดล็อคก่อน

(5). เครื่องจะทำการอ่านค่า รอจนขึ้นคำว่า STABLE ที่บริเวณกลางจอด้านซ้าย หรือ มีคำว่า HOLD ขึ้นที่ด้านบนขวา

ข-2 ค่าความชื้น

1.) อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิของห้องแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

2.) ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ชั่งตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง

4.) อบซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม การคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้ม}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

สารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 วิธีการเตรียมตัวอย่างพริก (ดัดแปลงจาก นิจฉรา, 2552)

1.) นำพริกแห้งจำนวน 80 กรัม มาปั่นให้ละเอียด เติมสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในปริมาตร 480 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และทำการปั่นเหวี่ยง (1000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) แยกเอาส่วนใสของสารละลายมา จากนั้นไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารระบบสุญญากาศ นำสารสกัดที่ได้ไปเก็บไว้ที่อุณภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาวิเคราะห์

ค-2 วิธีการหาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในต้านอนุมูลอิสระ

ค-2.1 วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม (ชมัยพรและคณะ , 2560)

ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมทำตามวิธีของ (Wattanakul *et al*., 2009) เปรียบเทียบกับ เควอร์เซติน (Quercetin)

2.1.1 เตรียมสารละลายเควอร์เซตินในเมทานอล และเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.1.2 จากนั้นนำสารละลายเควอร์เซติน หรือส่วนสกัดที่ละลายในเมทานอล 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.1.3 เติมสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.1.4 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำกลั่น 2.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปิเปตสารผสมปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลุมไมโครเพลท

2.1.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมจากสมการของกราฟมาตรฐานของเควอร์เซติน แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในรูปมิลลิกรัมสมมูลของเควอร์เซตินต่อสารสกัด 1 กรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดลองที่ได้แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่เป็นอิสระต่อกันแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ

ค-2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

วิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method โดยทำการทดลองตามวิธีของ Singleton และคณะ (1999)

2.2.1 สร้างกราฟมาตรฐานจากสารละลายกรดแกลลิกโดยใช้ไมโครเพลทขนาด 96 หลุม ปิเปตสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid) ที่มีความเข้มข้นได้แก่ 1, 0.1, 0.01, และ 0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิก ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมลงในหลุมที่มี Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร

2.2.3 เขย่าให้สารละลายเข้ากันและทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที

2.2.4 จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 80 ไมโครลิตร

2.2.5 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีและนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ บันทึกค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้และวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดส่วนต่างๆ โดยเตรียมสารสกัดเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตรและทำการทดลองเช่นเดียวกับสารละลายกรดแกลลิก โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ค-2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน (นิจฉรา, 2552)

2.3.1 ดูดตัวอย่างสารสกัดในหลอดทดลอง และกรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร เปลี่ยน filter membrane ทุกครั้งที่เปลี่ยนตัวอย่าง

2.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยใช้สารแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) methy]-8-methyl-6-nonenamide) ของบริษัท Sigma ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40,60, 80, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1,200, 1,400, 1,600, 1,800, 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้ mobile phase (เมธิลแอลกอฮอล์ : น้ำ ในอัตราส่วน 80 : 20)เป็นตัวทำละลาย

2.3.3 การเตรียม mobile phase

2.3.3.1 Mobile phase ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ เมธิลแอลดอฮอล์ (HPLC grade) และน้ำกลั่นที่ผ่านการ deionized

2.3.3.2 นำสารทั้ง 2 ชนิดมากรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร โดยใช้เครื่อง vacuum ในการกรอง

2.3.3.3 นำสารที่กรองได้ไปไล่ฟองอากาศด้วยเครื่อง Ultra sonic 30 นาที หลังจากไล่ฟองอากาศแล้วระวังไม่ให้เกิดฟอง

2.3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินโดยใช้เครื่อง HPLC โดยใช้คอลัมน์ Luna 5 ไมโครลิตร C18 ขนาด 250x4.6 มิลลิเมตร, เครื่องตรวจวัดการเรืองแสงของสาร (UV Detector) ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร โดยใช้เวลาในการแยกสาร 15 นาที อัตราการไหล 1 มิลลิเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging capacity (Min *et al.,* 2013)

2.4.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT

เป็นสารมาตรฐานที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ใช้ความเข้มข้น 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125 และ 1.562 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใน absolute Methanol นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer

2.4.2 เติมสารละลาย DPPH radical ลงในหลอดทดลอง จำนวน 200 ไมโครลิตร เติมตัวทำละลาย หรือ Methanol จนครบ 3 มิลลิลิตร

2.4.3 เติมสารละลายมาตรฐาน หรือสารสกัดที่ละลายในน้ำหรือไมละลายในน้ำที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้น จำนวน 100 ไมโครลิตร

2.4.4 ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา โดยทำในที่มืด อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

2.4.5 จากนั้นใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็น Blank

2.4.6 นำค่าที่วัดได้ในแต่ละความเข้มข้นหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาคำนวณร้อยละ inhibition จากสมการ

$$\text{ร้อยละ Inhibition} = \frac{1 - \text{A sample} \times 100}{\text{A control}}$$

เมื่อ A sample = absorbance ที่วัดไดของสารสกัดตัวอย่างที่ผสมกับ DPPH radical

A control = absorbance ที่วัดจาก DPPH radical ผสม กับ ตัวทำละลายที่ใช้

ค-2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) (Monica R. Loizzo *et al*., 2015)

2.5.1 ตัวทำละลาย FRAP reagent ประกอบด้วยสารละลาย tripyridyltriazine (TPTZ) 10 มิลลิโมลาร์ 2.5 มิลลิลิตร ละลายใน HCl 40 มิลลิโมลาร์

2.5.2 เติม acetate buffer (pH 3.6) 0.3 โมลาร์ 25 มิลลิลิตร

2.5.3 เติม $FeCl_3$ 20 มิลลิโมลาร์ 2.5 มิลลิลิตร

2.5.4 สารสกัดพริกเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายในเอทานอลและสารละลายนี้มีปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร

2.5.5 นำไปผสมกับ FRAP reagent 1.8 มิลลิลิตร

2.5.6 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร และใช้ BHT เป็น control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 แบลงก์ (blank) จะใช้สารละลาย FRAP เป็นแบลงก์และใช้สารละลายมาตรฐาน Fe(II) ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานโดยทำการเจือจางเป็น 7 ระดับคือ 3, 15 ,0.75,0.3750,0.1875 ,0.09375 และ 0.046875 มิลลิโมลต่อลิตร แล้วนำมาทำการทดลองด้วยวิธีการเดียวกันกับสารละลาย ตัวอย่าง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงกับความ เข้มข้นของสารละลายเฟอรัสซัลเฟตในหน่วยมิลลิโมล จะได้กราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณหา ความสามารถใน การรีดิวซ์ของสารตัวอย่างรายงานผลเป็นหน่วยมิลลิโมลของเฟอรัสซัลเฟตต่อกรัมของสารสกัด (mmol Fe(ll) /g extract)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบประสาทสัมผัส

การให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling test) เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ บอกความชอบ และไม่ชอบ ออกมาเป็นสเกลความชอบ (hedonic scale) โดยเสนอตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง (monadically serve, one at atime) ในสเกลความชอบอาจจะมีการใช้คำต่าง ๆ เช่น ดีเลิศ (excellent) ดีมาก (very good) ดี (good) หรือไม่ดี (poor) เป็นต้น สเกลที่ใช้อาจเป็น 5 หรือ 7 แต่สเกลความชอบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ สเกลความชอบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale) วิเคราะห์ตัวอย่างใช้วิธี t-test

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

หมายเลข.....

วันที่.....

