สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

T107802

นางสาวขนิษฐา คำจัดภัย

นางสาวรัชรีวรรณ วงศ์วิศาลศรี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....107802
วัน,เดือน,ปี.....14 พ.ค. 2553
b.....12212283
i.....

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีอุตสาหรรกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Determination of antioxidant and antioxidant activity in red curry paste after pass the thermal process

Miss.Khanitta Kamjudpai

Miss.Ratchareewan Wongwisansri

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน
นักศึกษา	นางสาวขนิษฐา กำจัดภัย
	นางสาวรัชรีวรรณ วงศ์วิศาลศรี
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ	ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้ โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	.....
กรรมการ อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์	.....
กรรมการ ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์	.....

.....
(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

นักศึกษา นางสาวขนิษฐา กำจัดภัย

นางสาวรัชรีวรรณ วงศ์วิศาลศรี

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการตรวจวัดหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงแดงเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆกัน ซึ่งแคปไซซินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีปริมาณมากในน้ำพริกแกงแดง ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธียูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแคปไซซิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง จากข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องแกงสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Determination of antioxidant and antioxidant activity in red curry paste after pass the thermal process

Name Kanitta Kamjudpai

Ratchareewan Wongwisansri

Department Chemistry

Program Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation

Academic Year 2549

Special Project Advisor Asst.Prof.Kanita Tangkananuruk

ABSTRACT

This project was aim to study the determination of antioxidant and antioxidant activity in red curry paste that pass thermal process in each temperatures and times. Capsaicin was the antioxidant agent which much presented in red pepper. Therefore this project have to determine capsaicin , total phenolic content and antioxidant activity by UV - visible spectrophotometry. The results showed that when increasing the temperature and time in thermal process, the capsaicin and total phenolic content increasing to but the antioxidant activity decreasing. From this results were applied to use in instant red curry paste industry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ

ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างมาก รวมทั้งติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด เสมอมาจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอาหารที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำเสมอมา

ห้างหุ้นส่วนจำกัดน้ำพริกแม่ศรี ที่กรุณาอนุเคราะห์น้ำพริกแกงแดง เพื่อใช้ในการทดลองของคณะวิจัย

นาวสาวสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น นักศึกษาปริญญาเอกคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาที่ประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดจนช่วยเหลือทำงานวิจัยจนสำเร็จ

นางสาวจารุมนต์ วชิรเดชเสถียร นางสาวฉัตรแก้ว นิธิเศรษฐยิ่งกุลและนายมรุต อังศุรัตนเวช นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ช่วยเหลือในการให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างในงานวิจัย

บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ดูแลช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

คณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีและมีประโยชน์ตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงานวิจัยนี้

เพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

นางสาวขนิษฐา กำจัดภัย

นางสาวรัชรีวรรณ วงศ์วิศาลศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 น้ำพริกแกงแดง	4
2.1.1 พริกแห้ง	5
2.1.2 กระเทียม	6
2.1.3 หอมแดง	8
2.1.4 ข่า	9
2.1.5 ตะไคร้	10
2.1.6 มะกรูด	11
2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ	12
2.2.1 สารประกอบฟีนอลิก	13
2.2.2 สารแคปไซซิน	14
2.2.3 ไดฟีนิลไพคริลไฮดราซิล	17
2.2.4 ไตรไพริดิลเอสไตรเอซีน	17
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และสถานที่	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 สารเคมี	20
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	20
3.1.3 สถานที่ดำเนินการวิจัย	21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	21
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.3.1 การเตรียมสารละลาย	21
3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง	
3.3.2.1 วัตถุดิบในการทดลอง	23
3.3.2.2 การสุ่มตัวอย่าง	23
3.3.2.3 การให้ความร้อน	23
3.3.2.4 การสกัดสารตัวอย่าง	24
3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน	24
3.3.3.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแคปไซซิน	24
3.3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในตัวอย่าง	25
3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	25
3.3.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก	25
3.3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารตัวอย่าง	26
3.3.5 การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง	26
3.3.5.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	26
3.3.5.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก	26
3.3.5.2.1. การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี	27
3.3.5.2.2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรอกซ์	27
3.3.5.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแคปไซซิน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน	29
4.3 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก	31
4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	31
4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	33
4.6 การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี	35
4.7 การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรอกซ์	36
4.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ในตัวอย่างสารสกัด	36
4.8.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ในตัวอย่างสกัดเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี	37
4.8.2 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ในตัวอย่างสกัดเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์	38
4.9 การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	41
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 : ตารางแสดงปริมาณเป็นร้อยละ (%) ของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก	14
ตารางที่ 2 : ตารางแสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบแคปไซซินอยด์	15
ตารางที่ 3 : ตารางแสดงสีของพริกแต่ละพันธุ์	18
ตารางที่ 4 : ปริมาณแคปไซซินในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและใช้เวลาต่างๆ	29
ตารางที่ 5 : ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ และใช้เวลาต่างๆ	32
ตารางที่ 6 : ปริมาณเปอร์เซ็นต์ DPPH ในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและใช้เวลาต่างๆ	34
ตารางที่ 7 แสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี	37
ตารางที่ 8 : แสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 : โครงสร้างของสารอะลิซิน 7
ภาพที่ 4.1 : กราฟมาตรฐานแคปไซซิน 28
ภาพที่ 4.2 : กราฟแสดงปริมาณแคปไซซินในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อน 30
ภาพที่ 4.3 : กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก 31
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริกแกง
ที่ผ่านการให้ความร้อน 33
ภาพที่ 4.5 : กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 35
ภาพที่ 4.6 : กราฟมาตรฐาน วิตามินซี 35
ภาพที่ 4.7 : กราฟมาตรฐานโทรอกซ์ 36
ภาพที่ 4.8 : กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในพริกแกง
ที่ผ่านการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี 39
ภาพที่ 4.9 : กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในพริกแกง
ที่ผ่านการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

น้ำพริกแกงแดง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพรต่างๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง หัวหอม กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด บดผสมให้เข้ากัน อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น กะปิ น้ำตาล น้ำปลา เกลือ และอาจนำไปให้ความร้อนหรือไม่ก็ได้ นำไปประกอบอาหารได้ทันที

น้ำพริกแกงแดงเป็นส่วนผสมหลักที่คนไทยนิยมใช้เป็นเครื่องปรุงในอาหารชนิดไทยๆ หลายชนิด โดยกลยุทธ์ส่งเสริมการตลาดที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงและอาหารที่มีน้ำพริกแกงแดงเป็นส่วนประกอบ คือ การยกระดับให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพโดยต้องเน้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงสรรพคุณของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ในน้ำพริกแกงแดง โดยอนุมูลอิสระนี้เชื่อว่า มีผลต่อการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อในระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ และอาจเป็นสารการก่อมะเร็ง และโรคหัวใจ ต้อกระจก จากการวิจัยพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้พบว่ามีมากในสมุนไพรและเครื่องเทศต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดง นอกจากนี้ในสมุนไพรต่างๆยังมีสรรพคุณในการละลายลิ่มเลือด ลดความดัน ความสามารถในการชะลอความแก่ ความสามารถในการต้านทานจุลชีพ (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงสำเร็จรูป นิยมบรรจุในกระป๋องหรือบรรจุในภาชนะอ่อนตัว (Retort Pouch)เป็นน้ำพริกแกงแบบเปียกมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก จัดเป็นอาหารในกลุ่มกรดต่ำ (Low Acid Food) เนื่องจากมีความเป็นกรด-ด่าง (pH)ประมาณ 5-6 และมีค่า Water Activity (A_w) มากกว่า 0.85 การเก็บรักษาใช้การแปรรูปด้วยความร้อนสูง ซึ่ง การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ(Commercial Sterilization) ให้สามารถเก็บรักษาได้นานและปลอดภัยต่อผู้บริโภคต้องใช้อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งปกติสภาวะที่ผู้ประกอบการใช้ในการฆ่าเชื้ออยู่ในช่วง 116-120 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อที่ใช้เวลาค่อนข้างนานเนื่องจากส่วนประกอบหลายชนิดของน้ำพริกแกงแดง เช่น กระเทียม หอมแดง ขิง ข่า มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนความร้อนสูง

ผลของความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ นอกจากจะทำให้ลดปริมาณจุลินทรีย์ลงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยแล้ว แต่ข้อเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือน้ำพริกแกงแดงจะมีการลดลงของคุณภาพด้านต่างๆ เช่น สี กลิ่น รส โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้สารต้านอนุมูลอิสระบางส่วนสลายตัวไปด้วย ดังนั้นการเลือกสภาวะการผลิตเช่น ส่วนผสม วิธีการเตรียม อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ ชนิดและขนาดของบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัณฑ์ที่ใช้ ที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงเพื่อให้คงรักษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นจุดขายที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่าข้อมูลยังไม่พบการศึกษาวิจัยเชิงลึกอย่างครบวงจรถึงผลกระทบทางความร้อนที่มีต่อการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการให้ความร้อน รวมทั้งการศึกษาด้านการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงแดง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการแข่งขันและผลักดันให้อาหารไทยซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทราบปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant) ได้แก่ แคปไซซิน (Capsaicin) และ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic) ที่มีอยู่ในน้ำพริกแกงแดงหลังจากผ่านการให้ความร้อนที่สภาวะอุณหภูมิ และเวลาต่างๆ
2. เพื่อทราบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) ได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power, FRAP)
3. เพื่อทราบสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตน้ำพริกแกงแดงสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ตรวจวัดหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงแดงที่ ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ใช้ระดับความร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ค่า (60, 75, 90, 105, 120 องศาเซลเซียส) ในช่วงเวลาที่ให้ความร้อนต่างกัน 6 ช่วงเวลา ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที)

ขั้นตอนการวิจัย

1. สืบค้นแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหาวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม
3. เตรียมสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือ
4. เตรียมสารละลาย และสารละลายตัวอย่าง
5. ตรวจวัดปริมาณสารละลายมาตรฐานชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน และสร้างกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตรวจวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ
7. การประเมินผลโดยใช้หลักทางสถิติและสรุปผล
8. เขียนรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถทราบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำพริกแกงแดงระหว่างการให้ความร้อน

2.สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในอาหารเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการผลิตน้ำพริกแกงแดงสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมต่อไป

3. สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการบ่งบอกคุณภาพของน้ำพริกแกงแดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

การประกอบอาหารโดยมีส่วนผสมของสมุนๆไพรสดต่างชนิดกันเป็นเอกลักษณ์สำคัญอย่างหนึ่งของอาหารไทย โดยสมุนไพรนั้นอาจนำมาใช้สดๆโดยการทุบหรือบุบเพียงเล็กน้อยแล้วต้มกับผักหรือเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ เช่นการทำต้มยำ หรืออาจนำสมุนไพรสดมาซอยแล้วคลุกเคล้ากับเนื้อสัตว์ที่สุกและเครื่องปรุงอื่นๆโดยไม่ผ่านความร้อนเพิ่มเติม เช่นการทำยำ นอกจากนั้นยังมีรูปแบบที่นำสมุนไพรหลายชนิดเช่น พริก หอม กระเทียม มาบดหรือโขลกรวมกันพร้อมกับเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสอย่างอื่นเช่นลุกผักชี กะปิ เป็นต้น รูปแบบสมุนไพรผสมกันดังกล่าวเรียกว่า น้ำพริกแกง

น้ำพริกสามารถแบ่งประเภทตามจุดประสงค์การใช้ได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆคือ น้ำพริกแกง ซึ่งจะต้องนำไปประกอบกับเครื่องปรุงอื่นๆ และผ่านการหุงต้มเพื่อปรุงเป็นอาหารที่พร้อมรับประทาน น้ำพริกอีกประเภทคือ น้ำพริกที่เป็นเครื่องจิ้ม โดยที่น้ำพริกประเภทนี้สามารถใช้กินเป็นอาหารได้เลย โดยมักกินกับข้าวและมีผักสดหรือผักสุก (ลวก/ต้ม) เป็นเครื่องเคียง ไม่ว่าจะเป็นน้ำพริกแกงหรือน้ำพริกเครื่องจิ้ม ต่างก็มีสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบหลักคล้ายคลึงกัน ได้แก่ กระเทียม หอมแดง ข่า ตะไคร้ มะกรูด และที่ขาดไม่ได้คือพริก สมุนไพรทั้งห้าชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันดีและใช้กันมานานในตำราการแพทย์แผนไทยว่าแต่ละชนิดมีสรรพคุณที่ใช้เป็นยาเพื่อบรรเทาความเจ็บป่วยเบื้องต้นได้ นอกเหนือจากการใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารของไทย

2.1 น้ำพริกแกงแดง

น้ำพริกแกง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบที่บดแล้วอาจผสมกะทิหรือน้ำมันบริโภคชนิดอื่นก็ได้ แล้วนำไปให้ความร้อนจนแห้งก็ได้แล้วแต่ประเภทของพริกแกงโดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของน้ำพริกแกงนั้นๆไว้ นำไปใช้ได้ทันที น้ำพริกแกงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทเปียก (Curry Paste) และประเภทแห้ง (Dried Curry Paste) โดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ 1)เครื่องแกงและเครื่องเทศชนิดต่างๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง ตะไคร้ ผิวมะกรูด หัวหอม กระเทียม ข่า รากผักชี ลูกผักชี ยี่หร่า และพริกไทย 2) เกลือบริโภคได้ 3) เครื่องปรุงแต่งกลุ่นรสต่างๆ ได้แก่ น้ำปลา น้ำตาล มะขามเปียก และอื่นๆ (ถ้ามี) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,2525)

