

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของค่า F_0 และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋อง

EFFECT OF F_0 AND RETORT TEMPERATURE ON QUALITY

IN THAI RED CURRY PASTE



เลขที่.....
เลข..... **83039**
วัน,เดือน,ปี..... **31.0.ค. 2551**

b. 11960930
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของค่า F_0 และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋อง

ผู้จัดทำ

นางสาวจิราภา กลั่นหวาน

นางสาวฐปนัท ผึ้งนิล

นางสาวอุษราพรรณ ธงไชย



พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	ผลของค่า F_0 และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋อง	
นักศึกษา	นางสาวจิราภา	กลิ่นหวาน
	นางสาวฐปนัท	ฝั่งนิล
	นางสาวอุษราพรรณ	ธงไชย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2550	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงคุณภาพสูง ที่ยังคงมีสารออกฤทธิ์ที่มีคุณประโยชน์สูง และมีคุณภาพด้านต่างๆเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาพบว่าน้ำพริกแกงแดงหลังการฆ่าเชื้อ ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ ระหว่าง $114-120^{\circ}\text{C}$ และ ค่า F_0 ระหว่าง 6-20 ซึ่งได้วางแผนการทดลอง แบบ CCD (Central Composite Design)พบว่า น้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้น และมีค่าความสว่างลดลง (L^*) สภาวะที่ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นสูงสุด คือการใช้ อุณหภูมิ ต่ำ (114°C) และค่า F_0 สูง (>18) แต่ที่สภาวะนี้ยังพบว่าได้น้ำพริกแกงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำพริกแกงแดงมีค่าต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	EFFECT OF F_0 AND RETORT TEMPERATURE ON QUALITY IN THAI RED CURRY PASTE
Students	Miss Jirapha Klanwan Miss Thapanat Fungnin Miss Usarapan Thongchai
Projected Advisor	Asst.prof.Dr.Pimpen Pornchaloempong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic Year	2007

ABSTRACT

The objective of this research is to optimize the heat processing conditions to obtain a healthy substances and also have satisfactory qualities. Response surface methodology with CCD (Central Composite Design) was used to investigated effect of retort temperature between 114-120°C and F_0 value between 6-20 on total phenolic compounds, DPPH radical scavenging activity and Ferric reducing antioxidant power (FRAP). The processed paste had higher total phenolic compounds, DPPH radical scavenging activity and Ferric reducing antioxidant power (FRAP) with lower lightness value (L^*) comparing to the fresh paste. The optimize condition to obtain the maximum total phenolic compounds, DPPH radical scavenging activity and Ferric reducing antioxidant power is processed at low temperature (114°C) and high F_0 value (over 18).

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดใน การให้ความรู้ ความช่วยเหลือ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะตลอดจนติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่ อย่างใกล้ชิดตลอดจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อ. สมัคร รักแม่ ที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆเสมอ มาจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ห้างหุ้นส่วนจำกัด น้ำพริกแม่ศรี ที่กรุณาอนุเคราะห์น้ำพริกแกงแดง เพื่อใช้ในการทดลอง ของคณะวิจัย

นางสาว สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น นักศึกษาปริญญาเอกคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็น ประโยชน์ต่องานวิจัย

เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบังที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือด้านต่างๆเป็นอย่างดี

บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ดูแลช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดมา

เพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ แก่ผู้วิจัยมาตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร.....	3
2.1 น้ำพริกแกงแดง.....	3
2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	10
2.3 สารประกอบฟีนอลิก.....	11
2.4 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....	12
2.5 Response Surface Methodology (RSM).....	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 3.1 ตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง.....	24
3.2 แบบแผนการทดลอง.....	24
3.3 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....	26
3.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำพริกแกงแดง.....	27
3.4.1 การวัดสี.....	27
3.4.2 การสกัดสารจากน้ำพริกแกงแดง.....	28
3.4.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด.....	28
3.4.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	28
3.4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก.....	29
3.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	31
4.1 คุณภาพของน้ำพริกแกงแดงสด.....	33
4.2 ค่าสี ($L^*a^*b^*$).....	33
4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด.....	40
4.4 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH.....	42
4.5 ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก.....	44
4.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	46
4.7 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำพริกแกงแดง.....	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	54
ภาคผนวก ก.....	55
ภาคผนวก ข.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าของ code level ใน Central composite design (2 ปัจจัย).....	21
ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ CCD (Central composite design).....	25
ตารางที่ 3.2 แผนมาตรฐานการจัดตัวอย่าง BIB ประเภทที่ 2.....	30
ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อของการทดลองที่สภาวะ.....	31
ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์สมการแบบถดถอย.....	35
ตารางที่ ก.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของน้ำพริกแกงแดงหลังจาก ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามสภาวะต่างๆ.....	62
ตารางที่ ก.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด(TPC), ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(%RSA) และความสามารถ ในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของน้ำพริกแกงแดงหลังจาก ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามสภาวะต่างๆ.....	65
ตารางที่ ก.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารแคปไซซิน	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสาร Allicin.....	6
รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนในลักษณะต่างๆในอาหาร.....	15
รูปที่ 2.4 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุด ในอาหารที่มี การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพา และแบบการนำ.....	17
รูปที่ 2.5 Central composite design.....	20
รูปที่ 3.1 การจัดเรียงกระป๋องน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	26
รูปที่ 3.2 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋องในหม้อฆ่าเชื้อ.....	27
รูปที่ 4.1 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ น้ำพริกแกงแดงที่ค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างๆ.....	32
รูปที่ 4.2 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำพริกแกงแดง ที่ค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างๆ.....	32
รูปที่ 4.3 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	34
รูปที่ 4.4 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	34
รูปที่ 4.5 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีแดง (a^*) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	36
รูปที่ 4.6 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีแดง (a^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลัง ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	37
รูปที่ 4.7 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีเหลือง (b^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	38
รูปที่ 4.8 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแกงแดงค่าของสีเหลือง (b^*) หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	38
รูปที่ 4.9 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่าง รวมของสี (ΔE) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	39
รูปที่ 4.10 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างรวมของสี (ΔE) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลง ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของน้ำพริกแกงแดง หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	41
รูปที่ 4.12	กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด(TPC) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	42
รูปที่ 4.13	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%RSA) ของน้ำพริกแกงแดง หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	43
รูปที่ 4.14	กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ(%RSA) ของน้ำพริกแกงแดง หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	44
รูปที่ 4.15	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าการเปลี่ยนแปลง ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของน้ำพริกแกงแดง หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	45
รูปที่ 4.16	กราฟ 2 มิติ Contour plot ของค่าการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการ รีดิวซ์เฟอร์ริก(FRAP) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	46
รูปที่ 4.17	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาท สัมผัสในด้านสีของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	47
รูปที่ 4.18	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาท สัมผัสในด้านกลิ่นของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	47
รูปที่ 4.19	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาท สัมผัสในด้านรสชาติของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	48
รูปที่ 4.20	กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความชอบโดยรวมของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ.....	48
รูปที่ ก 1	ผลการทดลองที่ 1 ($F_0 = 17.95$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ $119.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	55
รูปที่ ก 2	ผลการทดลองที่ 2 ($F_0 = 17.95$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ $114.9\text{ }^{\circ}\text{C}$) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	55
รูปที่ ก 3	ผลการทดลองที่ 3 ($F_0 = 8.05$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ $119.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	56
รูปที่ ก 4	ผลการทดลองที่ 4 ($F_0 = 8.05$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ $114.9\text{ }^{\circ}\text{C}$)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	56
รูปที่ ก 5 ผลการทดลองที่ 5 ($F_0 = 20$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	57
รูปที่ ก 6 ผลการทดลองที่ 6 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 120°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	57
รูปที่ ก 7 ผลการทดลองที่ 7 ($F_0 = 6$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	58
รูปที่ ก 8 ผลการทดลองที่ 8 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 114°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	58
รูปที่ ก 9 ผลการทดลองที่ 9 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	59
รูปที่ ก 10 ผลการทดลองที่ 10 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	59
รูปที่ ก 11 ผลการทดลองที่ 11 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	60
รูปที่ ก 12 ผลการทดลองที่ 12 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	60
รูปที่ ก 13 ผลการทดลองที่ 13 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ.....	61
รูปที่ ข 1 ชุดตัวอย่างสำหรับชิม.....	71
รูปที่ ข 2 ผู้ชิมประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงลงในใบประเมิน.....	71
รูปที่ ข 3 ตัวอย่างใบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	72