<u>ผลิตภัณฑ์</u>: ผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสูตรซอสเครื่องเทศ

<u>คำแนะนำ</u> : มีผลิตภัณฑ์อยู่ 5 ตัวอย่างที่ทำการให้รหัสแล้ว กรุณาชิมทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน และกรุณาดื่มน้ำทุกครั้งก่อนชิมตัวอย่างถัดไปการให้คะแนนถือหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

ชอบมากที่สุด	9	คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน	ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน	ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน
เฉยๆ	5	คะแนน			

คุณลักษณะ	รหัสของตัวอย่าง				
	17	36	42	54	27
สี					
กลิ่น					
รสขาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

*17 คือ ซอสสูตร 1, 36 คือ ซอสสูตร 2, 42 คือ ซอสสูตร 3, 54 คือ ซอสสูตร 4, 27 คือ ซอสสูตร5

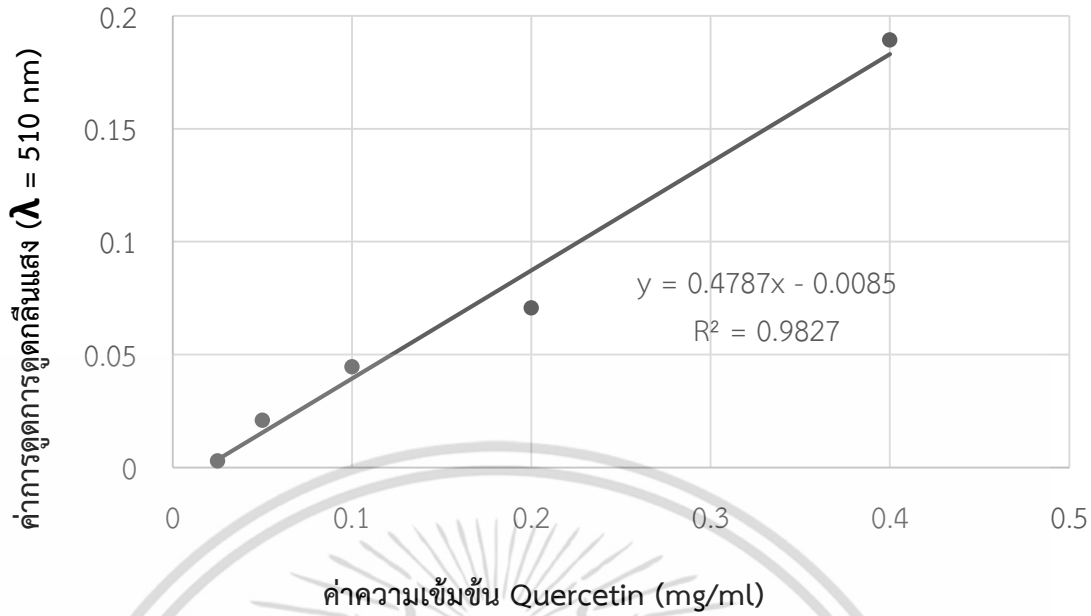
<u>ข้อเสนอแนะ</u>:.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