น้ำพริกแกงแดงก็เป็นน้ำพริกแกงอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมนำไปเป็นส่วนประกอบหลักในอาหารไทยหลายชนิด โดยส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำพริกแกงแดงมีดังนี้คือ พริกแห้ง กระเทียม ตะไคร้ ข่า หอมแดง ผิวมะกรูด และกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1. พริกแห้ง (Capsicum)

พริกแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลของพืชสกุลพริก (*Capsicum* sp.) เช่น พริกขี้หนูสวน (*Capsicum minimum* Roxb) พริกขี้หนู (*Capsicum Frutiscens* Linn.) และพริกอ่อน หรือ พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* Linn.) ที่สุกหรือแก่จัดนำมาทำแห้ง อาจมีก้านผลติดอยู่หรือไม่ก็ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526)

พริกเป็นพืชที่อยู่ในสกุลแคปไซซิคัม (Capsicum) มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเขตร้อนและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก พริกประกอบด้วยสารที่มีรสเผ็ดร้อน ตั้งแต่ 0.1-1 SU. (Scovilk Heat Unit) สารที่ให้รสเผ็ดร้อน คือ แคปไซซิน (Capsaicin), ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihdrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsaicin) โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsaicin) สารสองชนิดหลังนี้เป็นสารที่มีปริมาณน้อย สารที่มีรสเผ็ดร้อนเหล่านี้อยู่ในบริเวณไส้ (Dissapiment) ของผล ไม่ใช่อยู่ที่เม็ด สารประกอบทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า แคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) ดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ยังพบสารอื่นๆอีก เช่น แคปซานทิน (Capsanthin) แคปซารูบิน (Capsarubin) คาโรทีน (Carotene) เลโทโอลิน (Leteolin) ไขมัน วิตามินเอ และซี มีน้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil) ซึ่งพบในปริมาณน้อย (นิจศิริ, 2534)

พริกเมื่อถูกที่ผิวหนังทำให้รู้สึกร้อน ปวดแสบปวดร้อนมาก น้ำคั้นพริกมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในหลอดทดลอง เช่น พวก *E. coli, Salmonella spp.* ปัจจุบันองค์การเภสัชกรรมได้มีการสกัดสารแคปไซซินจากพริก นำไปผสมเป็นส่วนประกอบของยาชนิดต่างๆ เช่น ยาธาตุ ยาเจริญอาหาร ยาขับลม และยาแก้ปวดท้อง เพื่อกระตุ้นให้มีการหลั่งเอนไซม์ ตลอดจนการบีบตัวและการคลายตัวของกระเพาะอาหาร ผสมในขี้ผึ้งทา ถู นวด แก้อาการปวดเมื่อย ทำให้บริเวณที่ทามีเลือดมาเลี้ยงมากขึ้น ในด้านอาหาร โดยเฉพาะอาหารของชาวตะวันออก ใช้ทั้งพริกสดและแห้ง เป็นเครื่องเทศ ใช้แต่งรสของเครื่องดื่มและเหล้า ผสมเป็นเครื่องแกง ในบางโอกาส

สารแคปไซซินมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{18}H_{26}O_{23}N$ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า 8- Methyl-N-Vanilly-6-Nonenamide (กรองแก้ว เนาสราญ และวุฒิชัย นุตกูล, 2535) สารแคปไซซินเมื่อละลายน้ำ 1 ส่วนใน 11 ล้านส่วน ยังคงมีความเผ็ดอยู่ รสเผ็ดนี้จะไม่ถูกทำลายด้วยด่าง แต่จะถูกทำลายได้โดยสารออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate, K_2CrO_7) หรือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate, $KMnO_4$)

คุณค่าด้านสุขภาพของพริก

-กระตุ้นให้เกิดการการสลายของลิ่มเลือดได้ (Fibrinolytic) มีผลในการชะลอการแข็งตัวของเลือดได้อย่างเฉียบพลัน (Visudhiphan, 1982)

-มีการศึกษาถึงผลของพริกขี้หนูต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือด โดยให้อาสาสมัครหญิงดื่มเครื่องดื่มกลูโคสพร้อมกับพริกสด แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือด เทียบกับการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างเดียว พบว่าระดับน้ำตาลกลูโคสของอาสาสมัครที่กินพริกพร้อมกลูโคสเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อไม่ได้กินพริก และยังเพิ่มอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (Metabolic Rate) อย่างมีนัยสำคัญ (Chaiyata *et al*., 2003)

-มีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าสารแคปไซซินในพริกมีมีผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดและยังสามารถเพิ่มระดับอินซูลินได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tolan, *et al*., 2004)

-สารแคปไซซินมีคุณสมบัติในการต้านมะเร็งโดยพบว่าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิด Apoptosis ในเซลล์บางชนิด เช่นการศึกษาในต่อมลูกหมาก (Sànchez *et al*., 2006) แสดงให้เห็นว่าสารแคปไซซินและสารแคปซาเซพีน (Capsazepine) สามารถเหนียวนำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากได้โดยการสร้างอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species) และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์แคสเปส (Caspase) ทั้งยังแสดงให้เห็นว่า การให้สารแคปไซซินแก่หนูทดลองที่มีการฝังเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากไว้แล้ว สามารถชะลอการเจริญเติบโตของมะเร็งนั้นได้

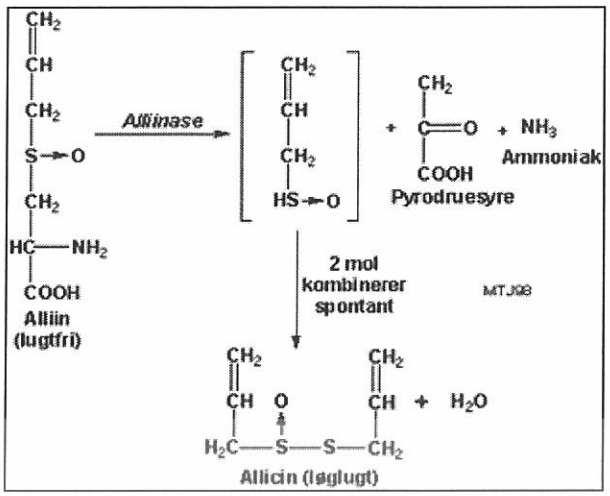
2.1.2 กระเทียม (Garlic)

กระเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. วงศ์ Alliaceae ชื่ออังกฤษเรียกว่า การ์ลิค (Garlic) หรืออัลเลียม (Allium) มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรป และตอนกลางของทวีปเอเชีย ส่วนที่นำมาใช้คือ หัวสด หรือหัวแห้ง ใบสด น้ำมันกระเทียม กระเทียมสดมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 0.1-0.36 สารอินทรีย์หลายชนิดคือ อัลลิน (Allin, S-allyl-1-cysteine sulfoxide) และเมทิลซิสเตอีนซัลฟอกไซด์ (S-methyl-1-cysteine sulfoxide) น้ำย่อยหลายชนิด คือ อัลลิเนส (Allinase) เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) ไมร็อกซิเนส (Myroxinase) โปรตีน แร่ธาตุ วิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน นอกจากนี้ยังมีไขมัน กรดอะมิโนและสารอื่นๆ อีก

คุณค่าด้านสุขภาพ

- กระเทียมใช้ในยาพื้นบ้าน เพื่อใช้บำบัดอาการไอ ไข้หวัด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ปวดฟัน ปวดหู ความดันโลหิตสูง เส้นเลือดเปราะ โรคประสาท เป็นต้น สารที่พบในกระเทียมที่สำคัญได้แก่ อัลลิซิน (Allicin) ดังแสดงในภาพที่ 2 จะกระตุ้นการหลั่งของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร กระตุ้นการหดและบีบตัวของลำไส้ ทำให้การย่อยอาหารและการขับถ่ายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อัลลิซินสามารถรวมตัวกับวิตามินบี 1 และโปรตีนได้ จึงช่วยในการดูดซึมอาหารที่ลำไส้ และยังเกี่ยวข้องกับการลดระดับคอลเลสเตอรอลในเลือดอีกด้วย การที่อัลลิซินสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆได้ดีนั้น เนื่องจากไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ โดยเอนไซม์เหล่านี้ เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ หรือการเจริญของเซลล์ เป็นผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย (นิจศิริ, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.1 : โครงสร้างของสารอะลิซิน (Allicin)

- กระเทียมมีคุณสมบัติในการต้านการชะลอการแข็งตัวของเลือด (Anti-Thrombosis) การละลายลิ่มเลือดหรือการต้านการจับกันของเกล็ดเลือด (Anti-platelet Aggregation) การลดระดับไขมัน LDL และโคเลเตอรอลในเลือด รวมทั้งลดความดันโลหิต โดยอาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แองจิโอเทนซินคอนเวอร์ติ้ง (Angiotensin converting enzyme, ACE) (Orekhov and Grunwald,1997; Rahnman and Lowe, 2006)

- กระเทียมมีคุณสมบัติการต้านมะเร็ง (Anti-Cancer) จากการศึกษาทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคกระเทียมกับการลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งหลายชนิด เช่น การศึกษาผู้หญิงในวัยทองกว่า 40,000 คน พบว่าการบริโภคกระเทียมสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้ถึง 50% (Steinmetz et al., 1994) โดยคาดว่ากลไกที่เกี่ยวข้องกับการต้านมะเร็งของกระเทียม ได้แก่ การกำจัดสารอนุมูลอิสระ การกำจัดสารพิษในร่างกายโดย การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ กลูทาไทโอนเอสทรานสเฟอร์เรส (Glutathione-S-transferase) คะตะเลส (Catalase) หรือการขัดขวางการทำงานของเอนไซม์กลุ่มไซโทโครม P450 (Cytochrome P450) รวมถึงการซ่อมแซมหรือป้องกันดีเอ็นเอ (Khanum et al., 2004)

หนูทดลองที่เป็นมะเร็งได้รับสารสกัดจากกระเทียมทางกระเพาะอาหาร โดยตรงพบว่าสามารถลดกระบวนการเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมัน (Lipid Peroxidation) ในเซลล์มะเร็งได้อย่างอย่างมีสัมพันธ์กันกับระดับกลูทาไทโอน (Glutathione) และเอนไซม์กลูทาไทโอนดีเพนเดนต์ (Glutathione-dependent enzymes) ที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังพบว่าการให้สารสกัดกระเทียมร่วมกับมะเขือเทศบดละเอียด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นได้ (Bhuvaneswari et al., 2004)

การศึกษาโดยการใช้สารไดอัลลิลซัลไฟด์ (Diallyl Sulfide) และไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (Diallyl Disulfide) โดยตรงสู่กระเพาะของหนูทดลองที่ถูกทำให้เป็นมะเร็งลำไส้ด้วยสารเคมี พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ระดับโปรตีน CYP2E1 ของตับลดลง ซึ่งมีผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ไซโทโครม P450 (Davenport and Wargovich, 2005)

การทดสอบสาร Allicin กับเซลล์มะเร็งจากหนูและมนุษย์พบว่า Allicin สามารถกระตุ้นให้เซลล์มะเร็งเกิดการตายแบบ Apoptosis ได้ (Oommen et al., 2004) โดยมักพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของเอนไซม์ caspase

2.1.3 หอมแดง (Shallot)

หอมแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn

มีสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ไกลโคไดด์ (Glycodides) เควอร์ซิทิน (Quercetin) แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินซี

คุณค่าด้านสุขภาพ

1. เควอร์ซิทิน

- กรุงลอนดอนต่างยืนยันความสามารถของเควอร์ซีตินในการปกป้องโคเลสเตอรอลไม่ให้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน
- นายแพทย์อีเลียต มิดเดิลตั้น จูเนียร์ แห่งมหาวิทยาลัยนิวยอร์ค เมืองบัฟฟาโล พบว่า เควอร์ซีตินช่วยยับยั้งการทำงานของ "โมเลกุลยึด" (Adhesion Molecules) ซึ่งทำให้เกิดอาการอักเสบ
- ในวารสารออนโคโลจีรีเสริตซ์ (Oncology Research) รายงานว่าเควอร์ซีตินเป็นสารที่ใช้ได้ผลมากที่สุดในการต่อต้านเซลมะเร็งในรังไข่เมื่อใช้ร่วมกับสารไอโซฟลาโวนเจนิสทีน