บทที่ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำพริกแกงแดง เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารไทยหลายชนิด เป็นส่วนผสมที่ได้จากการบดผสมสมุนไพรต่างๆ เข้าด้วยกัน สร้างรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์และมีส่วนสำคัญที่ทำให้อาหารไทยได้ชื่อว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากพบว่ามีสารแคปไซซิน (Capsaicin) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ในพริกและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำพริกแกงแดง ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่มีจุดเด่นในแง่ของการป้องกันโรค และจากการค้นคว้างานวิจัยพบว่ากระบวนการให้ความร้อนน่าจะมีส่วนในการทำให้เกิดสารต้านอนุมูลอิสระที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (มรุต และคณะ, 2549)

ในระดับอุตสาหกรรมได้นำน้ำพริกแกงแดงมาแปรรูปด้วยความร้อนสูง เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงสำเร็จรูป ซึ่งการใช้ความร้อนเพื่อการฆ่าเชื้อในระดับการค้า (Commercial Sterilization) ให้สามารถเก็บรักษาได้นานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ต้องใช้อุณหภูมิมากกว่า 100 °C ซึ่งปกติสภาวะที่ผู้ประกอบการใช้ในการฆ่าเชื้ออยู่ในช่วง 116-120 °C เนื่องจากการฆ่าเชื้อจนได้อุณหภูมิตามที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วย

โดยกลยุทธการส่งเสริมการตลาดที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงและอาหารที่มีน้ำพริกแกงแดงเป็นส่วนประกอบ คือการยกระดับให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยต้องเน้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงสรรพคุณของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงแดง โดยอนุมูลอิสระนี้เชื่อว่ามีผลต่อการอักเสบและการทำลายเนื้อเยื่อในระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อความเสื่อมหรือความแก่ของเซลล์ และอาจเป็นการก่อมะเร็ง และโรคหัวใจ โรคข้อกระดูก จากการวิจัยพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้พบว่ามีมากมายที่เป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดง นอกจากนี้ในสมุนไพรต่างๆยังมีสรรพคุณในการละลายลิ่มเลือด ลดความดัน ความสามารถในการชะลอความแก่ความสามารถในการต้านจุลชีพ (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข, 2541) โดยสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงเพื่อยังคงรักษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นจุดขายที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตน้ำพริกแกงแดงคุณภาพสูงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาที่ยังคงสารออกฤทธิ์ที่มีคุณประโยชน์ที่ดีสูงสุดต่อสุขภาพ มีความปลอดภัยและมีคุณภาพด้านต่างๆ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีวัตถุประสงค์เชิงกิจกรรมคือ ศึกษาผลของความร้อนต่อคุณภาพการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งตรวจสอบเพื่อยืนยันผลทางการยอมรับในระดับการค้าด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับกลุ่มผู้ชิมที่ใกล้เคียงกับกลุ่มบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะซื้อจริงเมื่อวางจำหน่ายสินค้า เพื่อให้ได้มาซึ่งกระบวนการผลิตที่ใช้ได้ผลจริงในระดับอุตสาหกรรม เป็นการยกระดับพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำพริกแกงไทยให้มีศักยภาพและคุณภาพสูงขึ้นนอกจากนั้นผลงานวิจัยเชิงวิชาการที่ได้ตีพิมพ์ในระดับนานาชาติจะเป็นการเผยแพร่การประชาสัมพันธ์สร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ตระหนักถึงคุณค่าของสมุนไพรไทยทำให้ขยายตลาดได้อย่างกว้างขวางเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันซึ่งจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋อง

ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาผลจากสภาวะการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่ช่วงอุณหภูมิ ตั้งแต่ 114°C จนถึง 120°C และช่วงค่า F_0 ตั้งแต่ 6 ถึง 20 โดยการใช้แบบแผนการทดลองที่เหมาะสม คือ แบบ CCD (Central composite design) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และค่าสีของน้ำพริกแกงแดงหลังจากการผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามสภาวะต่างๆ ที่ออกแบบไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถทราบการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำพริกแกงแดงระหว่างการให้ความร้อน เพื่อเป็นแนวทางการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูประดับอุตสาหกรรม ที่ยังคงรักษาสารที่มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีความปลอดภัย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการแข่งขันและผลักดันให้อาหารไทยซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 น้ำพริกแกงแดง

น้ำพริกแกงแดงเป็นน้ำพริกแกงชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำไปเป็นส่วนประกอบหลักในอาหารไทยหลายชนิด โคนส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำพริกแกงแดงมีดังนี้คือ พริกแห้ง กระเทียม ตะไคร้ ข่า หอมแดง ผิวมะกรูด กะปิ

ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2525 ได้ให้ความหมายของน้ำพริกแกงว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบที่บดแล้วอาจผสมกะทิหรือน้ำมันบริโภคนิดอื่นได้ แล้วนำไปให้ความร้อนจนแห้งก็ได้แล้วแต่ประเภทของน้ำพริกแกงโดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของน้ำพริกแกงนั้นๆ ไว้ นำไปใช้ได้ทันที น้ำพริกแกงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทเปียก (curry paste) และประเภทแห้ง (dried curry paste) โดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ 1) เครื่องแกงและเครื่องเทศชนิดต่างๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง ตะไคร้ ผิวมะกรูด หัวหอม กระเทียม ข่า รากผักชี ลูกผักชี ยี่ห่วยและพริกไทย 2) เกลือบริโภคได้ 3) เครื่องปรุงแต่งรสต่างๆ ได้แก่ น้ำปลา น้ำตาล มะขามเปียกและอื่นๆ (ถ้ามี)

เครื่องเทศและสมุนไพรหลักที่ใช้ทำน้ำพริกแกงแดง

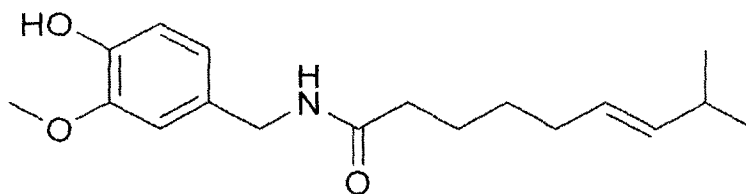
2.1.1 พริก (Capsicum)

พริกเป็นพืชที่อยู่ในสกุล Capsicum มีอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น พริกขี้หนูสวน (Capsicum minimum Roxb) พริกขี้หนู (Capsicum Linn.) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526) องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของพริก คือกลุ่มสารที่ทำให้เกิดกลิ่น เกิดรสเผ็ดร้อน (capsaicinoids) และกลุ่มสารให้สี

พริกประกอบด้วยสารที่มีรสเผ็ดร้อน จากรายงานของ Jorge Pino et al. (2006) และ Fumiharu et al. (2006) พบว่าสารที่ให้ความเผ็ดร้อนที่พบมากในตระกูลพริกคือ แคปไซซิน (รูปที่ 2.1) ซึ่งปริมาณของแคปไซซิน จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยวพริกบางสายพันธุ์ ปริมาณของแคปไซซินจะลดลงเมื่อพริกแก่ แต่บางสายพันธุ์จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในพริกยังอุดมไปด้วยสารฟลาโวนอยด์, วิตามินซี และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก (Deepa et al. 2007)

แคปไซซินมีสูตรโมเลกุล $C_{18}H_{27}NO_3$ ชื่อทางการค้าคือ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide และสูตรโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารแคปไซซิน (Capsaicin) (<http://th.wikipedia.org/wiki>)

สารนี้พบมากที่ผนังชั้นใน (inner wall) ของผล ไม้ ผงกั้นระหว่างเซลล์ และรกของพริก แคปไซซินที่พบในรอกจะมีปริมาณร้อยละ 4.72 - 32 ต่อหน่วยน้ำหนักของรอก สารนี้มีคุณสมบัติทนทานต่อการปรุง หรือการแปรรูปอาหารได้ดี สารให้ความเผ็ดในพริกจะกระจายตัวในส่วนต่างๆ ของพริกในปริมาณที่ต่างกัน โดยจะพบมากในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับไม้ (disseppiment) มีปริมาณแคปไซซินสูงถึงร้อยละ 89 ของปริมาณทั้งหมดในผลพริก แต่ในเมล็ดพบเพียงร้อยละ 10.8 เท่านั้น ปริมาณแคปไซซินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์พริก ความแก่อ่อน สถานที่ และฤดูกาลเพาะปลูก

ส่วนสารให้สีในพริก จัดอยู่ในกลุ่มรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ ผลพริกจะมีสารให้สีที่สำคัญคือ แคปแซนทิน (capsanthin) ซึ่งเป็นสารคีโตแคโรทีนอยด์ (ketocarotenoid, $C_{40}H_{58}NO_3$) และยังมีพบสารอื่นที่มีสูตรใกล้เคียงกันได้แก่ แคปโซรูบิน (capsorubin) เซียแซนทิน (zeaxanthin) ลูเทอิน (lutein) นีโอแซนทิน (neoxanthin) ไวโอลาแซนทิน (violaxanthin) และบีตาแคโรทีน (-carotene)

พืชตระกูลพริกเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารรงควัตถุต่างๆ โดยเฉพาะ สารแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) จากการศึกษาของ Deepa et al. (2007) รายงานว่าปริมาณรงควัตถุที่พบในพริกหวาน (*Capsicum annum L.*) ขึ้นอยู่กับพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยว โดยรงควัตถุที่พบในพริกในระยะสีที่เกิดการสังเคราะห์รงควัตถุแคโรทีนอยด์

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Chaiyata et al.(2003) ศึกษาผลของพริกขี้หนูต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือด โดยให้อาสาสมัครหญิงดื่มเครื่องดื่มกลูโคสพร้อมกับพริกสด แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือดเทียบกับการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างเดียว พบว่าระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของอาสาสมัครที่กินพริกพร้อมกลูโคสเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อไม่ได้กินพริก และยังเพิ่มอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (Metabolic Rate) อย่างมีนัยสำคัญ

N. Satya et al. (2004) ศึกษาเรื่อง Spice phenolics inhibit human PMNL 5-lipoxygenase ทำการศึกษาเครื่องเทศชนิดต่าง ๆ กับค่าการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (IC_{50}) พบว่าสารแคปไซซินมีค่า IC_{50} เท่ากับ 56 μM ซึ่งถือว่ามีความสูงเมื่อเทียบกับเครื่องเทศอื่น ๆ ที่ใช้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tolan et al. (2004) รายงานว่าสารแคปไซซิน ในพริกมีผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือด และยังสามารเพิ่มระดับอินซูลิน ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เมื่อทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง

Sanchez et al. (2006) รายงานว่าสารแคปไซซิน มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง โดยพบว่าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอะพอโทซิส (Apoptosis) ในเซลล์บางชนิดเช่นการศึกษาในต่อมลูกหมาก แสดงให้เห็นว่าแคปไซซินสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากได้ โดยการสร้างอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species) และการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์แคสเปส (Caspase) ทั้งยังแสดงให้เห็นว่า การให้สารแคปไซซินแก่หนูทดลองที่มีการฝังเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากไว้แล้ว สามารถชะลอการเจริญเติบโตของมะเร็งนั้นได้

2.1.2 กระเทียม (Garlic)

กระเทียมเป็นพืชในตระกูลอะมาริลลิดาซีอี (Amaryllidaceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าอัลเลียม ซาติวัม (*Allium sativum* Linn.) ลักษณะสำคัญคือ มีกลิ่นฉุนมากกว่าพืชชนิดอื่นในตระกูลเดียวกัน

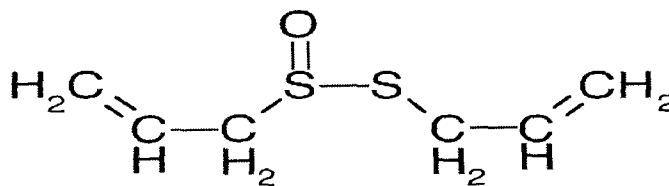
สารสำคัญที่พบในกระเทียมจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหย โดยทั่วไปกระเทียมมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยสารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบหลายชนิด ดังนี้

ไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (diallyl disulfide)	60 %
ไดอัลลิลไตรซัลไฟด์ (diallyl trisulfide)	29 %
ไดอัลลิลเตตราซัลไฟด์ (diallyl tetrasulfide)	10 %
อัลลิลโพรพิลซัลไฟด์ (allyl propylsulfide)	0.6 %
ไดเอทิลไดซัลไฟด์ (diethyl disulphide)	เล็กน้อย

ตามปกติในเซลล์กระเทียมจะไม่มีสารดังกล่าวนี้ แต่จะมีอัลลิอิน (allin) หรือ เอส-อัลลิอิน-แอล-ซิสเทอีน-เอส-ออกไซด์ (S-allyl-L-cysteine-S-oxide) เท่านั้น เมื่อเซลล์ของกระเทียมแตกหรือฉีกขาด อัลลิอินจะเปลี่ยนเป็นอัลลิซิน กรดไพรวูวิก และแอมโมเนีย โดยเอนไซม์อัลลิอินเนส ต่อมาอัลลิซินเป็นสารไม่คงตัวจะเปลี่ยนไปเป็นไดอัลลิลไดซัลไฟด์และซัลไฟด์อื่นๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว โมเลกุลของ allicin แสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียรสามารถเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบตัวอื่นได้ง่าย (Miron et al.(2004)