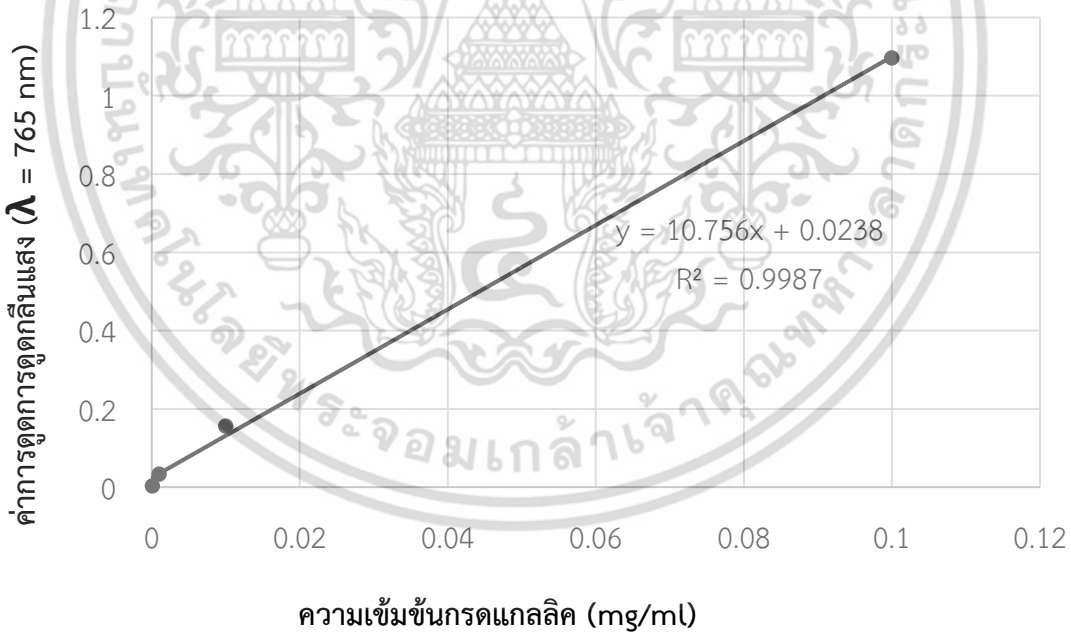
ภาคผนวก จ

กราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

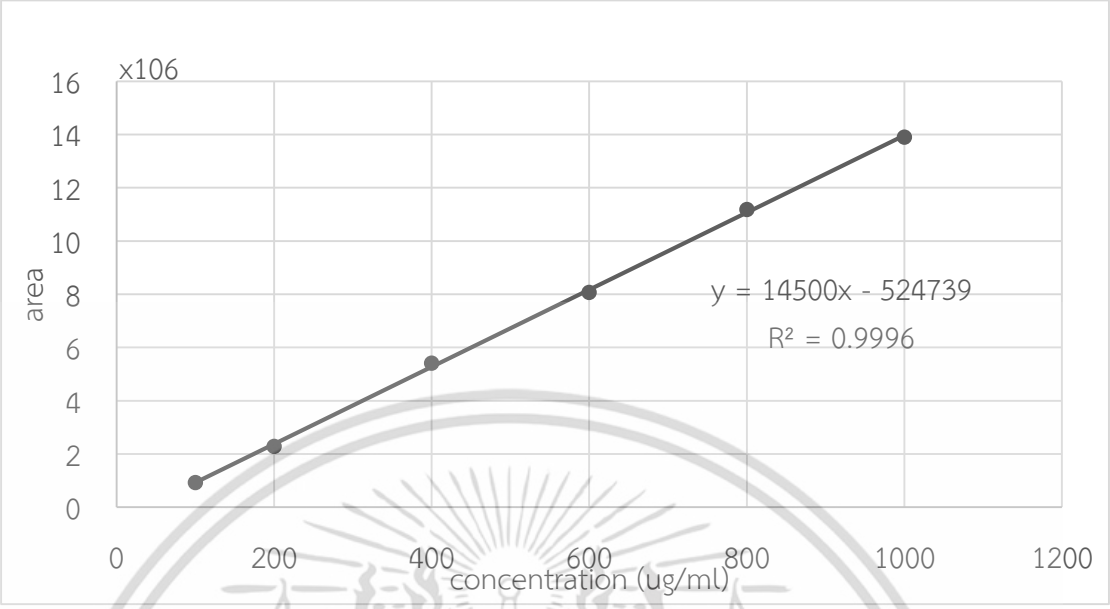


รูปภาคผนวกที่ จ-1 : กราฟมาตรฐานของสาร Quercetin

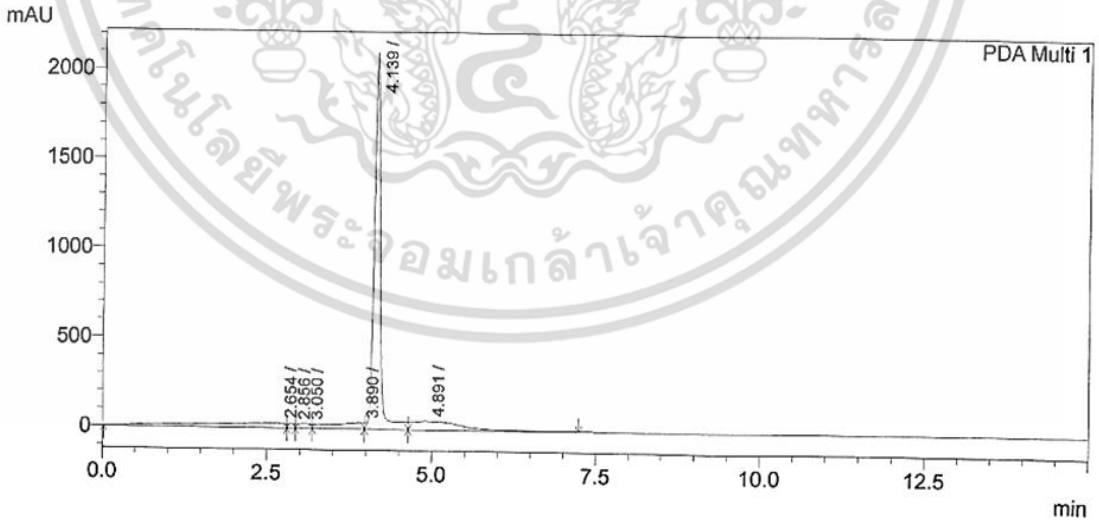


รูปภาคผนวกที่ จ-2 : กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

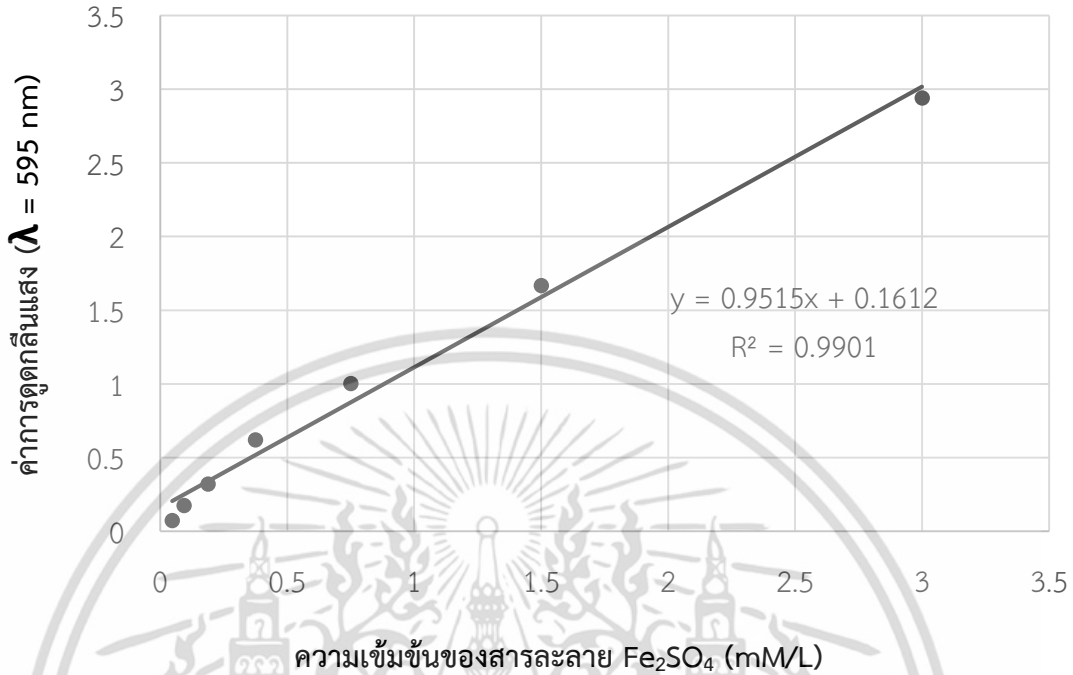


รูปภาคผนวกที่ จ-3 : กราฟมาตรฐานของสารแคปไซซินมาตรฐาน



รูปภาคผนวกที่ จ-4 : โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ จ-5 : กราฟมาตรฐานของสารละลาย Fe_2SO_4 (mM/L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของพริกต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-1 ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
L	พริกเล็กร้อยละ 100	3	41.4767	.00577	.00333	41.4623	41.4910	41.47	41.48
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	37.1133	.07506	.04333	36.9269	37.2998	37.04	37.19
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	39.7233	.00577	.00333	39.7090	39.7377	39.72	39.73
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	38.7733	.16197	.09351	38.3710	39.1757	38.67	38.96
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	40.1833	.01528	.00882	40.1454	40.2213	40.17	40.20
	Total	15	39.4540	1.51132	.39022	38.6171	40.2909	37.04	41.48
a	พริกเล็กร้อยละ 100	3	16.5667	.03055	.01764	41.4623	41.4910	41.47	41.48
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	18.9133	.13650	.07881	36.9269	37.2998	37.04	37.19
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	16.9967	.10263	.05925	39.7090	39.7377	39.72	39.73
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	17.7067	.07506	.04333	38.3710	39.1757	38.67	38.96
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	17.6700	.24249	.14000	40.1454	40.2213	40.17	40.20
	Total	15	17.5707	.83216	.21486	38.6171	40.2909	37.04	41.48
b	พริกเล็กร้อยละ 100	3	17.6100	.01000	.00577	16.4908	16.6426	16.54	16.60
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	12.0167	.03215	.01856	18.5742	19.2524	18.82	19.07
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	14.1667	.00577	.00333	16.7417	17.2516	16.91	17.11
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	13.1233	.01528	.00882	17.5202	17.8931	17.63	17.78
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	14.0833	.02309	.01333	17.0676	18.2724	17.41	17.89
	Total	15	14.2000	1.94038	.50100	17.1098	18.0315	16.54	19.07

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-2 ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	31.913	4	7.978	1240.144	.000
	Within Groups	.064	10	.006		
	Total	31.977	14			
a	Between Groups	9.506	4	2.376	125.694	.000
	Within Groups	.189	10	.019		
	Total	9.695	14			
b	Between Groups	52.707	4	13.177	34077.759	.000
	Within Groups	.004	10	.000		
	Total	52.711	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-3 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	37.1133				
พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3		38.7733			
พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3			39.7233		
พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3				40.1833	
พริกเล็กร้อยละ 100	3					41.4767
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-4 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
พริกเล็กร้อยละ 100	3	16.5667			
พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3		16.9967		
พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3			17.6700	
พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3			17.7067	
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3				18.9133
Sig.		1.000	1.000	.751	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-5 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	12.0167				
พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3		13.1233			
พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3			14.0833		
พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3				14.1667	
พริกเล็กร้อยละ 100	3					17.6100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-6 ตาราง Descriptives ค่าpH

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
pH	พริกเล็กร้อยละ 100	3	4.8967	.00577	.00333	4.8823	4.9110	4.89	4.90
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	4.9000	.04359	.02517	4.7917	5.0083	4.85	4.93
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	4.9300	.02000	.01155	4.8803	4.9797	4.91	4.95
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	4.9133	.02517	.01453	4.8508	4.9758	4.89	4.94
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	4.9067	.02309	.01333	4.8493	4.9640	4.88	4.92
	Total	15	4.9093	.02549	.00658	4.8952	4.9234	4.85	4.95

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-7 ตาราง ANOVA ค่าpH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	4	.001	.748	.581
Within Groups	.007	10	.001		
Total	.009	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-8 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าpH

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05
		1
พริกเล็ก100	3	4.8967
พริกใหญ่100	3	4.9000
พริก 30:70	3	4.9067
พริก 20:80	3	4.9133
พริก 60:40	3	4.9300
Sig.		.186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-9 ตาราง Descriptives ค่าความชื้น

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ความชื้น	พริกเล็กร้อยละ 100	3	4.1460	.19394	.11197	3.6642	4.6278	3.92	4.28
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	35.2573	.31027	.17914	34.4865	36.0280	34.92	35.53
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	27.4808	1.19314	.68886	24.5169	30.4447	26.31	28.69
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	33.8112	1.52325	.87945	30.0272	37.5952	32.07	34.89
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	30.4117	.41805	.24136	29.3732	31.4502	30.06	30.88
	Total	15	26.2214	11.78760	3.04355	19.6936	32.7491	3.92	35.53

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-10 ตาราง ANOVA ค่าความชื้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1937.161	4	484.290	597.515	.000
Within Groups	8.105	10	.811		
Total	1945.266	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-11 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
พริกเล็กร้อยละ 100	3	4.1460			
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3		27.4808		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3			30.4117	
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3				33.8112
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3				35.2573
Sig.		1.000	1.000	1.000	.078

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-12 ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟลาโวนอยด์	พริกเล็กร้อยละ 100	3	1104.60	50.39006	29.0927	979.4252	1229.77	1051.0	1151.3
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	489.122	7.80816	4.50804	469.7261	508.5192	480.11	493.63
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	674.146	30.29873	17.4929	598.8804	749.4129	643.85	704.45
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	513.904	15.96608	9.21802	474.2427	553.5666	504.69	532.34
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	564.531	30.26178	17.4716	489.3569	639.7058	530.61	588.76
	Total	15	669.261	236.14057	60.9712	538.4910	800.0316	480.11	1151.3