2. ฟลาโวนอยด์

- เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันการเกิดต้อกระจก ป้องกันการแก่ก่อนวัย
- ลดอาการอักเสบ (Inflammatory) ของเซลล์เยื่อหุ้มสมอง ดังนั้น จึงลดอัตราการเกิดโรคพาร์กินสัน และโรคความจำเสื่อม เพราะสาเหตุหลักของทั้ง 2 โรคนี้เกิดจากการอักเสบของเซลล์เยื่อมหุ้มสมอง กลไกที่ฟลาโวนอยด์ลดการอักเสบโดยการทำให้เนื้อเยื่อเซลล์หุ้มสมองที่แข็งอ่อนตัวลง
- ป้องกันโรคหัวใจเพราะฟลาโวนอยด์จะไปลดกิจกรรมของเม็ดเลือดที่ทำให้เลือดแข็งตัว นอกจากนี้ ฟลาโวนอยด์จะทำหน้าที่เคลือบหลอดเลือดแดง อุปมาเหมือสารเทปลอนที่เคลือบหม้อ เพื่อป้องกันการสะสมของไขมัน และยังช่วยเพิ่มระดับเอชดีแอล (High density lipoprotein, HDL) หรือคอเลสเตอรอลที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย
- แก้ความดันโลหิตสูง
- ป้องกันโรคภูมิแพ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ฟอสฟอรัส

มีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโต การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ การเก็บและการให้พลังงานออกมา ช่วยในการส่งสัญญาณของตัวกระตุ้นประสาท และช่วยรักษาสุขภาพระบบประสาทให้ทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพ, ช่วยควบคุมความสมดุลของกรด และด่างในเลือด ช่วยการดูดซึมของอาหารจากลำไส้เข้าสู่ร่างกายและส่งเสริมการขับฮอร์โมนออกจากต่อม กระตุ้นการคลายตัวของกล้ามเนื้อ รวมถึงกล้ามเนื้อของหัวใจ

4. แคลเซียม

- แคลเซียมช่วยให้กล้ามเนื้อบีบตัวได้ดีและทำให้หัวใจและหลอดเลือดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงส่งผลให้ความดันโลหิตลดลงได้
- แคลเซียม ช่วยป้องกัน มะเร็งลำไส้ใหญ่ มีการพบว่าหลังได้รับ แคลเซียม การแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติลดลง ดูเหมือนว่า แคลเซียม จะไปลดผลการรบกวนของน้ำดีและกรดไขมันในลำไส้ลงที่เป็นสาเหตุของการแบ่งเซลที่ผิดปกติในลำไส้

5. เหล็ก

- ส่งเสริมการสร้างฮีโมโกลบินซึ่งเป็นสารสีที่ช่วยลำเลียงออกซิเจนและพบในเซลล์เม็ดเลือดแดงที่แข็งแรง

2.1.4 ข่า (Galanga)

ข่ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Alpinia galangal* (L.) Swartz หรือ *Languas galangal* (L.) Stuntz. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ตระกูลเดียวกับขิง เป็นพืชล้มลุกของเอเชียเขตร้อน มีลำต้นใต้ดินหรือรากลักษณะเป็นเหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน สีน้ำตาลอมแดง กลิ่นหอมฉุน รสขมอมหวาน และเผ็ดร้อน เหง้าอ่อน 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 20 กิโลแคลอรี มีเส้นใย 1.1 กรัม แคลเซียม 5 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 27 มิลลิกรัม เหล็ก 0.1 มิลลิกรัม เบต้า- แคโรทีน 18 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.13 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.15 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 23 มิลลิกรัม และไฟเบอร์ สาระสำคัญที่พบในข่าเกือบทุกชนิดคือ ยูจีนอล (Eugenol), กรดซินนามิก (Cinnamic acid) และฟลาโวนอยด์บางชนิด

ข่านิยมนำมาปรุงแต่งกลิ่นอาหารเพื่อกำจัดกลิ่นคาวของเนื้อ ผสมในเครื่องแกง หรือผสมในลูกแป้งที่ใช้ทำข้าวหมากและเหล้า ในอุตสาหกรรมมีการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากข่าเรียกว่า เอสเซนต์เดออะมาลิ(Essence d' Amali) ซึ่งใช้ในน้ำหอม (Griggs, 1994) โดยสกัดได้ประมาณ 0.04-1.5% (นิจศิริ, 2534 ; Katzer, 2001)

คุณค่าด้านสุขภาพ

-จากการที่มีสารจำพวกฟลาโวนอยด์จึงมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สารอะซิโตออกซีชาวิคอลอะซิเตต (1'-Acetoxychavicol Acetate) ที่พบในข่ามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียสเตปฟีโลคอคคัส (Staphylococcus aureus) (Oonmetta-aree, et al., 2005)

-จากการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดข่าด้วยแอลกอฮอล์ในเบื้องต้นเพื่อหาความสามารถในการต้านมะเร็ง โดยใช้เทคนิคทดสอบ Epstein-Barr Virus (EBV) Activation ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการก่อมะเร็งในขั้น Promotion ได้เป็นอย่างดี พบว่าหมู่อะซิโตซิล (Acetoxyl) บนโครงสร้างของสารชนิดนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สารชนิดนี้มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง (Murakami *et al*., 1994, 1995 & 2000) และสารดังกล่าว ยังสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการตายแบบ Apoptosis ได้ เมื่อทดสอบกับเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (Myeloid Leukemia) ทั้งยังส่งผลให้อัตราการตายในหนูทดลองที่เป็นลูคีเมีย และมีอาการภูมิคุ้มกันบกพร่องขั้นรุนแรงอีกด้วย (Ito *et al*., 2004)

-มีสารหลายชนิดในข่าที่ต้านการอักเสบได้ (Anti-Inflammatory) โดยส่งผลยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ (Nitric Oxide) และไซโตไคน์ (Cytokines) ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบเช่น Interleukin และ Tumor necrosis factor-α(TNF-α (Yadav, *et al*., 2003)

2.1.5 ตะไคร้ (Lemon Grass)

ตะไคร้ หรือ West Indian Lemon Grass มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* (DC.) Staf หรือชื่อพ้องว่า *Andropogen citratus* (DC.) จัดอยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลหญ้า (Poaceae) วงศ์ Gramineae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวล้มลุกของเมืองร้อน ขึ้นเป็นกอ นิยมนำมาปรุงอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว โดยใช้ประโยชน์จากลำต้นใต้ดินที่เรียกว่าเหง้าและก้านใบที่เป็นกาบ โดยเฉพาะบริเวณโคนต้น (ประมาณ 10-15 เซนติเมตร) เพราะมีสารให้กลิ่นหลายชนิด

คุณค่าด้านสุขภาพ

- ใช้เป็นยาขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยขับเหงื่อ ลดความร้อนในร่างกาย

-จากการศึกษาของ คุณอุษณีย์และคณะ, 2539 พบว่าสารสกัดตะไคร้มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายเป็นพิษของอัลฟาท็อกซินบีวัน (Aflatoxin B1) โดยผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการลดลงของการทำงานของเอนไซม์ใน Phase I (ขั้นตอนที่เปลี่ยนให้อัลฟาท็อกซิน กลายเป็นพิษต่อร่างกาย) และสารสกัดจากตระไคร้ยังส่งผลให้ปริมาณไซโตโครม P450 ในไมโครโซมของตับมนุษย์ลดลงเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง ทั้งยังลดความสามารถในการทำงานของเอนไซม์อะมิโนไพรีนดีเมทิลเลส (Aminopyrine Demethylase)

-จากการศึกษาของ คุณสมสกุล ธรรมวิจิตและคณะ 2542 พบว่าสาระสำคัญในตะไคร้คือ ซิตรัล (Citral) เจอราไนออล (Geraniol) และเบต้าไมซีน (β-myrcene) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ใน phase I และ phase II ในตับ ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ โดยพบว่าเมื่อให้สารสำคัญซิตรัลกับหนูขาว การทำงานของเอนไซม์ benzo(a)pyrene hydroxylase ใน phase I เพิ่มขึ้น และการให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิตรัล เจอราไนออลและเบต้าไมซีนแก่หนูทดลองทำให้เอนไซม์กลูทาไทโอนเอสทรานสเฟอเรส (Glutathione-S-Transferase) ยูดีพีกลูคูโรนิล (UDP-Glucuronyl Transferase) และควินินรีดักเทส (Quinine Reductase) ใน phase II เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นการทดสอบสารสกัดตะไคร้ด้วยแอลกอฮอล์ 80% ในหนูทดลองเหนี่ยวนำให้เกิดแอบเบอแรนท์ คริบโฟไซ (Aberrant crypt foci) ซึ่งเป็นภาวะจำลองการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ พบว่าสารสกัดตะไคร้ช่วยลดการเกิดแอบเบอแรนท์ คริบโฟไซ ได้ทั้งในขั้นเริ่มต้น (Initiation Stage) และ Promotion stage โดยลดการเกิด DNA adduct ในเนื้อเยื่อเมือก (Mucosa) ของลำไส้ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เบต้ากลูโคโรนิเดส (β-Glucoronidase) ในการก่อให้เกิดสารพิษเนื่องจากการสลายกลูโคโรไนด์ (Glucoronide Conjugate) ทั้งยังพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Suaeyun et al., 1997)

2.1.6 มะกรูด (Kaffir Lime)

มะกรูด หรือ *Citrus hystrix* (DC.) อยู่ในวงศ์ Rutaceae คือตระกูลเดียวกับส้ม (Citrus Family) มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น kaffir lime, porcupine orange, leech lime หรือ mauritrus papeda เป็นต้น จัดเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียแถบอบอุ่นและร้อน ใช้ผล ผิวของผล และใบที่มีลักษณะเป็นใบคู่มีต่อมน้ำมัน มาปรุงอาหารและดับกลิ่นคาว

มะกรูดอุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลิกหลากหลายชนิด รวมทั้งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในใบมะกรูดมีสารฟลาโวโนไกลโคไซด์ (Flavanone Glycoside) คือเฮสเปอริดิน (Hesperidin) สารฟลาโวนไกลโคไซด์ (Flavone Glycoside) คือไดโอสมิน (Diosmin) และสารฟลาโวนอลไกลโคไซด์ (Flavonol Glycoside) คือรูทิน (Rutin) เป็นสารสำคัญหลัก

คุณค่าด้านสุขภาพ

-รูทิน แสดงการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันและเฮสเปอริดิน แสดงคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ การปวดเมื่อย หรืออาการแพ้หรือคัน โดยคุณสมบัติดังกล่าวคาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่ออาการเหล่านี้เช่น ไซโคลออกซิจีเนส (Cyclo-oxygenase, COX) และ การหลั่งสารฮีสตามีน (Histamine) เป็นต้น (Peterson and Dwyer, 1998)

- เฮสเปอริดิน แสดงคุณสมบัติในการต้านความดันโลหิตเมื่อทดสอบกับหนูทดลองที่มีความดันโลหิตสูงเป็นเวลา 15 สัปดาห์ (Ohtsuki *et al*., 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

อนุมูลอิสระ(Free Radicle) คือกลุ่มของสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่ มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ร่างกาย อนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังน้ำ ที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Oxygen Species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Hydroxyl Radical, $OH^{\bullet}$) ซุปเปอร์ออกไซม์แอนไอออน (Superoxide Anion, $O_2^{\bullet}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide, H_2O_2) ไฮโปคลอรัส (Hypochlorus, HOCl) นอกจากนั้นยังมีกลุ่มของอนุพันธ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Nitrogen Species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (Nitric Oxide, $NO^{\bullet}$) และเปอร์ออกซีไนไตรท์ (Peroxynitrite, $ONOO^{\bullet}$) เป็นต้น ทั้งกลุ่มของ ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย เช่น เกิดที่ไมโตคอนเดรีย โครโมโซม เพอร์รอกโซม โดยเกิดจากระบบการขนส่งอิเล็กตรอน การเกิดเมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Punchard and Kelly, 1996) ที่มาทั้งแหล่งภายนอกร่างกาย ได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น ควันบุหรี่ อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (แก้ได้โดยใส่วิตามินอี ลงไปด้วย) หรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ แสงแดด ความร้อน รังสีแกมมา ยาบางชนิด เช่นดีออกโซรูบิซิน (Doxorubicin) เพนนิซิลลามีน (Penicillamine) พาราเซตามอล (Paracetamol) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachloride, CCl_4) เป็นต้น

ร่างกายก็มีกลไกที่จะกำจัด อนุมูลอิสระ เหล่านี้โดย 2 วิธี คือ ใช้เอนไซม์ต่างๆในร่างกาย เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมัลเทส (Superoxide Dismultase, SOD) และไม่ใช้เอนไซม์ ได้แก่ วิตามินอี (Tocopherol) เบต้าคาโรทีน (Beta-Carotene) และ วิตามินซี เนื่องจากมีผู้สังเกตว่า เอนไซม์ต่างๆที่ใช้กำจัด อนุมูลอิสระ เช่น SOD มีได้จำกัด แต่สารที่เราสามารถทานเสริมได้แก่ วิตามิน อี วิตามิน ซี เบต้าคาโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ในสภาวะ Oxidative Stress คือสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการทำงาน (Inactivation) ของโปรตีน เป็นต้น และพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไขข้ออักเสบ และต้อกระจกเป็นต้น

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ สารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในที่นี้หมายถึง สารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท (Frankel and Meyer, 2000) ได้แก่

1. สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของเอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ คะตาเลส (Catalase) ซุปเปอร์ออกไซม์ดิวมิวเทส (Superoxide Dismutase) และกลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) เป็นต้น

2. สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มวิตามิน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้องงา และวิตามินซีในผลไม้ และผักสด เป็นต้น

3. สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของแร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี ทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ (Co-Factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

4. สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของสารพฤษเคมี (Phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน แซนโทฟิล แทนนิน และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น

2.2.1 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารในกลุ่มเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary Metabolite) ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic Ring) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่นิยมเรียกว่า สารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenol Compound) โดยส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่ละลายน้ำ มักรวมอยู่กับน้ำตาลในรูปไกลโคไซม์ โดนน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) ก็ได้แต่น้ำตาลที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลคือ กลูโคส (Glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลกโตส (Galactose) แรมโนส (Ramnose) ไซโลส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (Glucoronic Acid) กรดกาแลกตูโรนิก (Galacturonic Acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น คาร์บอกซิลิก (Carboxylic Acids) กรดอินทรีย์ (Organic Acids) เอมีน (Amines) และไขมัน (Bravo, 1998) การสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการเพาะปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษาก็ล้วนมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งสิ้น

สารประกอบโพลีฟีนอลิกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids) (Burns *et al.*, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ฟลาโวนอยด์ มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (Flavone) ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ฟลาโวนอล (Flavonol) ฟลาวาโนน (Flavanone) ฟลาวาโนนอล (Flavanonol) ฟลาวานอล (Flavanol) ลูโคแอนโธไซยานิน (Lucoanthocyanin) แอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ชาลโคน (Chalcone) ไดไฮโดรชาลโคน (Dihydrochalcone) ออโรน (Aurone) และแซนโธน (Xanthone)

2. นอนฟลาโวนอยด์ ที่สำคัญได้แก่ กรดฟีนอลิก (Phenolic Acid) ตัวอย่างกรดฟีนอลิกที่พบมากในผลไม้ทั่วไปคือ กรดแกลลิก (Gallic Acid) กรดโปรโตเคทิชิวอิก (Protocatechuic Acid) กรดวานิลิก (Vanillic Acid) กรดพาราคูมาริก (P-Coumaric Acid) กรดเฟอรูลิก(Ferulic Acid) เป็นต้น นอกจากนี้ นอนฟลาโวนอยด์ ชนิดอื่นๆได้แก่ ไฮดรอกซีซินนาเมต (Hydroxycinnamate) สติลบิเนส (Stibinase)

2.2.2 แคปไซซิน (Capsaicin)

สารที่ทำให้เกิดกลิ่นและความเผ็ดร้อน คือ แคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) ซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ คือ แคปไซซิน (Capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsaicin) โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsaicin) ในผลพริกมีปริมาณสารให้ความเผ็ดแตกต่างกันไป

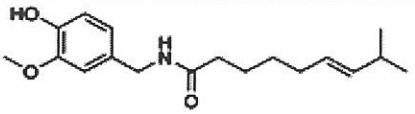
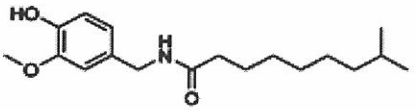
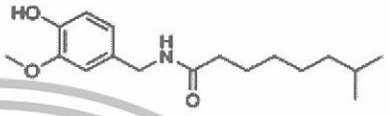
ตารางที่ 1 : ตารางแสดงปริมาณเป็นร้อยละ (%) ของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก

สาร	%
แคปไซซิน	46-47
ไดไฮโดรแคปไซซิน	1-40
นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน	2-11
โฮโมแคปไซซิน	0.6-2
โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน	1-2

จะเห็นว่าแคปไซซินมีปริมาณสูงถึง 46-47%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 : ตารางแสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบพวกแคปไซซินอยด์

ชื่อสาร	สูตรโครงสร้าง
แคปไซซิน	
ไดไฮโดรแคปไซซิน	
นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน	
โฮโมแคปไซซิน	
โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน	

แคปไซซิน(Capsaicin) เป็นสารพวกฟีนอลิกเอไมด์ (Phenolic Amide) (สูตรโมเลกุล $C_{18}H_{27}NO_3$)ชื่อทางการค้าคือ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide แคปไซซินบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผงผลึกไม่มีสี น้ำหนักโมเลกุล 305.4 กรัมต่อโมล จุดเดือด 210 - 220 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ดีในเอทานอล อีเทอร์ และอะซีโตนสารนี้พบมากที่ผนังชั้นใน (inner wall) ของผล ไส้ ผนังกั้นระหว่างเซลล์ และรกของพริก แคปไซซินที่พบในรากจะมีปริมาณร้อยละ 4.72 - 32 ต่อหน่วยน้ำหนักของราก ในพริกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแคปไซซินตั้งแต่ 0-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและถ้าหากพริกใดมีแคปไซซินสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะมีรสเผ็ดร้อนมาก สารให้ความเผ็ดในพริกจะกระจายตัวในส่วนต่างๆของพริกในปริมาณที่ต่างกันโดยจะพบมากในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับไส้ (Disseppiment)มีปริมาณแคปไซซินสูงถึงร้อยละ 89 ของปริมาณทั้งหมดในผลพริก แต่ในเมล็ดพบเพียงร้อยละ 10.8 เท่านั้น ปริมาณแคปไซซินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์พริก ความแก่อ่อน สถานที่ และฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของสารแคปไซซิน

ประโยชน์ทางด้านยาและการแพทย์

1.ช่วยลดอาการปวด โดยพบว่าสารแคปไซซิน จะออกฤทธิ์ที่เซลล์ประสาท โดยไปชะลอการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ที่ปลายประสาท Substance P ที่เกี่ยวข้องกับสมองที่รับรู้การเจ็บปวด

2. ช่วยลดปริมาณสารคอเลสเทอรอล ช่วยป้องกันมิให้ตับสร้างคอเลสเทอรอลชนิดไม่ดี (LDL-Low Density Lipoprotein) ในขณะเดียวกันก็ส่งเสริมให้มีการสร้างคอเลสเทอรอลชนิดดี (HDL-High Density Lipoprotein) สารแคปไซซินช่วยลดการสะสมไขมันลดน้ำหนัก สารแคปไซซินในพริกช่วยเพิ่มการเผาผลาญอาหาร จากการศึกษาในคนพบว่า อาหารรสเผ็ดที่มีสารแคปไซซินอาจช่วยลดปริมาณอาหารที่รับประทานได้ประมาณ 200 กิโลแคลอรี และยังเพิ่มระดับของเอนไซม์ในตับซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำให้ไขมันแตกตัว การช่วยเร่งเมตาบอลิซึม และการสันดาบในร่างกาย รวมทั้งการช่วยใช้พลังงานที่ทำให้น้ำหนักตัวลดลง ซึ่งขณะนี้กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก

คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้ยอมรับ สารแคปไซซินเป็นยาที่ใช้ได้โดยไม่ต้องมีใบสั่งแพทย์ ซึ่งยาดังกล่าวยังใช้ได้สำหรับอาการปวดเรื้อรัง ผลการทดลองทางคลินิกพบว่า 50%ของผู้ใช้สารแคปไซซินเป็นประจำ นาน4-5เดือน ในรูปครีมที่ใช้ทาภายนอก จะไม่รู้สึกปวดต่อไปอีก 80% ของผู้ใช้สามารถบรรเทาอาการปวดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ครีม แคปไซซินยังปลอดภัยและมีผลดีต่อการรักษาเรื้อนกวาง สถาบันวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรมได้พัฒนาเจลพริกเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับทาภายนอก มีตัวยาสำคัญคือ สารแคปไซซิน 0.025% ซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างวิจัยผลการรักษาทางคลินิกเพิ่มเติมขณะเดียวกันก็มีจำหน่ายให้แก่ผู้ที่สนใจที่ร้านค้าขององค์การเภสัชกรรม สารแคปไซซินทำให้เส้นประสาทความรู้สึกชาลงและทำให้ไร้ชีวิตชีวาบรรเทาความปวด

ประโยชน์ทางด้านการเกษตร

ผลของการใช้สารแคปไซซินของพริกในอาหารไก่เนื้อ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อซาลโมเนลลา (Sallmonella spp.) และช่วยในการกระตุ้นการกินอาหาร

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและการทดลองทางคลินิก

ฤทธิ์ระคายเคือง สารแคปไซซิน 30 % ในน้ำมัน เมื่อทาที่ผิวหนังคน จะทำให้ผิวหนังไหม้หลังการทา 5 นาที ตามด้วย อาการเลือดคั่ง อุณหภูมิที่ผิวหนังเพิ่มขึ้น 2°c นาน 12 ชม. แต่ถ้าทำในรูปของครีม จะมีฤทธิ์ อ่อนกว่ามาก (Anon, 1999)

ฤทธิ์ต่อการดูดซึมไขมันและปริมาณไขมันในตับ การให้พริกและสารแคปไซซินผสมในอาหารให้หนูขาว กิน ทำให้ระดับ ไขมันลดต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในตับ เพราะไปทำให้น้ำย่อยที่สังเคราะห์ ไขมันลดลง จึงลดการสังเคราะห์ไขมัน งานวิจัยของโยชิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โอกาและคณะศึกษาผลต่อการเผาผลาญอาหารและการใช้พลังงาน โดยการเติมพริกแดงในอาหารที่มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูง พบว่าการเติมพริกแดงในอาหารทั้งสองประเภทนั้นจะช่วยเร่งกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้ระบบการเผาผลาญพลังงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (นพ.วรวุฒิ, 2546)

ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย สารแคปไซซินมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียหลายชนิด เช่น บาซิลัส (Bacillus Cereus) และ B.subtilis แต่ไม่มีผลต่อสเตปโตคอคคัส (Staphylococcus aureus) และอีโคไล (Escherichia coli) (ผศ.นัฏฐา, 2543)

ฤทธิ์ต่อระบบการหายใจ สารแคปไซซินทำให้เกิดการไอ การหดเกร็งและการอักเสบของทางเดินหายใจ และสามารถกระตุ้น การหลั่งน้ำมูก

2.2.3 ไดฟีนิลไพคริลไฮดราซิล

ไดฟีนิลไพคริลไฮดราซิล หรือ DPPH (2,2-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่ให้สีม่วงเมื่อละลายในเอทานอลจึงสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร เมื่อ DPPH รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจน สีม่วงจะจางลง แสดงว่าสารชนิดนั้นมีสารประกอบที่สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยไปกำจัดอนุมูลอิสระ

2.2.4 ไตรไพริดิลเอสไตรเอซีน

ไตรไพริดิลเอสไตรเอซีน หรือ TPTZ (2,4,6-Tris(2-Pyridyl)-S-Triazine) เป็นส่วนประกอบของ FRAP Reagent ซึ่งประกอบด้วยของอะซิเตต บัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ โดยที่ TPTZ จะไม่ทำปฏิกิริยากับ เฟอร์ริก(Fe^{3+}) แต่จะทำปฏิกิริยากับ เฟอร์รัส (Fe^{2+}) หาก เฟอร์ริก(Fe^{3+}) ถูกรีดิวซ์โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในสารนั้นๆกลายเป็น เฟอร์รัส (Fe^{2+}) ก็จะสามารถทำปฏิกิริยากับ TPTZ ได้เป็นสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินภายใต้สภาวะที่เป็นกรด และสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Deepa, Charanjit Kaur, Binoy George, Balraj Singh, H.C. Kapoor, 2005

ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในพริกพันธุ์ต่างๆขณะที่มีการเจริญเติบโต

Antioxidant constitutents in some sweet pepper (*Capsucum annuum* L.) genotype during maturity

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงปริมาณที่เปลี่ยนแปลงของ สารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด(Total Antioxidant), ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity,AOX) คาโรทีนอยด์ (Carotenoid) แคปไซซิน(Capsaicin) และกรดแอสคอร์บิก(Ascorbic acid) ที่อยู่ในพริกพันธุ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107802

โดยศึกษาการเจริญเติบโตของพริกแต่ละพันธุ์ สามช่วงคือ ช่วงที่พริกมีสีเขียว, ช่วงที่พริกเริ่มเปลี่ยนสี และ ช่วงที่พริกเปลี่ยนเป็นสีแดง หรือ สีเหลือง เป็นช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโต ซึ่งข้อมูลที่ศึกษาจะวัดออกมาเป็นน้ำหนักของปริมาณสารเทียบกับน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของพริก

สำหรับการทดลองนี้จะศึกษาพันธุ์พริกทั้งหมด 10 พันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีสีในช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่แตกต่างกันต่างกัน แล้วแต่สายพันธุ์ โดยพันธุ์พริกต่างๆที่นำมาทดลองนำมาจากประเทศฮอลแลนด์ อิสราเอล สหรัฐอเมริกาและอินเดีย

ตารางที่ 3 : ตารางแสดงสีของพริกแต่ละพันธุ์

พันธุ์พริก	สีของพริกช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่
Mazuka (Dutch)	Red
Parker(Dutch)	Red
Torker (Dutch)	Red
Anupam (India)	Red
HA -1195 (Israel)	Red
HA -1038 (Israel)	Red
Flamingo (the USA)	Red
Fiesta(Dutch)	Yellow
Tanvi (India)	Yellow
Golden Summer (India)	Yellow