โดยทั่วไปกระเทียมที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปจะมีสีชาคริม Eun-Jin Lee et al.(2006) รายงานว่า ถ้ากระเทียมที่มีการหั่น สับ หรือบด สีชาคริมของกระเทียมจะถูกเปลี่ยนเป็นสีเขียว ทั้งนี้เนื่องจากสาร isoallincin ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนไลซีน ได้สารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ซึ่งสารประกอบนี้เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ allinase จะได้สารที่มีสีเขียว ซึ่งสารนี้ไม่ใช่สารชนิดเดียวกันกับ chlorophyll สารดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสาร Allicin (ที่มา <http://fi.wikipedia.org/wiki/Allisiini>)

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

นิจศิริ (2534) รายงานว่ากระเทียมใช้ในยาพื้นบ้าน เพื่อบำบัดอาการไอ ไข้หวัด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ปวดฟัน ปวดหู ความดันโลหิตสูง เส้นเลือดเปราะ โรคประสาท เป็นต้น

Orekhov and Grunwald (1997) และ Rahnman and Love (2006) รายงานว่ากระเทียมมีคุณสมบัติในการต้านชะลอการแข็งตัวของเลือด (Anti-thrombosis) การละลายลิ่มเลือดหรือการต้านการจับกันของเกล็ดเลือด (Anti-plate aggregation) การลดระดับไขมัน LDL และ โคลเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งลดความดันโลหิต โดยอาจเป็นไปได้ว่าเกิดการยับยั้งการทำงานของ Angiotensin converting enzyme (ACE)

Bhuvaneswari et al. (2004) ได้ทำการทดลองกับหนูทดลองที่เป็นมะเร็งแล้วได้รับสารสกัดจากกระเทียมทางกระเพาะอาหาร โดยตรงพบว่าสามารถลดกระบวนการ Lipid peroxidation ในเซลล์มะเร็งได้อย่างมี สัมพันธ์กับระดับ Glutathione และ Glutathione-dependent enzymes ที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังพบว่า การให้สารสกัดกระเทียมร่วมกับมะเขือเทศบดละเอียด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นได้

Oommen et al. (2004) ทำการทดสอบสาร allicin กับเซลล์มะเร็งจากหนูและมนุษย์พบว่า allicin สามารถกระตุ้นให้เซลล์มะเร็งเกิดการตายแบบ Apoptosis ได้ โดยมักพบว่ามีผลเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของเอนไซม์ caspase

2.1.3 หอมแดง (Shallot)

หัวหอมเป็นพืชในตระกูลอะมาริลลิคาซี ซึ่งแต่เดิมจัดอยู่ในตระกูลลิลีซีอีเช่นเดียวกับกระเทียม มีลำต้นอยู่ใต้ดินที่เรียกว่าหัว หัวหอมแต่ละต้นประกอบด้วยหัวเล็ก ๆ ที่เรียกว่ากลีบ อันอุดมไปด้วยสารอาหารและสารที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนอยู่มาก หัวหอมแดงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่าอัลเลียม แอสคาโลนิคัม (*Allium ascalonicum* L.)

สารเคมีสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในหัวหอมคือ โพรพิลไดซัลไฟด์ (propyl disulfide) ส่วนสารที่มีความสำคัญในการช่วยลดไขมันและน้ำตาลในเลือดคือ โพรพิลอัลลิลไดซัลไฟด์และไดโพรพิลไดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลไฟด์ นอกจากนี้ยังพบว่าในหัวหอมที่ได้รับความร้อนนั้นจะทำให้เอน-โพรปีลอัลลีนไคซัลไฟด์มีปริมาณลดน้อยลง แต่โพรปานเอโซลและได-เอน-โพรปีนไคซัลไฟด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าดังกล่าวนี้เปลี่ยนแปลงมาจากเอน-โพรปีลอัลลีนไคซัลไฟด์เมื่อได้รับความร้อน

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Ann et al. (2002) ศึกษาเรื่อง Allium Vegetables and Risk of Prostate Cancer พบว่าหอมแดงมีสารฟลาโวนอยด์ และสารประกอบกาโนซัลเฟอร์สูงซึ่งมีสมบัติในการต้านเนื้องอก