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-13 ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	771295.518	4	192823.880	205.621	.000
Within Groups	9377.658	10	937.766		
Total	780673.177	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-14 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	489.1226			
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3	513.9047	513.9047		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3		564.5314		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3			674.1466	
พริกเล็กร้อยละ 100	3				1104.6010
Sig.		.345	.070	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-15 ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟินอลิก	พริกเล็กร้อยละ 100	3	456.258	40.83673	23.5771	354.8148	557.7029	411.70	491.90
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	2629.48	145.74518	84.1460	2267.434	2991.536	2462.9	2733.8
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	1958.85	126.55633	73.0673	1644.474	2273.241	1821.7	2071.2
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	2575.55	45.36018	26.1887	2462.878	2688.240	2524.2	2610.4
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	2515.91	32.56433	18.8010	2435.025	2596.813	2485.7	2550.4
	Total	15	2027.21	853.92154	220.481	1554.330	2500.102	411.70	2733.8

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-16 ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10124460.465	4	2531115.116	301.009	.000
Within Groups	84087.563	10	8408.756		
Total	10208548.028	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-17 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก

อัตราส่วนของพริก	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
พริกเล็กร้อยละ 100	3	456.2588		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3		1958.8581	
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3			2515.9196
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3			2575.5598
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3			2629.4857
Sig.		1.000	1.000	.178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-18 ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
พริกเล็กร้อยละ 100	3	49.7212	.71503	.41282	47.9450	51.4974	49.01	50.44
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	3.6396	.09869	.05698	3.3945	3.8848	3.54	3.74
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3	25.8306	.00963	.00556	25.8066	25.8545	25.82	25.84
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3	6.0910	.00955	.00551	6.0673	6.1148	6.08	6.10
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3	10.7296	.01003	.00579	10.7047	10.7545	10.72	10.74
Total	15	19.2024	17.69730	4.5694	9.4020	29.0028	3.54	50.44

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-19 ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4383.677	4	1095.919	10511.566	.000
Within Groups	1.043	10	.104		
Total	4384.720	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-20 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	3.6396				
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3		6.0910			
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3			10.7296		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3				25.8306	
พริกเล็กร้อยละ 100	3					49.7212
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-21 ตาราง Descriptives DPPH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
พริกเล็กร้อยละ 100	3	.6622	.01316	.00760	.6295	.6949	.65	.68
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	.8036	.03424	.01977	.7185	.8886	.78	.84
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3	.7165	.06501	.03753	.5550	.8780	.67	.79
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3	.7737	.04645	.02682	.6584	.8891	.73	.82
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3	.7891	.07327	.04230	.6071	.9711	.70	.84
Total	15	.7490	.06946	.01794	.7106	.7875	.65	.84

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-22 ตาราง ANOVA DPPH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.041	4	.010	3.947	.036
Within Groups	.026	10	.003		
Total	.068	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-23 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
พริกเล็กร้อยละ 100	3	.6622	
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3	.7165	.7165
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3		.7737
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3		.7891
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3		.8036
Sig.		.223	.081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-24 ตาราง Descriptives FRAP

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
FRAP	พริกเล็กร้อยละ 100	3	84.9185	5.56122	3.21077	71.1037	98.7334	78.61	89.12
	พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	11.0002	.60678	.35032	9.4929	12.5075	10.30	11.35
	พริกเล็ก:ใหญ่ 60:40	3	62.1475	9.41974	5.43849	38.7475	85.5474	51.29	68.10
	พริกเล็ก:ใหญ่ 20:80	3	18.3570	9.41974	5.43849	-5.0430	41.7569	12.40	29.22
	พริกเล็ก:ใหญ่ 30:70	3	21.1596	.60678	.35032	19.6522	22.6669	20.81	21.86
	Total	15	39.5166	30.39317	7.84748	22.6854	56.3477	10.30	89.12

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-25 ตาราง ANOVA FRAP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12514.172	4	3128.543	74.800	.000
Within Groups	418.253	10	41.825		
Total	12932.425	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-26 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP

อัตราส่วนพริก	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
พริกใหญ่ร้อยละ 100	3	11.0002		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 20:80	3	18.3570		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 30:70	3	21.1596		
พริกเล็ก:พริกใหญ่ 60:40	3		62.1475	
พริกเล็กร้อยละ 100	3			84.9185
Sig.		.096	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนของพริกในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและการประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-27 ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
L	ซอสสูตรที่ 1	3	50.5100	.10149	.05859	50.2579	50.7621	50.42	50.62
	ซอสสูตรที่ 2	3	41.8267	.41932	.24210	40.7850	42.8683	41.56	42.31
	ซอสสูตรที่ 3	3	45.4800	.01732	.01000	45.4370	45.5230	45.46	45.49
	ซอสสูตรที่ 4	3	43.5500	.01000	.00577	43.5252	43.5748	43.54	43.56
	ซอสสูตรที่ 5	3	44.6100	1.44762	.83578	41.0139	48.2061	43.05	45.91
	Total	15	45.1953	3.07916	.79504	43.4902	46.9005	41.56	50.62
a	ซอสสูตรที่ 1	3	18.6433	.04163	.02404	18.5399	18.7468	18.61	18.69
	ซอสสูตรที่ 2	3	24.2367	.05774	.03333	24.0932	24.3801	24.17	24.27
	ซอสสูตรที่ 3	3	19.9433	.05132	.02963	19.8159	20.0708	19.90	20.00
	ซอสสูตรที่ 4	3	21.8767	.09609	.05548	21.6380	22.1154	21.79	21.98
	ซอสสูตรที่ 5	3	21.7233	.04933	.02848	21.6008	21.8459	21.69	21.78
	Total	15	21.2847	1.96646	.50774	20.1957	22.3737	18.61	24.27
b	ซอสสูตรที่ 1	3	42.9433	.01155	.00667	42.9146	42.9720	42.93	42.95
	ซอสสูตรที่ 2	3	40.2200	.31749	.18330	39.4313	41.0087	39.98	40.58
	ซอสสูตรที่ 3	3	41.6533	.56163	.32426	40.2582	43.0485	41.03	42.12
	ซอสสูตรที่ 4	3	40.6433	1.02178	.58992	38.1051	43.1816	39.98	41.82
	ซอสสูตรที่ 5	3	40.6900	.64645	.37323	39.0841	42.2959	39.96	41.19
	Total	15	41.2300	1.13605	.29333	40.6009	41.8591	39.96	42.95

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-28 ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	128.173	4	32.043	70.205	.000
	Within Groups	4.564	10	.456		
	Total	132.737	14			
a	Between Groups	54.099	4	13.525	3491.762	.000
	Within Groups	.039	10	.004		
	Total	54.138	14			
b	Between Groups	14.312	4	3.578	9.524	.002
	Within Groups	3.757	10	.376		
	Total	18.068	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-29 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
ซอสสูตรที่ 2	3	41.8267			
ซอสสูตรที่ 4	3		43.5500		
ซอสสูตรที่ 5	3		44.6100	44.6100	
ซอสสูตรที่ 3	3			45.4800	
ซอสสูตรที่ 1	3				50.5100
Sig.		1.000	.084	.146	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-30 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
ซอสสูตรที่ 1	3	18.6433				
ซอสสูตรที่ 3	3		19.9433			
ซอสสูตรที่ 5	3			21.7233		
ซอสสูตรที่ 4	3				21.8767	
ซอสสูตรที่ 2	3					24.2367
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-31 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ซอสสูตรที่ 2	3	40.2200		
ซอสสูตรที่ 4	3	40.6433	40.6433	
ซอสสูตรที่ 5	3	40.6900	40.6900	
ซอสสูตรที่ 3	3		41.6533	
ซอสสูตรที่ 1	3			42.9433
Sig.		.391	.082	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-32 ตาราง Descriptives ค่า pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	6.2867	.13317	.07688	5.9559	6.6175	6.20	6.20
ซอสสูตรที่ 2	3	6.4000	.04583	.02646	6.2862	6.5138	6.35	6.35
ซอสสูตรที่ 3	3	6.3500	.23388	.13503	5.7690	6.9310	6.08	6.08
ซอสสูตรที่ 4	3	6.3700	.01000	.00577	6.3452	6.3948	6.36	6.36
ซอสสูตรที่ 5	3	6.3467	.01528	.00882	6.3087	6.3846	6.33	6.33
Total	15	6.3507	.11035	.02849	6.2896	6.4118	6.08	6.08

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-33 ตาราง ANOVA ค่า pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.021	4	.005	.347	.841
Within Groups	.150	10	.015		
Total	.170	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-34 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ซอสสูตรที่ 1	3	6.2867
ซอสสูตรที่ 5	3	6.3467
ซอสสูตรที่ 3	3	6.3500
ซอสสูตรที่ 4	3	6.3700
ซอสสูตรที่ 2	3	6.4000
Sig.		.320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-35 ตาราง Descriptives ความชื้น