การเก็บตัวอย่างงพริก จะทำการเก็บแต่ละพันธุ์ทุกช่วงการเจริญเติบโต ครั้งละประมาณ 1 กิโลกรัม จากนั้นบรรจุในถุงพอลีเอทิลีน (polyethylene) แล้วนำไปแช่เย็นจนกว่าจะเก็บครบทุกช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งหลังจากเก็บพริกครบแล้ว ทำ IARI ประมาณ 15 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสตลอดการทดลอง แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณ แคปไซซิน โดยตรวจหาปริมาณแคปไซซินภายในหนึ่งเดือนหลังจากเก็บตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจหาปริมาณของแคปไซซิน

ปริมาณแคปไซซินจะตรวจวัดโดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทริก (spectrophotometric) วัดปริมาณสารละลายที่เป็นสีฟ้า ที่เกิดจากการ ทำปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ระหว่าง แคปไซซินกับกรดฟอสฟอโมลิบดิก (phosphor molybdic acid) และนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 nm. ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.4% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (4 %NaOH 5 ml) กับสารละลายกรดฟอสฟอโมลิบดิก เข้มข้น 3 % ปริมาตร 3 มิลลิลิตร(3% phosphomolybdic acid 3 ml) เป็นรีเอเจนต์ แบลงค์ (reagent blank) สำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน และทำการคำนวณกราฟมาตรฐาน ตรวจวัดออกมาในหน่วย μg ต่อน้ำหนักเปียกหรือน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง 100g

เมื่อทำการศึกษาโดยเปรียบกับน้ำหนักเปียกของพริกพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นขณะที่พริกมีการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารกับน้ำหนักแห้งของพริกพบว่าสารฟีนอลิกมีปริมาณลดลงเมื่อพริกเจริญเติบโตขึ้นจนกระทั่งพริกเปลี่ยนเป็นสีแดง ซึ่งทำการศึกษาพันธุ์ Parker, Tordel, HA-1038 และ Flamingo ในช่วงที่พริกเปลี่ยนสีขั้นสุดท้าย พบว่าพันธุ์ Flamingo และ พันธุ์ Golden Summer มีปริมาณสารฟีนอลิกมากที่สุด คือ 852.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 720.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และเมื่อศึกษาพันธุ์พริกทั้งหมดพบว่า ส่วนใหญ่จะมีปริมาณแคปไซซินลดลง ในขณะที่ คาโรทีนอยด์และ เบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น สำหรับพันธุ์ Anupam ศึกษาทั้งปริมาณคาโรทีนอยด์และเบต้าแคโรทีน เมื่อศึกษากรดแอสคอร์บิกพบว่ามีปริมาณลดลงเมื่อพริกมีการเจริญเติบโตจนถึงขั้นที่พริกเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่ง ทำการศึกษาพันธุ์ HA-1038 ในพริกเขียว พบกรดแอสคอร์บิกมากที่สุดคือ 3030 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และสำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อพริกมีการเจริญเติบโตขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี อุปกรณ์และสถานที่

3.1.1 สารเคมี

1. สารมาตรฐานแคปไซซิน (Capsaicin, $C_{18}H_{27}NO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
2. กรดฟอสฟอโมลิบดิก (Phosphomolybdic acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัทFlucka
4. เอทานอล 95% (v/v) (Ethanol, C_2H_5OH)
5. Folin-Ciocalteu Reagent เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
6. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate, Na_2Co_3) บริษัทFlucka
7. กรดแกลลิก (Gallic Acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Flucka
8. ไดฟีนิลไพคริลไฮดราซิล (DPPH, 2,2-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
9. โซเดียมอะซิเตต (Sodium Acetate) บริษัท Flucka
10. กรดแกลเซียลอะซิติก (Galcial Acetic Acid) บริษัท Flucka
11. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid, HCl) บริษัท Flucka
12. ไตรไพริดิลเอสไตรเอซีน (TPTZ, 2,4,6-Tris(2-Pyridyl)-S-Triazine) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
13. สารมาตรฐานวิตามินซี เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
14. สารมาตรฐาน โทรอกซ์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Sigma
15. น้ำกลั่น

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องยูวี- วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น 160A บริษัท SHIMADZU
2. เครื่องอังความร้อนด้วยน้ำมัน (Oil Bath)
3. เทอร์โมคับเปิ้ล (ชนิด J)
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. เครื่องวัด a_w รุ่น Model Series 3 TE บริษัท Aqurlab
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก ดิจิตอล ยี่ห้อ Yamato รุ่น HB – 120 (ค่าความละเอียด = 0.0001 กรัม)
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก รุ่น DX 3000 บริษัท SHIMADZU
8. เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Dako รุ่น SK – 210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio รุ่น HS – 5

10. เครื่องปั่นละเอียด (Homogenizer)

11. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) พร้อมหลอด

12. เครื่องผสม (Vortex mixer)

13. ไมโครปิเปต ขนาด 500 200 และ 100 ไมโครลิตร

14. เครื่องแก้ว

15. ช้อนตักสาร

3.1.3 สถานที่ดำเนินการวิจัย

ตึกเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร และ ตึกจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. สืบค้นแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหาวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม

3. เตรียมสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือ

4. เตรียมสารละลาย และสารละลายตัวอย่าง

5. ตรวจวัดปริมาณสารละลายมาตรฐานชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน และสร้างกราฟมาตรฐาน

6. ตรวจวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากเครื่องแกงแดง ที่ผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ

7. การประเมินผลโดยใช้หลักทางสถิติและสรุปผล

8. เขียนรายงานการวิจัย

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายกรดฟอสฟอโมลิบดิก เข้มข้น 3% (w/v)

ชั่งกรดฟอสฟอโมลิบดิก 3 กรัมละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตรจะได้สารละลายกรดฟอสฟอโมลิบดิกเข้มข้น 3 % (w/v)

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.4 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 0.4 กรัมละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตรจะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.4% (w/v)

3. สารละลายเอทานอล 80% (v/v)

ใช้เอทานอล 95% (v/v) ปริมาตร 840 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตรจะได้สารละลายเอทานอล 80% (v/v)

4. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 10% (v/v)

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนตมา 10 กรัมละลายด้วยน้ำกลั่น ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 10 % (w/v)

5. สารละลายกรดแกลลิก เข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

6. สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์

ใช้ DPPH 0.0158 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95% (v/v) ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์

7. สารละลายเอทานอล 40% (v/v)

ใช้สารละลายเอทานอล 80% (v/v) ปริมาตร 250 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายเอทานอล 40% (v/v)

8. สารละลายอะซิเตต บัฟเฟอร์ pH 3.6 เข้มข้น 0.1 โมลาร์

ชั่งโซเดียมอะซิเตต 3.1 กรัม ผสมกับแกลเซียลอะซิติก 16 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 3.6 เข้มข้น 0.1 โมลาร์

9. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

ปิเปตสารสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 37% (v/v) ปริมาตร 3.91 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

10. สารละลาย TPTZ เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

ชั่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลาย TPTZ เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์

11. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์

ชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ 2.7 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. FRAP Reagent

ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตตบัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.2.1 วัตถุดิบในการทดลอง

ในการทดลองใช้น้ำพริกแกงแดงสดซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากห้างหุ้นส่วนจำกัดน้ำพริกแม่ศรี ขนส่งจากแหล่งผลิตมายังภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แล้วนำมาเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการทดลอง

ส่วนประกอบของพริกแกงแดง

ส่วนผสมที่สำคัญ

1. พริกแห้ง	35 %
2. กระเทียม	30 %
3. ตะไคร้	15 %
4. ข่า	10 %
5. หอมแดง	5 %
6. เกลือ	2 %
7. เครื่องเทศอื่นๆ	3 %

3.3.2.2 การสุ่มตัวอย่าง

1. นำน้ำพริกแกงแดงสดแช่เย็นออกมาตั้งทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

2.ทำการสุ่มตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงสดที่ได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารแคปไซซิน สารประกอบพอลิฟีนอลทั้งหมดและศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

3. นำน้ำพริกแกงแดงสดจากข้อที่ 1 มาบรรจุในภาชนะบรรจุอ่อนตัว : ปริมาณในการบรรจุเท่ากับ 100 กรัมต่อถุง จำนวน 150 ถุง แล้วทำการปิดผนึกถุงด้วยวิธีสุญญากาศ

3.3.2.3 การให้ความร้อน

1. นำน้ำพริกแกงแดงที่บรรจุในภาชนะอ่อนตัวไปให้ความร้อนในเครื่องอังความร้อนด้วยน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 5 ค่า (60, 75, 90, 105, 120 องศาเซลเซียส) ในช่วงเวลาที่ให้ความร้อนต่างกัน 6 ช่วงเวลา ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการทดลองที่อุณหภูมิและช่วงเวลาต่างกัน โดยทดลอง 2 ซ้ำ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพที่ชัดเจน

3. เมื่อให้ความร้อนได้ตามอุณหภูมิและช่วงเวลาที่กำหนดไว้แล้ว จะลดอุณหภูมิของตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนทันที โดยแช่ลงในถังพลาสติกขนาดใหญ่ ซึ่งบรรจุน้ำแข็งจนอุณหภูมิใจกลางภาชนะบรรจุอ่อนตัวต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์เพื่อตรวจวัดคุณภาพ

3.3.2.4 การสกัดสารตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการให้ความร้อน อุณหภูมิต่างกัน 5 ค่า (60, 75, 90, 105, 120 องศาเซลเซียส) ในช่วงเวลาที่ให้ความร้อนต่างกัน 6 ช่วงเวลา ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที) 1 กรัมมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 80% (v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องปั่นละเอียด เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 8,000 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายที่สกัดได้นี้เทใส่ขวดสีชาเล็กๆ (Vial) เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน สารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งการสกัดตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ และช่วงเวลาหนึ่ง จะทำ 3 ซ้ำ และทำการสกัดตัวอย่างที่ไม่ผ่านความร้อนด้วยวิธีเดียวกัน เพื่อทำชุดควบคุม

3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน

การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินจะใช้วิธีที่รายงานโดย N. Deepa., et al., 2007 โดยสารแคปไซซินจะทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอโมลิบดิกเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำเงินใสและคงตัวอยู่ได้ในสภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตร

3.3.3.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแคปไซซิน

1. เตรียมสารละลายสต๊อกของ แคปไซซินเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

โดยชั่งสารมาตรฐานแคปไซซิน 40 มิลลิกรัมละลายด้วยสารละลายเอทานอล 80% (v/v) ในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตรปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายสต๊อกของแคปไซซินความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

โดยปิเปตสารละลายสต๊อก มา 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายเอทานอล 80% (v/v)ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดวัดปริมาตรจะได้สารละลายมาตรฐานแคปไซซิน ที่มีความเข้มข้น 80, 160, 240, 320, 400, 480, 560, 640, 720 และ 800 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปิเปตสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตรจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.4% (w/v) ปริมาตร 5 มิลลิลิตรและสารละลายกรดฟอสฟอโมลิบดิก 3% (w/v) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

4. นำสารละลายมาตรฐานแคปไซซินแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร

3.3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในตัวอย่าง

1. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ (ในข้อ 3.3.2.4) ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.4 % (w/v) ปริมาตร 5 มิลลิลิตรและสารละลายกรดฟอสฟอโมลิบดิก 3% (w/v) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร วัดเทียบกับสารละลายแบลงค์ ซึ่งเตรียมได้จากสารละลายทุกชนิดที่ได้ในข้อ 1 แต่ไม่เติมสารตัวอย่าง

3. ปริมาณแคปไซซิน สามารถคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานแคปไซซิน

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจะใช้วิธีที่รายงานโดย. N. Deepa., et al.(2007)โดยที่สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu Reagent เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน

3.3.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก เข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.15, 0.20, 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

3. เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 10% (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารตัวอย่าง

1. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ (ในข้อ 3.3.2.4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองแล้วปิเปตน้ำกลั่นเติมลงไปอีก 9.5 มิลลิลิตร จะได้ปริมาตรรวม 10 มิลลิลลิตร

2. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10% (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์

3.3.5. การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง

3.3.5.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำได้โดยใช้สารอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีที่รายงานโดย Murakami et al., (2004) มีหลักการคือ สารละลายอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีที่ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ (ในข้อ 3.3.2.4) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายเอทานอล เข้มข้น 40% (v/v) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ปริมาตรรวมทั้งหมดเป็น 5.2 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีควรเก็บไว้ในที่มืด

4. วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล เข้มข้น 80% (v/v) เป็นแบลงค์

5. คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับ ชุดควบคุม(control) ซึ่งเตรียมจากสารละลายทุกชนิดเหมือนข้อ 1 แต่ตัวอย่างที่สกัดได้ เป็นตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน

3.3.5.2. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก จะใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain (1999) มีหลักการคือ สารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างสารสกัดมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินภายใต้สภาวะที่เป็นกรด และสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2.1. การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ความเข้มข้น 3, 6, 9, 12, 15, 18 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย FRAP Reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

3. ผสมให้เข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

5.เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับปริมาณวิตามินซี

3.3.5.2.2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรอกซ์ใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 6, 12, 18, 24, 30 และ 36 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

3.3.5.2.3. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

1. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ (ในข้อ 3.3.2.4) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