Amin et al. (2004) ศึกษาเรื่อง Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables พบว่าหอมแดงมีส่วน total phenolic 13% อย่างมีนัยสำคัญและมีสัดส่วนของฟลาโวนอยด์สูงและจึงมี antioxidant activity สูงกว่าผักชนิดอื่นที่ศึกษา

2.1.4 ตะไคร้ (lemon grass)

ตะไคร้ หรือ West Indian lemon grass มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* (DC.) Stap หรือชื่อพ้องว่า *Andropogon citratus* (DC.) จัดอยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลหญ้า (Poaceae) วงศ์ Gramineae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวล้มลุกของเมืองร้อน ขึ้นเป็นกอ นิยมนำมาปรุงอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว โดยใช้ประโยชน์จากลำต้นใต้ดินที่เรียกว่าเหง้าและก้านใบที่เป็นกาบ โดยเฉพาะบริเวณโคนต้น (ประมาณ 10-15 เซนติเมตร) เพราะมีสารให้กลิ่นหลายชนิด (นิจศิริ, 2534)

ในอุตสาหกรรมมีการนำตะไคร้ไปกลั่นด้วยไอน้ำเป็นน้ำมันตะไคร้ (Lemon grass oil) เพื่อใช้แต่งอาหาร เช่น อาหารกระป๋อง เครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ ขนมหวานและเครื่องแกง (นิจศิริ, 2534) ตะไคร้ที่มีน้ำมันหอมระเหย ระหว่าง 0.2-0.4% ประกอบด้วยซิทรัล (citral 80%) เมอร์ซีน (myrcene)

การบูร (camphor) เทนฟีนิล เจรานีโอล เนรล ฟาร์นิซาลและซิโตรเนลตอน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยคืออายุของตะไคร้ ตำแหน่งของต้นที่ใช้สกัด โดยส่วนของใบจะมีน้ำมันมากที่สุดและใบอ่อนก็มีน้ำมันมากกว่าใบแก่ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสภาพดินฟ้าอากาศ ก็จะมีน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดในฤดูแล้ง

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

ตะไคร้ใช้เป็นยาขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยขับเหงื่อ ลดความร้อนในร่างกาย (นิจศิริ, 2534)

จากการศึกษาของ อุษณีย์และคณะ (2539) พบว่าสารสกัดตะไคร้มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายเป็นพิษของ Aflatoxin B1 โดยผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการลดลงของการทำงานของเอนไซม์ใน phase I (ขั้นตอนที่เปลี่ยนให้ Aflatoxin กลายเป็นพิษต่อร่างกาย) และสารสกัดจากตะไคร้ยังส่งผลให้ปริมาณ Cyochrome P450 ใน Microsome ของตับมนุษย์ลดลง เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง ทั้งยังลดความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ aminopyrine demethylase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาของ สมกุล ธรรมวิจิตและคณะ (2542) พบว่าสารสำคัญในตะไคร้คือ citral, geraniol, β -myrcene มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ใน phase I และ phase II ในตับ ลำไส้เล็ก และ ลำไส้ใหญ่ โดยพบว่าเมื่อให้สารสำคัญ citral กับหนูขาว การทำงานของเอนไซม์ benzo(a)pyrene hydroxylase ใน phase I เพิ่มขึ้น และการให้สาร citral, geraniol, β -myrcene แก่หนูทดลอง ทำให้เอนไซม์ Glutathion-S-transferase, UDP-glucuronyl transferase และ quinine reductase ใน phase II เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นการทดสอบสารสกัดตะไคร้ด้วยแอลกอฮอล์ 80% ในหนูทดลอง เหนี่ยวนำให้เกิดแอบเบอแรนท์ คริปโฟไซ (Aberrant crypt foci) ซึ่งเป็นภาวะจำลองการเกิดมะเร็ง ลำไส้ใหญ่ พบว่าสารสกัดตะไคร้ช่วยลดการเกิดแอบเบอแรนท์ คริปโฟไซ ได้ทั้งในขั้น Initiation stage โดยลดการเกิด DNA adduct ใน mucosa ของลำไส้ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ β -glucuronidase ในการก่อให้เกิดสารพิษเนื่องจากการสลาย glucoronide conjugate ทั้งยังพบว่ามียูทิลิต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Suaeyun et al., 1997)

2.1.5 ข่า (Galanga)