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	56.2210	.23016	.13288	55.6493	56.7927	56.02	56.47
ซอสสูตรที่ 2	3	56.4630	.18190	.10502	56.0111	56.9148	56.25	56.57
ซอสสูตรที่ 3	3	56.3473	.25889	.14947	55.7042	56.9904	56.09	56.61
ซอสสูตรที่ 4	3	56.6487	.34320	.19814	55.7962	57.5013	56.25	56.88
ซอสสูตรที่ 5	3	56.6395	.18759	.10830	56.1735	57.1055	56.45	56.83
Total	15	56.4639	.27057	.06986	56.3141	56.6137	56.02	56.88

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-36 ตาราง ANOVA ความชื้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.413	4	.103	1.686	.229
Within Groups	.612	10	.061		
Total	1.025	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-37 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความชื้น

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ซอสสูตรที่ 1	3	56.2210
ซอสสูตรที่ 3	3	56.3473
ซอสสูตรที่ 2	3	56.4630
ซอสสูตรที่ 5	3	56.6395
ซอสสูตรที่ 4	3	56.6487
Sig.		.080

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-38 ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	400.8823	36.96151	21.33974	309.0648	492.6997	361.25	434.42
ซอสสูตรที่ 2	3	341.0800	18.19093	10.50254	295.8912	386.2688	322.89	359.27
ซอสสูตรที่ 3	3	351.0602	9.11845	5.26454	328.4087	373.7116	341.94	360.18
ซอสสูตรที่ 4	3	372.7961	13.83293	7.98644	338.4332	407.1590	357.70	384.87
ซอสสูตรที่ 5	3	360.8050	36.60693	21.13502	269.8683	451.7416	321.55	394.02
Total	15	365.3247	30.49458	7.87367	348.4374	382.2120	321.55	434.42

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-39 ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6395.615	4	1598.904	2.414	.118
Within Groups	6623.253	10	662.325		
Total	13018.868	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-40 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ซอสสูตรที่ 2	3	341.0800	
ซอสสูตรที่ 3	3	351.0602	351.0602
ซอสสูตรที่ 5	3	360.8050	360.8050
ซอสสูตรที่ 4	3	372.7961	372.7961
ซอสสูตรที่ 1	3		400.8823
Sig.		.189	.051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-41 ตาราง Descriptives ปริมาณฟีนอลิก

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	45.5872	4.07029	2.34998	35.4761	55.6984	41.52	49.66
ซอสสูตรที่ 2	3	61.5292	4.04797	2.33710	51.4735	71.5849	57.48	65.58
ซอสสูตรที่ 3	3	53.5682	7.02901	4.05820	36.1072	71.0293	49.51	61.68
ซอสสูตรที่ 4	3	58.5738	8.38976	4.84383	37.7325	79.4151	49.17	65.29
ซอสสูตรที่ 5	3	54.5561	4.65487	2.68749	42.9927	66.1194	49.18	57.24
Total	15	54.7629	7.49638	1.93556	50.6116	58.9143	41.52	65.58

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-42 ตาราง ANOVA ปริมาณฟีนอลิก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	437.907	4	109.477	3.138	.065
Within Groups	348.832	10	34.883		
Total	786.740	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-43 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟีนอลิก

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ซอสสูตรที่ 1	3	45.5872	
ซอสสูตรที่ 3	3	53.5682	53.5682
ซอสสูตรที่ 5	3	54.5561	54.5561
ซอสสูตรที่ 4	3		58.5738
ซอสสูตรที่ 2	3		61.5292
Sig.		.106	.155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-44 ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	5.2099	.01000	.00577	5.1851	5.2348	5.20	5.22
ซอสสูตรที่ 2	3	1.7906	.01016	.00586	1.7653	1.8158	1.78	1.80
ซอสสูตรที่ 3	3	3.6591	.00989	.00571	3.6345	3.6836	3.65	3.67
ซอสสูตรที่ 4	3	2.7860	.01114	.00643	2.7583	2.8137	2.77	2.80
ซอสสูตรที่ 5	3	2.6991	.01174	.00678	2.6699	2.7283	2.69	2.71
Total	15	3.2289	1.19423	.30835	2.5676	3.8903	1.78	5.22

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-45 ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.966	4	4.991	44335.641	.000
Within Groups	.001	10	.000		
Total	19.967	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-46 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน

ซอสก่อนฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 2	3	1.7906				
สูตรที่ 5	3		2.6991			
สูตรที่ 4	3			2.7860		
สูตรที่ 3	3				3.6591	
สูตรที่ 1	3					5.2099
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-47 ตาราง Descriptives DPPH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	1.1628	.01898	.01096	1.1156	1.2099	1.14	1.17
ซอสสูตรที่ 2	3	1.3811	.02035	.01175	1.3306	1.4317	1.36	1.40
ซอสสูตรที่ 3	3	1.2275	.01436	.00829	1.1919	1.2632	1.21	1.24
ซอสสูตรที่ 4	3	1.3527	.04394	.02537	1.2436	1.4618	1.31	1.39
ซอสสูตรที่ 5	3	1.3339	.02240	.01294	1.2783	1.3896	1.31	1.36
Total	15	1.2916	.08846	.02284	1.2426	1.3406	1.14	1.40

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-48 ตาราง ANOVA DPPH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.103	4	.026	37.626	.000
Within Groups	.007	10	.001		
Total	.110	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-49 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ซอสสูตรที่ 1	3	1.1628		
ซอสสูตรที่ 3	3		1.2275	
ซอสสูตรที่ 5	3			1.3339
ซอสสูตรที่ 4	3			1.3527
ซอสสูตรที่ 2	3			1.3811
Sig.		1.000	1.000	.060

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-50 ตาราง Descriptives FRAP

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ซอสสูตรที่ 1	3	127.658	9.98884	5.76706	102.844	152.471	117.5	137.4
ซอสสูตรที่ 2	3	96.4792	10.13521	5.85157	71.3020	121.656	89.12	108.0
ซอสสูตรที่ 3	3	108.039	2.10194	1.21356	102.818	113.261	105.9	110.1
ซอสสูตรที่ 4	3	101.033	4.96670	2.86753	88.6955	113.371	95.43	104.8
ซอสสูตรที่ 5	3	100.332	4.24745	2.45227	89.7815	110.884	96.48	104.8
Total	15	106.708	12.96618	3.34785	99.5283	113.889	89.12	137.4

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-51 ตาราง ANOVA FRAP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1854.453	4	463.613	9.286	.002
Within Groups	499.253	10	49.925		
Total	2353.706	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-52 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ซอสสูตรที่ 2	3	96.4792	
ซอสสูตรที่ 5	3	100.3328	
ซอสสูตรที่ 4	3	101.0335	
ซอสสูตรที่ 3	3	108.0399	
ซอสสูตรที่ 1	3		127.6581
Sig.		.091	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-53 ตาราง Descriptives ลักษณะที่ปรากฏ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	5.4667	1.33218	.24322	4.9692	5.9641	3.00	9.00
2.00	30	5.7333	1.20153	.21937	5.2847	6.1820	4.00	8.00
3.00	30	6.0333	1.62912	.29743	5.4250	6.6417	4.00	9.00
4.00	30	5.8667	1.67607	.30601	5.2408	6.4925	3.00	9.00
5.00	30	4.8667	1.79527	.32777	4.1963	5.5370	2.00	9.00
Total	150	5.5933	1.57624	.12870	5.3390	5.8476	2.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-54 ตาราง ANOVA ลักษณะที่ปรากฏ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24.960	4	6.240	2.621	.037
Within Groups	345.233	145	2.381		
Total	370.193	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-55 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ลักษณะที่ปรากฏ

สูตรชอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5.00	30	4.8667	
1.00	30	5.4667	5.4667
2.00	30		5.7333
4.00	30		5.8667
3.00	30		6.0333
Sig.		.134	.200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-56 ตาราง Descriptives กลิ่น

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	5.5000	1.59201	.29066	4.9055	6.0945	3.00	9.00
2.00	30	5.2333	1.63335	.29821	4.6234	5.8432	1.00	9.00
3.00	30	5.5667	1.73570	.31689	4.9185	6.2148	2.00	9.00
4.00	30	5.9000	1.60495	.29302	5.3007	6.4993	2.00	9.00
5.00	30	5.9333	1.79911	.32847	5.2615	6.6051	3.00	9.00
Total	150	5.6267	1.67311	.13661	5.3567	5.8966	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-57 ตาราง ANOVA กลิ่น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.293	4	2.573	.917	.456
Within Groups	406.800	145	2.806		
Total	417.093	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-58 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets กลิ่น