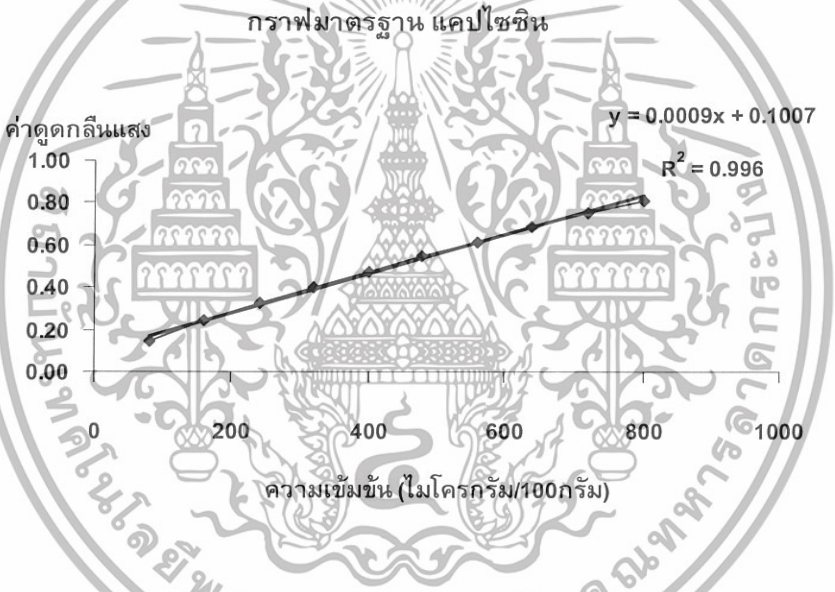
5. การคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัด สมมูลกับวิตามินซี หรือ โทรอกซ์ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานวิตามินซีและกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแคปไซซิน

กราฟมาตรฐานแคปไซซินเตรียมได้จาก การนำสารละลายสีน้ำเงินความเข้มข้นต่างๆ ที่ได้จากการนำสารละลายมาตรฐานแคปไซซิน ทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอโมลิบดิก ในสภาวะที่เป็นด่าง มาพลอตกราฟ ระหว่างค่าดูดกลืนแสง และค่าความเข้มข้นของสารละลายสีน้ำเงิน ได้กราฟดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 : กราฟมาตรฐานแคปไซซิน

สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0009x + 0.1007$

และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.996 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน

ตัวอย่างพริกแกงที่นำมาวิเคราะห์ ได้ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ 60, 75, 90, และ 105 องศาเซลเซียส แต่ละอุณหภูมิใช้เวลาต่าง ๆ กัน คือ 10 ,20 ,30 ,40 , 50 และ 60 นาที เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน โดยให้ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดฟอสฟอโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิบดิก และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร

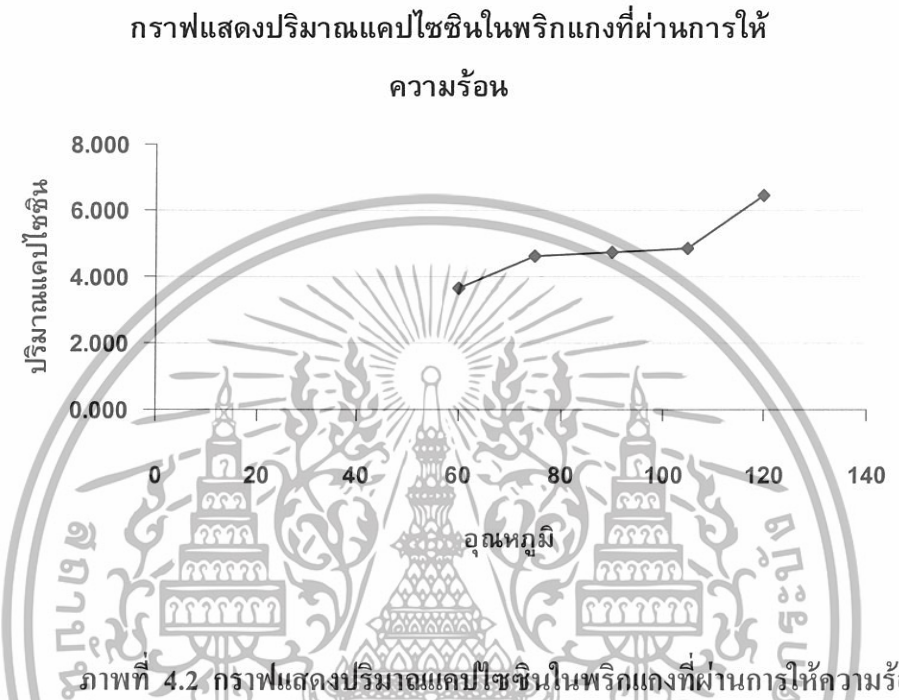
เมื่อนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ เทียบกับกราฟมาตรฐานแคปไซซิน ได้ปริมาณแคปไซซินดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : ปริมาณแคปไซซินในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ และใช้เวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (^{o}C)	เวลา (นาที)	ปริมาณแคปไซซิน (mg/g)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±
control		3.240	0.177
60	10	3.661	0.206
	20	3.591	0.287
	30	4.408	0.206
	40	4.512	0.167
	50	4.601	0.181
	60	4.651	0.022
75	10	4.629	0.189
	20	4.721	0.068
	30	4.836	0.199
	40	5.086	0.155
	50	4.899	0.152
	60	4.533	0.01
90	10	4.629	0.084
	20	4.692	0.131
	30	4.907	0.11
	40	5.162	0.136
	50	4.892	0.131
	60	4.733	0.01
105	10	4.944	0.162
	20	5.114	0.487
	30	5.096	0.346
	40	4.666	0.094
	50	4.807	0.021
	60	4.881	0.084
120	10	5.288	0.115
	20	5.937	0.078
	30	6.199	0.010
	40	6.388	0.100
	50	6.451	0.073
	60	6.455	0.058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำปริมาณแคปไซซินในพริกแกง มาพลอตกราฟกับค่าอุณหภูมิที่ให้ความร้อน จะได้กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคปไซซินดังภาพที่ 4.2

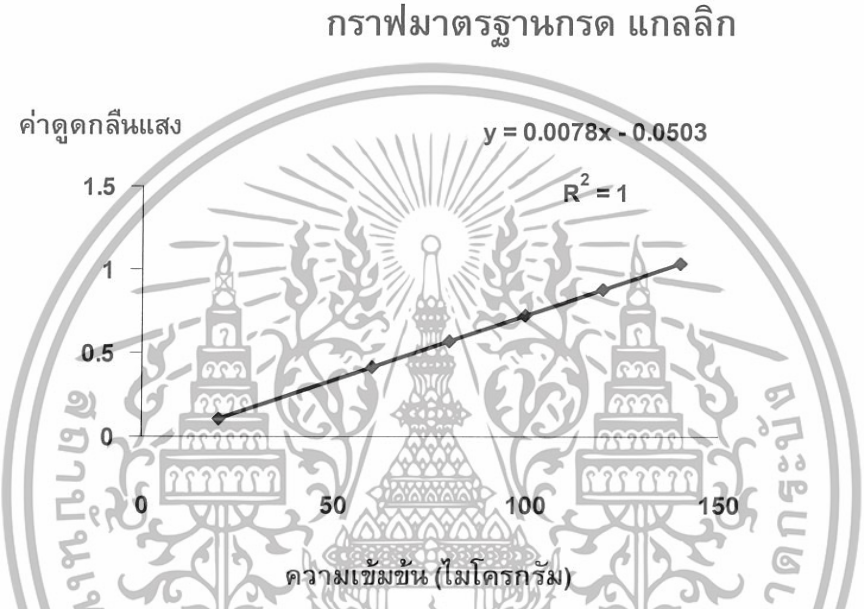


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณแคปไซซินในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก เตรียมได้โดยนำสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้นต่างๆ ทำปฏิกิริยากับ Folin – Ciocalteu และ โซเดียมคาร์บอเนต แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสง กับ ค่าความเข้มข้น มาพลอตกราฟ ได้กราฟมาตรฐานดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 : กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

สมการเส้นตรง คือ y = 0.0078x - 0.0503

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ตัวอย่างพริกแกงที่นำมาวิเคราะห์ ได้ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ 60, 75, 90 และ 105 องศาเซลเซียส แต่ละอุณหภูมิใช้เวลาต่าง ๆ กัน คือ 10 ,20 ,30 ,40 , 50 และ 60 นาที เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยให้ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลายสารละลาย Folin-Ciocalteu และ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

เมื่อนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ เทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดดังตารางที่ 5

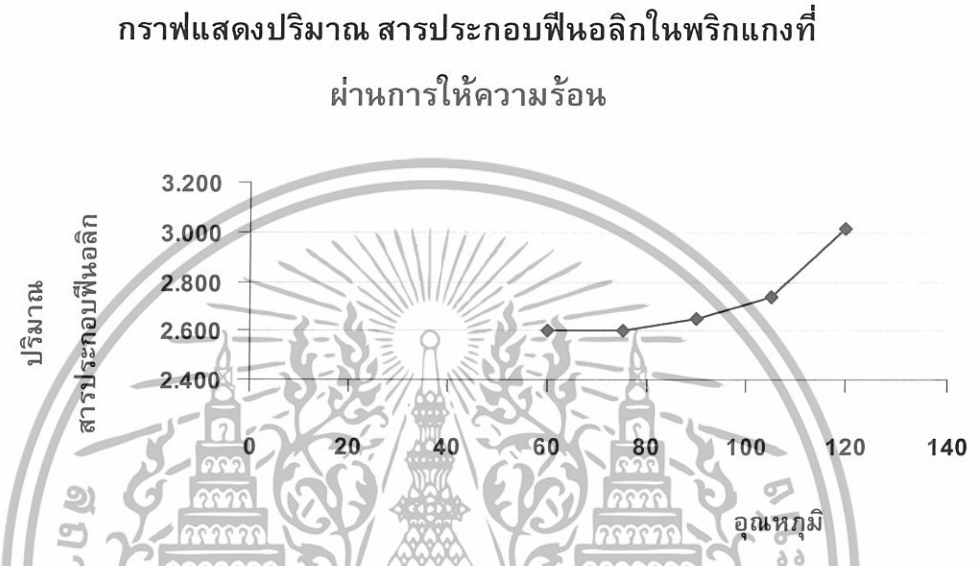
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและใช้เวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพริกแกง (มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±
control		2.511	0.112
60	10	2.602	0.082
	20	2.616	0.023
	30	2.623	0.038
	40	2.682	0.024
	50	2.666	0.014
	60	2.812	0.055
75	10	2.603	0.021
	20	2.632	0.174
	30	2.677	0.079
	40	2.747	0.050
	50	2.775	0.014
	60	2.697	0.104
90	10	2.613	0.000
	20	2.588	0.055
	30	2.658	0.010
	40	2.614	0.020
	50	2.676	0.040
	60	2.651	0.065
105	10	2.585	0.068
	20	2.595	0.084
	30	2.637	0.094
	40	2.651	0.114
	50	2.701	0.070
	60	2.736	0.066
120	10	2.756	0.221
	20	2.797	0.180
	30	2.857	0.119
	40	2.971	0.085
	50	3.003	0.061
	60	3.017	0.193

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำปริมารสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พลอตกราฟกับอุณหภูมิที่ให้ความร้อนจะได้กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อน

4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ วัดจากปริมาณ สารอนุมูลอิสระ DPPH ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับสารสกัดตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กันคือ 60, 75, 90, และ 105 องศาเซลเซียส แต่ละอุณหภูมิใช้เวลาต่าง ๆ กัน คือ 10 ,20 ,30 ,40 , 50 และ 60 นาที ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายแบลงค์ คือ สารละลาย เอทานอลเข้มข้น 80% (v/v) และ% DPPH คิดเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งเตรียมเหมือนกับชุดของสารตัวอย่าง แต่สารสกัดตัวอย่างไม่ผ่านการให้ความร้อน

$$\%\ DPPH = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม} - \text{ค่าดูดกลืนแสงของชุดสารตัวอย่าง}}{\text{ค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