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.00	30	5.2333
1.00	30	5.5000
3.00	30	5.5667
4.00	30	5.9000
5.00	30	5.9333
Sig.		.154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-59 ตาราง Descriptives รสชาติ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	4.6333	1.95613	.35714	3.9029	5.3638	1.00	9.00
2.00	30	5.2333	1.67504	.30582	4.6079	5.8588	1.00	8.00
3.00	30	5.6667	1.82574	.33333	4.9849	6.3484	2.00	9.00
4.00	30	5.6000	1.97571	.36071	4.8623	6.3377	1.00	9.00
5.00	30	5.6333	1.77110	.32336	4.9720	6.2947	2.00	9.00
Total	150	5.3533	1.86143	.15199	5.0530	5.6537	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-60 ตาราง ANOVA รสชาติ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.107	4	5.777	1.698	.154
Within Groups	493.167	145	3.401		
Total	516.273	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-61 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets รสชาติ

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.00	30	4.6333
2.00	30	5.2333
4.00	30	5.6000
5.00	30	5.6333
3.00	30	5.6667
Sig.		.053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-62 ตาราง Descriptives ความเผ็ด

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	4.5000	1.79559	.32783	3.8295	5.1705	1.00	7.00
2.00	30	4.9000	1.39827	.25529	4.3779	5.4221	2.00	8.00
3.00	30	5.2333	1.79431	.32759	4.5633	5.9033	1.00	8.00
4.00	30	4.9000	1.84484	.33682	4.2111	5.5889	1.00	9.00
5.00	30	5.3000	1.85974	.33954	4.6056	5.9944	1.00	8.00
Total	150	4.9667	1.74716	.14266	4.6848	5.2486	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-63 ตาราง ANOVA ความเผ็ด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.267	4	3.067	1.005	.407
Within Groups	442.567	145	3.052		
Total	454.833	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-64 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความเผ็ด

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.00	30	4.5000
2.00	30	4.9000
4.00	30	4.9000
3.00	30	5.2333
5.00	30	5.3000
Sig.		.117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-65 ตาราง Descriptives ความหวาน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	4.6667	1.98847	.36304	3.9242	5.4092	1.00	9.00
2.00	30	5.1667	1.66264	.30355	4.5458	5.7875	2.00	8.00
3.00	30	5.4667	1.65536	.30223	4.8485	6.0848	2.00	8.00
4.00	30	5.7000	1.74494	.31858	5.0484	6.3516	2.00	9.00
5.00	30	5.3333	1.44636	.26407	4.7933	5.8734	3.00	8.00
Total	150	5.2667	1.72104	.14052	4.9890	5.5443	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-66 ตาราง ANOVA ความหวาน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.067	4	4.517	1.547	.192
Within Groups	423.267	145	2.919		
Total	441.333	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-67 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความหวาน

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	30	4.6667	
2.00	30	5.1667	5.1667
5.00	30	5.3333	5.3333
3.00	30	5.4667	5.4667
4.00	30		5.7000
Sig.		.100	.277

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-68 ตาราง Descriptives สี

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	5.7667	1.54659	.28237	5.1892	6.3442	2.00	9.00
2.00	30	6.1333	1.43198	.26144	5.5986	6.6680	3.00	9.00
3.00	30	6.3333	1.53877	.28094	5.7587	6.9079	4.00	9.00
4.00	30	6.1500	1.78517	.39918	5.3145	6.9855	3.00	9.00
5.00	30	5.3667	1.99107	.36352	4.6232	6.1101	1.00	9.00
Total	150	5.9357	1.67594	.14164	5.6557	6.2158	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-69 ตาราง ANOVA สี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.405	4	4.351	1.575	.185
Within Groups	373.017	145	2.763		
Total	390.421	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-70 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets สี

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05
		1
5.00	30	5.3667
1.00	30	5.7667
2.00	30	6.1333
4.00	30	6.1500
3.00	30	6.3333
Sig.		.056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-71 ตาราง Descriptives ความข้นหนืด

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	4.8667	1.92503	.35146	4.1478	5.5855	2.00	9.00
2.00	30	5.2667	1.38796	.25341	4.7484	5.7849	3.00	8.00
3.00	30	5.7000	1.85974	.33954	5.0056	6.3944	2.00	9.00
4.00	30	5.0333	1.47352	.26903	4.4831	5.5836	2.00	9.00
5.00	30	4.4333	1.86960	.34134	3.7352	5.1315	1.00	8.00
Total	150	5.0600	1.74644	.14260	4.7782	5.3418	1.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-72 ตาราง ANOVA ความข้นหนืด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.493	4	6.623	2.244	.067
Within Groups	427.967	145	2.951		
Total	454.460	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-73 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความข้นหนืด

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5.00	30	4.4333	
1.00	30	4.8667	4.8667
4.00	30	5.0333	5.0333
2.00	30	5.2667	5.2667
3.00	30		5.7000
Sig.		.088	.088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-74 ตาราง Descriptives ความชอบโดยรวม

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	5.1667	1.59921	.29197	4.5695	5.7638	2.00	9.00
2.00	30	5.9000	1.39827	.25529	5.3779	6.4221	3.00	8.00
3.00	30	6.2333	1.69550	.30955	5.6002	6.8664	2.00	9.00
4.00	30	5.7667	1.81342	.33108	5.0895	6.4438	2.00	9.00
5.00	30	5.4667	1.90703	.34818	4.7546	6.1788	2.00	9.00
Total	150	5.7067	1.70883	.13953	5.4310	5.9824	2.00	9.00

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-75 ตาราง ANOVA ความชอบโดยรวม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.027	4	5.007	1.749	.142
Within Groups	415.067	145	2.863		
Total	435.093	149			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-76 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ความชอบโดยรวม

สูตรซอส	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	30	5.1667	
5.00	30	5.4667	5.4667
4.00	30	5.7667	5.7667
2.00	30	5.9000	5.9000
3.00	30		6.2333
Sig.		.129	.112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงของซอสเครื่องเทศ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมี และ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศสูตรที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-77 ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
L	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	45.4800	.01732	.01000	45.4370	45.5230	45.46	45.49
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	45.4800	.01732	.01000	45.4370	45.5230	45.46	45.49
	หลังฆ่าเชื้อ	3	43.7967	.26652	.15388	43.1346	44.4587	43.60	44.10
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	43.7967	.26652	.15388	43.1346	44.4587	43.60	44.10
	Total	12	44.6383	.89372	.25800	44.0705	45.2062	43.60	45.49
a	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	19.9433	.05132	.02963	19.8159	20.0708	19.90	20.00
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	19.9433	.05132	.02963	19.8159	20.0708	19.90	20.00
	หลังฆ่าเชื้อ	3	19.5433	.06028	.03480	19.3936	19.6931	19.48	19.60
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	19.5433	.06028	.03480	19.3936	19.6931	19.48	19.60
	Total	12	19.7433	.21428	.06186	19.6072	19.8795	19.48	20.00
b	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	41.6533	.56163	.32426	40.2582	43.0485	41.03	42.12
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	41.6533	.56163	.32426	40.2582	43.0485	41.03	42.12
	หลังฆ่าเชื้อ	3	36.5100	.59304	.34239	35.0368	37.9832	36.10	37.19
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	36.5100	.59304	.34239	35.0368	37.9832	36.10	37.19
	Total	12	39.0817	2.73080	.78832	37.3466	40.8167	36.10	42.12

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-78 ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	8.501	3	2.834	79.447	.000
	Within Groups	.285	8	.036		
	Total	8.786	11			
a	Between Groups	.480	3	.160	51.064	.000
	Within Groups	.025	8	.003		
	Total	.505	11			
b	Between Groups	79.362	3	26.454	79.306	.000
	Within Groups	2.669	8	.334		
	Total	82.030	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-79 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
หลังฆ่าเชื้อ	3	43.7967	
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	43.7967	
ก่อนฆ่าเชื้อ	3		45.4800
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3		45.4800
Sig.		1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-80 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
หลังฆ่าเชื้อ	3	19.5433	
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	19.5433	
ก่อนฆ่าเชื้อ	3		19.9433
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3		19.9433
Sig.		1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-81 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
หลังฆ่าเชื้อ	3	36.5100	
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	36.5100	
ก่อนฆ่าเชื้อ	3		41.6533
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3		41.6533
Sig.		1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-82 ตาราง Descriptives ค่า pH

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
pH	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	6.3500	.23388	.13503	5.7690	6.9310	6.08	6.49
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	6.3500	.23388	.13503	5.7690	6.9310	6.08	6.49
	หลังฆ่าเชื้อ	3	6.0200	.03000	.01732	5.9455	6.0945	5.99	6.05
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	6.0200	.03000	.01732	5.9455	6.0945	5.99	6.05
	Total	12	6.1850	.22342	.06450	6.0430	6.3270	5.99	6.49

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-83 ตาราง ANOVA ค่า pH

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
pH	Between Groups	.327	3	.109	3.917	.054
	Within Groups	.222	8	.028		
	Total	.549	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-84 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05
		1
หลังฆ่าเชื้อ	3	6.0200
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	6.0200
ก่อนฆ่าเชื้อ	3	6.3500
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	6.3500
Sig.		.052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-85 ตาราง Descriptives ค่าความชื้น

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ความชื้น	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	56.3473	.25889	.14947	55.7042	56.9904	56.09	56.61
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	56.3473	.25889	.14947	55.7042	56.9904	56.09	56.61
	หลังฆ่าเชื้อ	3	56.3326	.55896	.32271	54.9441	57.7211	55.71	56.78
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	56.3326	.55896	.32271	54.9441	57.7211	55.71	56.78
	Total	12	56.3399	.37154	.10725	56.1039	56.5760	55.71	56.78

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-86 ตาราง ANOVA ค่าความชื้น

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความชื้น	Between Groups	.001	3	.000	.001	1.000
	Within Groups	1.518	8	.190		
	Total	1.518	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-87 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05
		1
หลังฆ่าเชื้อ	3	56.3326
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	56.3326
ก่อนฆ่าเชื้อ	3	56.3473
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	56.3473
Sig.		.970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-88 ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟลาโวนอยด์	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	351.0602	9.11845	5.26454	328.4087	373.7116	341.94	360.18
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	351.0602	9.11845	5.26454	328.4087	373.7116	341.94	360.18
	หลังฆ่าเชื้อ	3	351.0027	13.68933	7.90354	316.9965	385.0089	336.07	362.95
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	351.0027	13.68933	7.90354	316.9965	385.0089	336.07	362.95
	Total	12	351.0314	9.91869	2.86328	344.7294	357.3335	336.07	362.95

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-89 ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ฟลาโวนอยด์	Between Groups	.010	3	.003	.000	1.000
	Within Groups	1082.175	8	135.272		
	Total	1082.185	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-90 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05
		1
หลังฆ่าเชื้อ	3	351.0027
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	351.0027
ก่อนฆ่าเชื้อ	3	351.0602
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	351.0602
Sig.		.996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-91 ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟินอลิก	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	53.5682	7.02901	4.0582	36.1072	71.0293	49.51	61.68
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	53.5682	7.02901	4.05820	36.1072	71.0293	49.51	61.68
	หลังฆ่าเชื้อ	3	52.6478	7.97694	4.60549	32.8320	72.4636	44.67	60.62
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	52.6478	7.97694	4.60549	32.8320	72.4636	44.67	60.62
	Total	12	53.1080	6.42931	1.85598	49.0230	57.1930	44.67	61.68

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-92 ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ฟินอลิก	Between Groups	2.541	3	.847	.015	.997
	Within Groups	452.154	8	56.519		
	Total	454.696	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-93 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05
		1
หลังฆ่าเชื้อ	3	52.6478
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	52.6478
ก่อนฆ่าเชื้อ	3	53.5682
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	53.5682
Sig.		.891

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-94 ตาราง Descriptives ปริมาณแคปไซซิน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
แคปไซซิน	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	3.6591	.00989	.00571	3.6345	3.6836	3.65	3.67
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	3.6591	.00989	.00571	3.6345	3.6836	3.65	3.67
	หลังฆ่าเชื้อ	3	1.6496	.00650	.00376	1.6335	1.6658	1.64	1.66
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	1.6496	.00650	.00376	1.6335	1.6658	1.64	1.66
	Total	12	2.6544	1.04942	.30294	1.9876	3.3211	1.64	3.67

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-95 ตาราง ANOVA ปริมาณแคปไซซิน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
แคปไซซิน	Between Groups	12.113	3	4.038	57668.286	.000
	Within Groups	.001	8	.000		
	Total	12.114	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-96 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณแคปไซซิน

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
หลังฆ่าเชื้อ	3	1.6496	
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	1.6496	
ก่อนฆ่าเชื้อ	3		3.6591
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3		3.6591
Sig.		1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-97 ตาราง Descriptives DPPH

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
DPPH	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	1.2275	.01436	.00829	1.1919	1.2632	1.21	1.24
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	1.2275	.01436	.00829	1.1919	1.2632	1.21	1.24
	หลังฆ่าเชื้อ	3	.8728	.11156	.06441	.5956	1.1499	.75	.97
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	.8728	.11156	.06441	.5956	1.1499	.75	.97
	Total	12	1.0501	.19731	.05696	.9248	1.1755	.75	1.24

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-98 ตาราง ANOVA DPPH

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DPPH	Between Groups	.378	3	.126	19.899	.000
	Within Groups	.051	8	.006		
	Total	.428	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-99 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
หลังฆ่าเชื้อ	3	.8728	
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	.8728	
ก่อนฆ่าเชื้อ	3		1.2275
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3		1.2275
Sig.		1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-100 ตาราง Descriptives FRAP

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
FRAP	ก่อนฆ่าเชื้อ	3	108.0399	2.10194	1.21356	102.8184	113.2615	105.94	110.14
	ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	108.0399	2.10194	1.21356	102.8184	113.2615	105.94	110.14
	หลังฆ่าเชื้อ	3	127.6581	6.99772	4.04013	110.2748	145.0414	119.60	132.21
	หลังฆ่าเชื้อ(1)	3	127.6581	6.99772	4.04013	110.2748	145.0414	119.60	132.21
	Total	12	117.8490	11.15250	3.21945	110.7631	124.9350	105.94	132.21

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-101 ตาราง ANOVA FRAP

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FRAP	Between Groups	1154.615	3	384.872	14.418	.001
	Within Groups	213.545	8	26.693		
	Total	1368.160	11			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-102 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP

ก่อนและหลังฆ่าเชื้อ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ก่อนฆ่าเชื้อ	3	108.0399	
ก่อนฆ่าเชื้อ(1)	3	108.0399	
หลังฆ่าเชื้อ	3		127.6581
หลังฆ่าเชื้อ(1)	3		127.6581
Sig.		1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ณ วันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-103 ตาราง Descriptives ค่าสี L* a* b*

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
L	ซอสวันที่ 0	3	*43.7967*	.26652	.15388	43.1346	44.4587	43.60	44.10
	ซอสวันที่ 15	3	43.8400	.03000	.01732	43.7655	43.9145	43.81	43.87
	ซอสวันที่ 30	3	41.0967	.01528	.00882	41.0587	41.1346	41.08	41.11
	ซอสวันที่ 45	3	41.0000	.00000	.00000	41.0000	41.0000	41.00	41.00
	ซอสวันที่ 60	3	40.8633	.01528	.00882	40.8254	40.9013	40.85	40.88
	Total	15	42.1193	1.44163	.37223	41.3210	42.9177	40.85	44.10
a	ซอสวันที่ 0	3	19.5433	.06028	.03480	19.3936	19.6931	19.48	19.60
	ซอสวันที่ 15	3	19.1967	.02309	.01333	19.1393	19.2540	19.17	19.21
	ซอสวันที่ 30	3	18.2900	.08544	.04933	18.0778	18.5022	18.21	18.38
	ซอสวันที่ 45	3	17.5367	.03786	.02186	17.4426	17.6307	17.51	17.58
	ซอสวันที่ 60	3	16.7000	.11358	.06557	16.4179	16.9821	16.62	16.83
	Total	15	18.2533	1.08552	.28028	17.6522	18.8545	16.62	19.60
b	ซอสวันที่ 0	3	36.5100	.59304	.34239	35.0368	37.9832	36.10	37.19
	ซอสวันที่ 15	3	34.5100	.05196	.03000	34.3809	34.6391	34.45	34.54
	ซอสวันที่ 30	3	32.6900	.04583	.02646	32.5762	32.8038	32.65	32.74
	ซอสวันที่ 45	3	31.3200	.01732	.01000	31.2770	31.3630	31.31	31.34
	ซอสวันที่ 60	3	31.2933	.08083	.04667	31.0925	31.4941	31.22	31.38
	Total	15	33.2647	2.08687	.53883	32.1090	34.4203	31.22	37.19