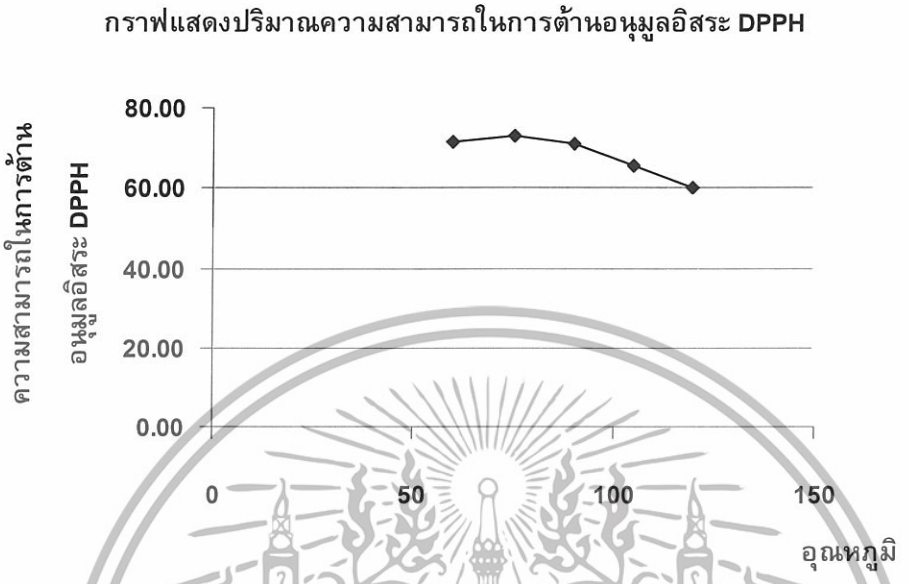
เมื่อนำค่าดูดกลืนแสงของชุดสารตัวอย่าง คำนวณตามสูตรจะได้ % DPPH ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 : ปริมาณเปอร์เซ็นต์ DPPH ในพริกแกงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ และใช้เวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ DPPH ที่เหลือในพริกแกง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\pm$
control		25.65	0.01
60	10	28.29	0.42
	20	26.39	0.88
	30	28.44	0.78
	40	30.98	0.93
	50	31.39	1.31
	60	30.91	0.84
75	10	26.82	0.49
	20	31.13	0.23
	30	29.72	0.92
	40	31.56	0.28
	50	31.62	0.04
	60	30.30	0.08
90	10	26.48	0.65
	20	26.59	0.77
	30	27.66	0.89
	40	27.70	0.80
	50	28.04	1.20
	60	29.02	0.78
105	10	29.12	0.46
	20	29.40	0.31
	30	31.12	0.43
	40	32.05	0.60
	50	33.01	0.42
	60	34.28	0.04
120	10	29.86	0.85
	20	33.39	0.65
	30	34.50	0.86
	40	36.40	0.69
	50	39.46	0.59
	60	39.76	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

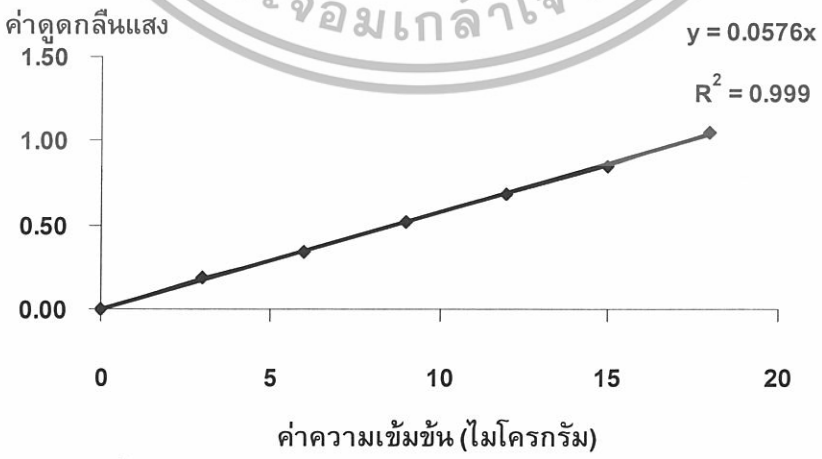
เมื่อนำ % DPPH ที่เหลือในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อน มาคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แล้วพลอตกราฟกับอุณหภูมิที่ให้ความร้อน จะได้กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ %DPPH ที่เหลือ ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 : กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4.6 การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซีเตรียมได้จาก เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ความเข้มข้น 3, 6, 9, 12, 15, 18 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาสารละลาย FRAP Reagent แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตรเมตร จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสง กับ ค่าความเข้มข้น มาพลอตกราฟ ได้กราฟมาตรฐานดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4.6 : กราฟมาตรฐาน วิตามินซี

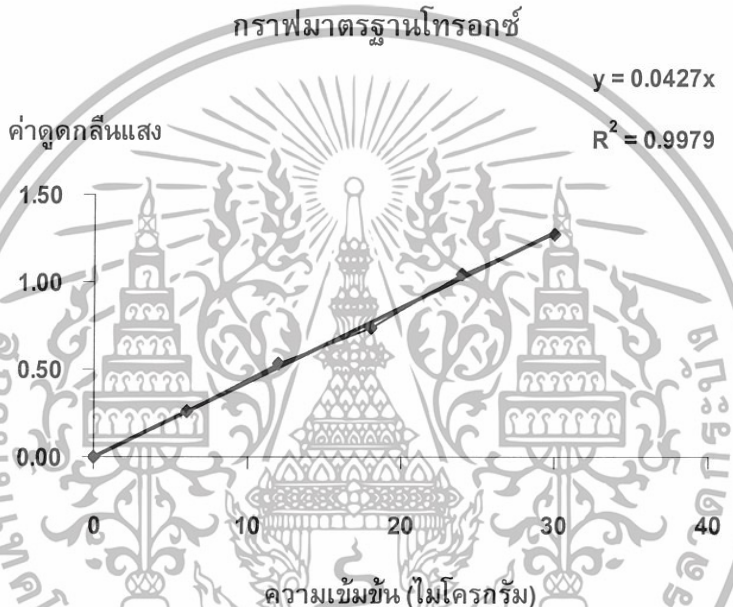
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเส้นตรงคือ y = 0.0576x

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.7 การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรอกซ์ที่มีความเข้มข้น 6, 12, 18, 24, 30 และ 36 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย FRAP reagent แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตรจากนั้นนำค่าดูดกลืนแสง กับ ค่าความเข้มข้น มาพลอตกราฟ ได้กราฟมาตรฐานดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4.7 : กราฟมาตรฐานโทรอกซ์

สมการเส้นตรงคือ y = 0.0427x

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.9979 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

ตัวอย่างพริกแกงที่นำมาวิเคราะห์ ได้ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ 60, 75, 90, และ 105 องศาเซลเซียส แต่ละอุณหภูมิใช้เวลาต่าง ๆ กัน คือ 10 ,20 ,30 ,40 , 50 และ 60 นาที เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสกัด โดยเตรียมจากสารละลายที่สกัดได้ ทำปฏิกิริยากับสารละลาย FRAP reagent แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสกัดเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี

เมื่อนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ มาเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี ได้ปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 : แสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน วิตามินซี

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เมื่อเทียบกับมาตรฐาน วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±
control		1.11	0.21
60	10	1.49	0.18
	20	1.48	0.16
	30	1.50	0.26
	40	1.47	0.32
	50	1.51	0.31
	60	1.60	0.28
75	10	1.80	0.27
	20	1.85	0.35
	30	1.90	0.35
	40	1.89	0.33
	50	1.87	0.34
	60	1.82	0.33
90	10	1.56	0.15
	20	1.55	0.09
	30	1.61	0.11
	40	1.60	0.15
	50	1.57	0.08
	60	1.61	0.11
105	10	13.19	14.60
	20	16.57	14.80
	30	20.52	17.40
	40	24..21	20.84
	50	27.81	25.91
	60	31.44	30.08
120	10	1.85	0.16
	20	2.00	0.15
	30	2.07	0.16
	40	2.46	0.19
	50	2.30	0.22
	60	2.32	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.2 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสกัดเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

เมื่อนำค่าดูดกลืนแสง มาเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ได้ปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกดังตารางที่ 4.8.2

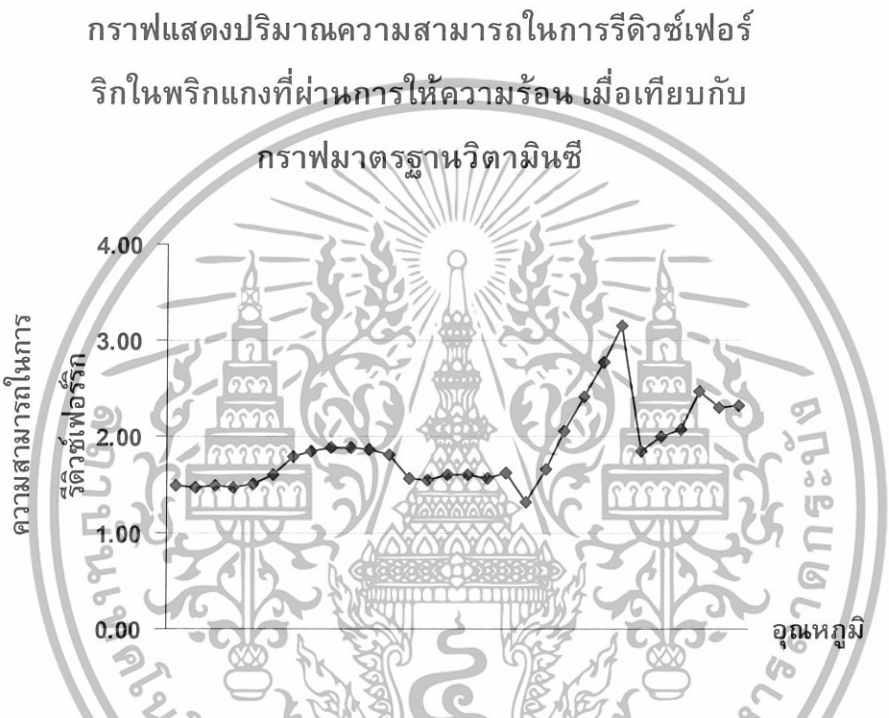
ตารางที่ 8 : แสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ (มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±
control		1.33	0.11
60	10	1.81	0.06
	20	1.80	0.12
	30	1.81	0.06
	40	1.76	0.21
	50	1.81	0.17
	60	1.93	0.13
75	10	2.18	0.30
	20	2.25	0.53
	30	2.31	0.53
	40	2.30	0.46
	50	2.28	0.55
	60	2.21	0.45
90	10	1.90	0.16
	20	1.90	0.23
	30	1.96	0.23
	40	1.95	0.19
	50	1.93	0.31
	60	1.97	0.23
105	10	1.95	0.12
	20	1.97	0.14
	30	2.07	0.16
	40	2.17	0.21
	50	2.19	0.28
	60	2.29	0.35
120	10	2.25	0.16
	20	2.44	0.21
	30	2.54	0.38
	40	2.82	0.30
	50	2.81	0.40
	60	2.82	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากพริกแกงแดงเป็นของผสม จึงไม่สามารถระบุชนิดและปริมาณของสารที่รีดิวซ์เฟอร์ริกได้แน่นอน การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกจึงทำการวิเคราะห์จากกราฟมาตรฐานสองชุด คือ กราฟมาตรฐานวิตามินซี และ กราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ซึ่งเป็นสารรีดิวซ์เฟอร์ริกที่มีอยู่ในธรรมชาติ และ นิยมนำมาวิเคราะห์

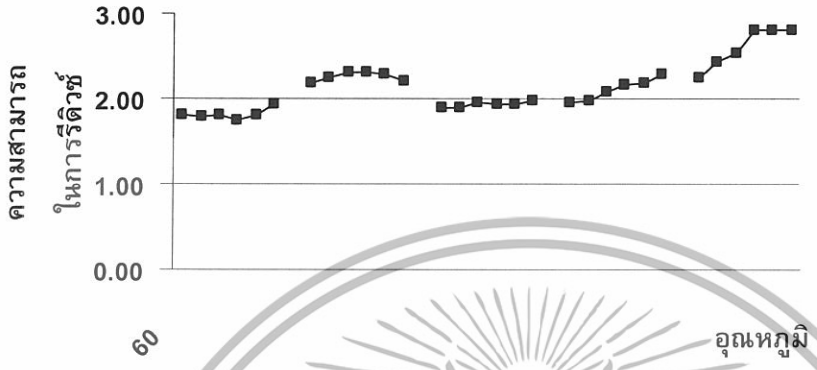
เมื่อนำปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก พลอตกราฟกับอุณหภูมิที่ให้ความร้อน จะได้กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกดังภาพที่ 4.8.1 และ 4.8.2



ภาพที่ 4.8 : กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อน เมื่อเทียบ กับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในพริกแกงที่ผ่านการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรอกซ์