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-104 ตาราง ANOVA ค่าสี L* a* b*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	28.951	4	7.238	499.850	.000
	Within Groups	.145	10	.014		
	Total	29.096	14			
a	Between Groups	16.445	4	4.111	796.770	.000
	Within Groups	.052	10	.005		
	Total	16.497	14			
b	Between Groups	60.244	4	15.061	207.260	.000
	Within Groups	.727	10	.073		
	Total	60.970	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-105 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี L*

ระยะเวลาเก็บซอส	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ซอสวันที่ 60	3	40.8633		
ซอสวันที่ 45	3	41.0000	41.0000	
ซอสวันที่ 30	3		41.0967	
ซอสวันที่ 0	3			43.7967
ซอสวันที่ 15	3			43.8400
Sig.		.194	.348	.669

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-106 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี a*

ระยะเวลาเก็บซอส	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
ซอสวันที่ 60	3	16.7000				
ซอสวันที่ 45	3		17.5367			
ซอสวันที่ 30	3			18.2900		
ซอสวันที่ 15	3				19.1967	
ซอสวันที่ 0	3					19.5433
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-107 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าสี b*

ระยะเวลาเก็บซอส	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
ซอสวันที่ 60	3	31.2933			
ซอสวันที่ 45	3	31.3200			
ซอสวันที่ 30	3		32.6900		
ซอสวันที่ 15	3			34.5100	
ซอสวันที่ 0	3				36.5100
Sig.		.906	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-108 ตาราง Descriptives ค่า pH

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
pH	วันที่ 0	3	6.0200	.03000	.01732	5.99	6.05	5.99	6.05
	วันที่ 15	3	6.0600	.10583	.06110	5.98	6.18	5.98	6.18
	วันที่ 30	3	5.5367	.06807	.03930	5.46	5.59	5.46	5.59
	วันที่ 45	3	5.5933	.03512	.02028	5.56	5.63	5.56	5.63
	วันที่ 60	3	5.6400	.01732	.01000	5.62	5.65	5.62	5.65
	Total	18	5.8667	.31941	.07529	5.46	6.49	5.46	6.49

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-109 ตาราง ANOVA ค่า pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.588	5	.318	26.124	.000
Within Groups	.146	12	.012		
Total	1.734	17			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-110 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่า pH

ระยะเวลาการเก็บรักษา	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
วันที่ 30	3	5.5367	
วันที่ 45	3	5.5933	
วันที่ 60	3	5.6400	
วันที่ 0	3		6.0200
วันที่ 15	3		6.0600
Sig.		.296	.665

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-111 ตาราง Descriptives ค่าความชื้น

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ความชื้น	วันที่ 0	3	56.3326	.55896	.32271	54.9441	57.7211	55.71	56.78
	วันที่ 15	3	56.4923	.16725	.09656	56.0768	56.9078	56.33	56.66
	วันที่ 30	3	56.1200	1.33335	.76981	52.8078	59.4322	54.72	57.37
	วันที่ 45	3	56.6353	2.37530	1.3713	50.7347	62.5359	55.18	59.38
	วันที่ 60	3	56.6198	1.78209	1.0288	52.1928	61.0467	54.76	58.32
	Total	18	56.4400	1.26586	.32684	55.7390	57.1410	54.72	59.38

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-112 ตาราง ANOVA ค่าความชื้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.561	4	.140	.064	.991
Within Groups	21.872	10	2.187		
Total	22.434	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-113 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ค่าความชื้น

ระยะเวลาการเก็บรักษา	N	Subset for alpha = 0.05
		1
วันที่ 30	3	56.1200
วันที่ 0	3	56.3326
วันที่ 15	3	56.4923
วันที่ 60	3	56.6198
วันที่ 45	3	56.6353
Sig.		.701

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-114 ตาราง Descriptives ปริมาณฟลาโวนอยด์

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟลาโวนอยด์	วันที่ 0	3	351.002	13.68933	7.9035	316.996	385.008	336.07	362.95
	วันที่ 15	3	349.934	31.48591	18.178	271.718	428.149	313.58	368.11
	วันที่ 30	3	351.217	9.89346	5.7119	326.641	375.794	341.32	361.11
	วันที่ 45	3	348.502	21.87337	12.628	294.166	402.839	330.99	373.02
	วันที่ 60	3	351.652	22.32714	12.890	296.188	407.116	329.33	373.98
	Total	18	350.462	17.98087	4.6426	340.504	360.419	313.58	373.98

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-115 ตาราง ANOVA ปริมาณฟลาโวนอยด์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.192	4	4.798	.011	1.000
Within Groups	4507.172	10	450.717		
Total	4526.365	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-116 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟลาโวนอยด์

ระยะเวลา	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ซอสวันที่ 45	3	348.5029
ซอสวันที่ 15	3	349.9342
ซอสวันที่ 0	3	351.0027
ซอสวันที่ 30	3	351.2179
ซอสวันที่ 60	3	351.6524
Sig.		.870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-117 ตาราง Descriptives ปริมาณฟินอลิก

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
ฟินอลิก	วันที่ 0	3	52.6478	7.97694	4.6054	32.8320	72.4636	44.67	60.62
	วันที่ 15	3	52.0480	6.17912	3.5675	36.6982	67.3978	45.31	57.44
	วันที่ 30	3	52.2504	6.72588	3.8831	35.5424	68.9584	44.91	58.12
	วันที่ 45	3	52.3763	12.37275	7.1434	21.6407	83.1120	38.35	61.73
	วันที่ 60	3	52.3337	10.34253	5.9712	26.6414	78.0260	40.74	60.61
	Total	18	52.3313	7.62877	1.9697	48.1066	56.5559	38.35	61.73

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-118 ตาราง ANOVA ปริมาณฟินอลิก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.567	4	.142	.002	1.000
Within Groups	814.207	10	81.421		
Total	814.774	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-119 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets ปริมาณฟินอลิก

ระยะเวลา	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ซอสวันที่ 15	3	52.0480
ซอสวันที่ 30	3	52.2504
ซอสวันที่ 60	3	52.3337
ซอสวันที่ 45	3	52.3763
ซอสวันที่ 0	3	52.6478
Sig.		.941

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-120 ตาราง Descriptives DPPH

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
DPPH	วันที่ 0	3	.8728	.11156	.06441	.5956	1.1499	.75	.97
	วันที่ 15	3	1.3993	.05138	.02967	1.2716	1.5269	1.34	1.44
	วันที่ 30	3	1.6659	.25365	.14645	1.0358	2.2960	1.39	1.90
	วันที่ 45	3	1.8465	.11767	.06794	1.5542	2.1388	1.72	1.94
	วันที่ 60	3	2.0279	.19546	.11285	1.5424	2.5135	1.91	2.25
	Total	18	1.5625	.43867	.11326	1.3195	1.8054	.75	2.25

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-121 ตาราง ANOVA DPPH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.431	4	.608	23.114	.000
Within Groups	.263	10	.026		
Total	2.694	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-122 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets DPPH

ระยะเวลาเก็บรักษา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
วันที่ 0	3	.8728			
วันที่ 15	3		1.3993		
วันที่ 30	3		1.6659	1.6659	
วันที่ 45	3			1.8465	1.8465
วันที่ 60	3				2.0279
Sig.		1.000	.072	.202	.201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-123 ตาราง Descriptives FRAP

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
						Lower Bound	Upper Bound		
FRAP	วันที่ 0	3	127.658	6.99772	4.0401	110.274	145.041	119.60	132.21
	วันที่ 15	3	52.6887	.60678	.35032	51.1814	54.1961	52.34	53.39
	วันที่ 30	3	51.6378	.60678	.35032	50.1304	53.1451	51.29	52.34
	วันที่ 45	3	34.1216	.60678	.35032	32.6142	35.6289	33.42	34.47
	วันที่ 60	3	34.4719	2.78061	1.6053	27.5645	41.3793	32.37	37.62
	Total	18	60.1156	36.03821	9.3050	40.1583	80.0729	32.37	132.21

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-124 ตาราง ANOVA FRAP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18066.927	4	4516.732	390.691	.000
Within Groups	115.609	10	11.561		
Total	18182.536	14			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ-125 ตาราง Post Hoc Tests Homogeneous Subsets FRAP

ระยะเวลาเก็บรักษา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
วันที่ 45	3	34.1216		
วันที่ 60	3	34.4719		
วันที่ 30	3		51.6378	
วันที่ 15	3		52.6887	
วันที่ 0	3			127.6581
Sig.		.902	.713	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้