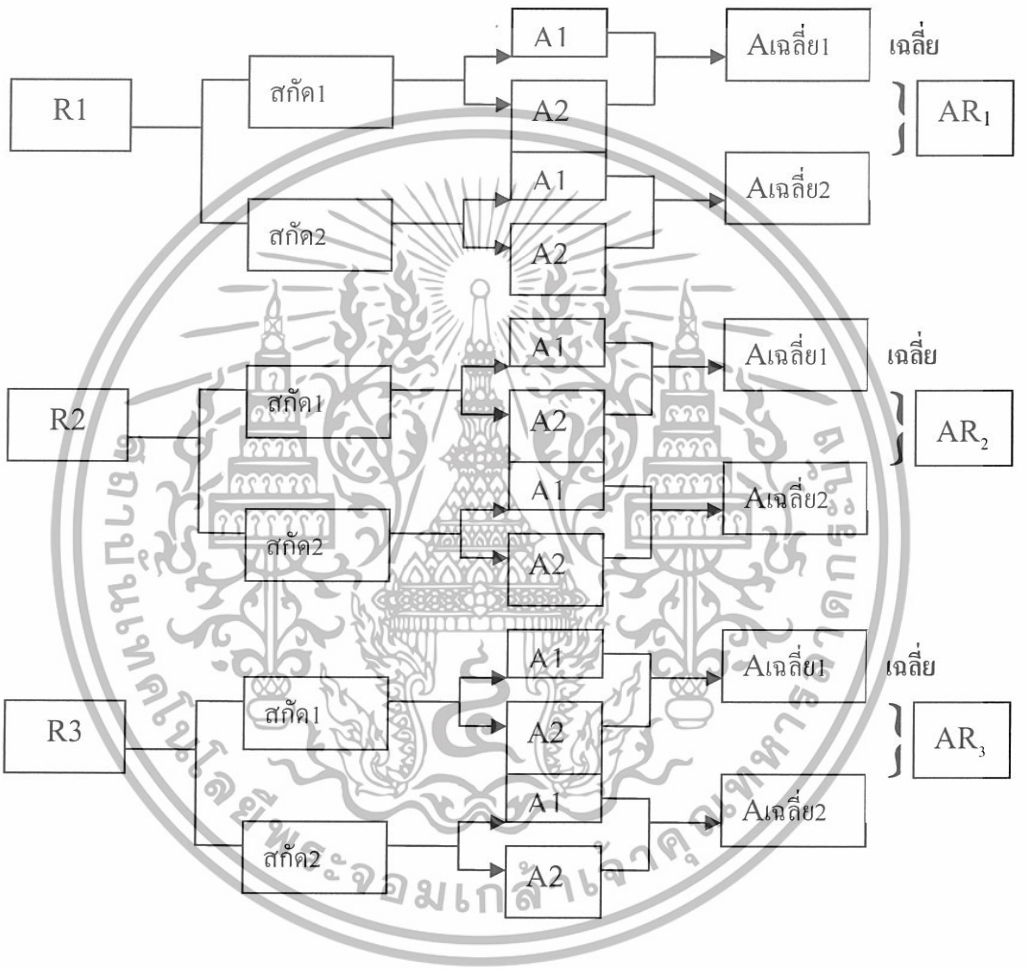
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

สำหรับการวิเคราะห์ โดยให้ความร้อนกับตัวอย่างพริกแกงแต่ละ 1 อุณหภูมิ และ 1 ช่วงเวลา จะทำซ้ำ 3 ครั้ง แต่ละซ้ำจะทำการสกัด 2 ครั้ง และ วัดค่าดูดกลืนแสงซ้ำ 2 ครั้ง ดังแผนผังการวิเคราะห์

กำหนดให้ R = การให้ความร้อนแต่ละครั้ง

A = การวัดค่าดูดกลืนแสง



นำค่าดูดกลืนแสงแต่ละซ้ำ มาคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามสูตร

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 \frac{1}{n-1}}$$

เมื่อ X_i คือ ค่าดูดกลืนแสงแต่ละครั้ง (AR_1 , AR_2, AR_3)

$\bar{X}$ คือ ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ย 3 ซ้ำ

n คือ จำนวนซ้ำเท่ากับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณแคปไซซินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มและเพิ่มอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ช่วงอุณหภูมิ 60 ถึง 105 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และที่อุณหภูมิสูงกว่า 105 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจจะมีผลมาจาก ปริมาณแคปไซซิน และ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดหลุดออกมาจากพริกแกงได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม

2. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และลดลงเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 105 องศาเซลเซียส เนื่องจากอนุมูลอิสระ DPPH ที่เติมเท่ากันในทุกๆตัวอย่างคงเหลืออยู่มากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในตัวอย่างมีปริมาณลดลง ดังนั้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจึงลดน้อยลงด้วย

3. ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก(Fe^{3+}) เพิ่มขึ้นเมื่อ อุณหภูมิเพิ่ม และเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เนื่องจาก FRAP Reagent ซึ่งมีส่วนประกอบของ TPTZ และเฟอร์ริก (Fe^{3+}) โดยที่ TPTZ จะไม่ทำปฏิกิริยากับ เฟอร์ริก(Fe^{3+}) แต่จะทำปฏิกิริยากับ เฟอร์รัส (Fe^{2+}) หาก เฟอร์ริก(Fe^{3+}) ถูกรีดิวซ์โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในตัวอย่างกลายเป็น เฟอร์รัส (Fe^{2+}) ก็จะสามารถทำปฏิกิริยากับ TPTZ ได้เป็นสารเชิงซ้อนสีน้ำเงิน พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเฟอร์ริก(Fe^{3+}) ถูกรีดิวซ์เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ได้มากขึ้น เมื่อทำปฏิกิริยากับ TPTZ สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้มากขึ้น แสดงว่าสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

แสดงว่าความร้อนทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหลุดออกมาจากพริกแกงได้มากขึ้น รวมทั้งสามารถรีดิวซ์เฟอร์ริกได้มากขึ้น แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. ปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหาร 2. ภาควิชาอุสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ หน้า 93

จารียา ทิพยโอชา. 2535 ตำรากับข้าวปรุงอาหารคาว-หวาน. อำนวยสาส์น การพิมพ์. กรุงเทพฯ หน้า 5-7

ชมพูนุท สีห์โสภณ. [ม.ป.ป.] เอกสารประกอบการเรียนวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ภาควิชาอุสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ทนง ภัครับพันธุ์. 2524. การใช้ความร้อนในขบวนการแปรรูป. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2536. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. อาหาร 23(1) : 46-52

ไพบูรย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532 กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กรุงเทพฯ

เยาวภา หล่อเจริญผล. 2547. ผลของกระบวนการแปรรูปต่อสารให้กลิ่นจากต้มย่ำกึ่งสำเร็จรูป. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. เครื่องเทศ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

นิรนุช หอมรัตน์. "ศึกษาผลของวิธีการผลิตที่มีต่อคุณภาพของพริกแกง" [Online]. Available : http://www-ang.kfunigraz.ac.at./~katzer/engl/generic frame.html. 2005.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. **พืชเครื่องเทศสมุนไพร.** โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** ท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น. กรุเทพฯ.

สมสกุล ธรรมวิจิตร, Keiko Kataoka, อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ และ Yoshinari Ohnishi. 2542. ผลของสารเคมีที่พบในตะไคร้ต่อเอนไซม์ที่ใช้เมตาบอลิสม์สารพิษในตับ ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนูขาว. **เชียงใหม่เวชสาร.** 38(1-2) : 13-20.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2525. **น้ำพริกแกง.** มอก.429-2525.

อังค์วรา. อาหารต้านโรค . 2542. ไพลินสีน้ำเงิน จัดทำโดย : ชมรมสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางแสดงค่าดูดกลืนแสงเมื่อวัดปริมาณ แคปไซซิน และ DPPH

อุณหภูมิ C	เวลา นาที	ซ้ำ	ค่าดูดกลืนแสง	
			แคปไซซิน	DPPH
				0.930
control		1	0.254	0.691
		2	0.239	0.691
		3	0.247	0.691
60	10	1	0.275	0.663
		2	0.256	0.671
		3	0.265	0.667
	20	1	0.275	0.676
		2	0.249	0.693
		3	0.262	0.684
	30	1	0.308	0.658
		2	0.290	0.673
		3	0.299	0.665
	40	1	0.311	0.633
		2	0.296	0.650
		3	0.304	0.642
	50	1	0.316	0.626
		2	0.300	0.650
		3	0.308	0.638
	60	1	0.320	0.634
		2	0.300	0.650
		3	0.310	0.642
75	10	1	0.317	0.676
		2	0.301	0.685
		3	0.309	0.680
	20	1	0.316	0.638
		2	0.310	0.642
		3	0.313	0.640
	30	1	0.327	0.645
		2	0.309	0.662
		3	0.318	0.653
	40	1	0.337	0.634
		2	0.323	0.639
		3	0.330	0.636
	50	1	0.328	0.635
		2	0.314	0.636
		3	0.321	0.636
	60	1	0.305	0.647
		2	0.304	0.649
		3	0.305	0.648

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ซ้ำ	แคปไซซิน	DPPH
90	10	1	0.313	0.677
		2	0.305	0.690
		3	0.309	0.683
	20	1	0.318	0.675
		2	0.306	0.690
		3	0.312	0.682
	30	1	0.326	0.664
		2	0.317	0.681
		3	0.322	0.673
	40	1	0.339	0.665
		2	0.327	0.680
		3	0.333	0.672
	50	1	0.327	0.658
		2	0.315	0.680
		3	0.321	0.669
	60	1	0.314	0.653
		2	0.313	0.667
		3	0.314	0.660
105	10	1	0.330	0.655
		2	0.316	0.663
		3	0.323	0.659
	20	1	0.353	0.654
		2	0.309	0.659
		3	0.331	0.656
	30	1	0.346	0.636
		2	0.314	0.644
		3	0.330	0.640
	40	1	0.315	0.626
		2	0.306	0.637
		3	0.311	0.632
	50	1	0.318	0.619
		2	0.316	0.627
		3	0.317	0.623
	60	1	0.324	0.611
		2	0.317	0.611
		3	0.320	0.611

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ซ้ำ	แคปไซซิน	DPPH
120	10	1	0.32	0.63
		2	336	0.66
		3	0.321	0.62
	20	1	0.44	0.6
		2	0.533	0.68
		3	0.532	0.61
	30	1	0.561	.662.69
		2	0.56	0.68
		3	0.56	0.551
	40	1	0.569	0.558
		2	0.578	0.592
		3	0.572	0.59
	50	1	.530.	0.591
		2	.5.74	0.596
		3	0.556	0.599
	60	1	0.554	0.6
		2	0.55	0.61
		3	0.559	0.603

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าดูดกลืนแสง เมื่อวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

อุณหภูมิ (C°)	เวลา (นาที)	ซ้ำ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	FRAP	
				วิตามินซี	โทรอกซ์
control		1	0.596	0.381	0.308
		2	0.595	0.258	0.262
		3	0.595	0.320	0.285
60	10	1	0.594	0.481	0.400
		2	0.592	0.380	0.374
		3	0.597	0.430	0.387
	20	1	0.593	0.471	0.408
		2	0.592	0.381	0.359
		3	0.592	0.426	0.384
	30	1	0.584	0.508	0.398
		2	0.588	0.356	0.373
		3	0.581	0.432	0.385
	40	1	0.586	0.515	0.419
		2	0.585	0.330	0.332
		3	0.587	0.422	0.376
	50	1	0.562	0.523	0.422
		2	0.561	0.344	0.349
		3	0.561	0.433	0.386
	60	1	0.596	0.543	0.439
		2	0.595	0.380	0.385
		3	0.595	0.461	0.412
75	10	1	0.591	0.596	0.530
		2	0.59	0.438	0.400
		3	0.588	0.517	0.465
	20	1	0.584	0.632	0.594
		2	0.583	0.433	0.368
		3	0.585	0.533	0.481
	30	1	0.573	0.647	0.607
		2	0.574	0.444	0.379
		3	0.577	0.546	0.493
	40	1	0.569	0.641	0.591
		2	0.566	0.450	0.393
		3	0.569	0.545	0.492
	50	1	0.581	0.638	0.604
		2	0.582	0.440	0.371
		3	0.584	0.539	0.488
	60	1	0.594	0.620	0.568
		2	0.594	0.429	0.376
		3	0.592	0.524	0.472

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (C°)	เวลา นาที	ซ้ำ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	FRAP	
				วิตามินซี	โทรอกซ์
90	10	1	0.598	0.492	0.439
		2	0.599	0.406	0.371
		3	0.596	0.449	0.405
	20	1	0.587	0.471	0.455
		2	0.584	0.422	0.356
		3	0.588	0.446	0.405
	30	1	0.594	0.494	0.468
		2	0.592	0.430	0.370
		3	0.595	0.463	0.419
	40	1			
		2	0.585	0.503	0.456
		3	0.588	0.417	0.375
	50	1	0.586	0.460	0.416
		2	0.588	0.474	0.477
		3	0.588	0.429	0.347
	60	1	0.587	0.452	0.412
		2	0.599	0.497	0.469
		3	0.601	0.433	0.373
			0.598	0.465	0.421
105	10	1			
		2	0.597	0.517	0.444
		3	0.598	0.410	0.391
	20	1	0.593	0.463	0.417
		2	0.591	0.513	0.452
		3	0.589	0.421	0.391
	30	1	0.59	0.467	0.422
		2	0.588	0.549	0.476
		3	0.587	0.434	0.409
	40	1	0.588	0.492	0.443
		2	0.572	0.567	0.509
		3	0.571	0.461	0.419
	50	1	0.57	0.514	0.464
		2	0.581	0.598	0.527
		3	0.58	0.442	0.409
	60	1	0.58	0.520	0.468
		2	0.575	0.629	0.564
		3	0.577	0.459	0.415
			0.582	0.544	0.489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (C°)	เวลา นาที	ซ้ำ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	FRAP	
				วิตามินซี	โทรอกซ์
120	10	1	0.589	0.547	0.499
		2	0.588	0.558	0.496
		3	0.588	0.549	0.498
	20	1	0.591	0.556	0.501
		2	0.592	0.552	0.51
		3	0.59	0.55	0.51
	30	1	0.594	0.556	0.521
		2	0.598	0.561	0.523
		3	0.598	0.56	0.523
	40	1	0.601	0.565	0.53
		2	0.612	0.563	0.533
		3	0.61	0.566	0.531
	50	1	0.624	0.58	0.544
		2	0.622	0.571	0.556
		3	0.632	0.502	0.541
	60	1	0.634	0.5	0.562
		2	0.642	0.502	0.533
		3	0.651	0.533	0.553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้