ข่ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Alpinia galangal* (L.) Swartz หรือ *Languas galangal* (L.) Stuntz. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ตระกูลเดียวกับขิง เป็นพืชล้มลุกของเอเชียเขตร้อน มีลำต้นใต้ดินหรือราก ลักษณะเป็นเหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน 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 วิตามินบี1 0.13 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.15 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 23 มิลลิกรัม และ ไฟเบอร์ สารสำคัญที่พบมากในข่าเกือบทุกชนิดคือ engenol, cinnamic acid และ flavonoids บางชนิด (นิจศิริ, 2534)

Yang and Eilerman (1999) พบว่า galangal acetate ทั้งข่าแห้งจากประเทศอินโดนีเซีย (2.4%) ข่าแห้งจากประเทศไทย (0.6%) และในโอเลโอเรซิน (oleoresin) ของข่า (3.7-4.7%) แต่ galangal acetate ไม่เสถียรในน้ำเพราะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่ถูกกระตุ้นด้วยกรด และเกิด isomerization ที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิได้เป็น 3-acetoxycinnamic alcohol, 1'

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Oonmetta-aree et al. (2500) รายงานว่า สาร 1'-acetoxycinnamic alcohol ที่พบในข่ามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

Murakami et al. (1994, 1995 และ 2000) ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดข่าด้วยแอลกอฮอล์ในเบื้องต้นเพื่อหาความสามารถในการต้านมะเร็ง โดยใช้เทคนิคทดสอบ Epstein-Barr virus (EBV) activation ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการก่อมะเร็งในขั้น Promotion ได้เป็นอย่างดี พบว่าหมู่ acetoxyl บนโครงสร้างของสารชนิดนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สารชนิดนี้มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง และ Ito et al. (2004) พบว่าสารดังกล่าว ยังสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการตายแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Apoptosis ได้ เมื่อทดสอบกับเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว myeloid leukemia ทั้งยังส่งผลให้อัตราการตายในหนูทดลองที่เป็น leukemia และมีอาการภูมิคุ้มกันบกพร่องขั้นรุนแรงอีกด้วย

Pompimon and Sakamon et al. (2007) ศึกษาเรื่อง Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts พบว่า *Alpinia galanga* มี antioxidant activity และ total phenolic content หาโดยวิธี β -carotene bleaching และ Folin-Ciocalten ตามลำดับ

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 และใบที่มีลักษณะเป็น ใบคู่มือมีต่อมน้ำมันมาปรุงอาหารและดับกลิ่นคาว

สารสำคัญที่พบในมะกรูดนั้นจะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีทั้งในส่วนใบและเปลือกของผลที่เรียกว่าผิวมะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหย 4 เปอร์เซ็นต์ และใบจะมีน้ำมันหอมระเหย 0.08 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณสารเคมีที่พบในใบและผิวมะกรูดจะแตกต่างกันไป

มะกรูดอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด รวมทั้งสารกลุ่ม Flavonoids ในมะกรูดมีสาร Flavonone glycoside คือ Hesperidin, สาร Flavone glycoside คือ Diosmin และสาร Flavonol glycoside คือ Rutin เป็นสารสำคัญหลัก

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Jiradej et al. (2005) ได้ศึกษา Anti-proliferative activity หรือการต้านความสามารถในการเติบโตของเนื้องอก ของน้ำมันหอมระเหยที่ถูกสกัดจากพืชที่เป็นยาไทย พบว่า น้ำมันมะกรูดและใบน้ำมันมะกรูดมีความค่า IC_{50} หรือค่าการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งที่ 50% อยู่

Peterson and Dwyer (1998) รายงานว่า สาร Rutin ที่พบในใบมะกรูด แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบการเกิด lipid peroxidation และ Hesperidin แสดงคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ การปวดเมื่อย หรืออาการแพ้หรือคัน โดยคุณสมบัติดังกล่าวคาดว่าจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่ออาการเหล่านี้เช่น Cyclo-oxygenase (COX) และการหลั่งสาร histamine เป็นต้น

Ohtsuki et al. (2002) รายงานว่า สาร Hesperidin ที่พบในมะกรูดแสดงคุณสมบัติในการต้านความดันโลหิตเมื่อทดสอบกับหนูทดลองที่มีความดันโลหิตสูงเป็นเวลา 15 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

อนุมูลอิสระ (Free Radicle) คือสารของกลุ่มที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่ หนึ่งอิเล็กตรอนหรือมากกว่า ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ร่างกาย อนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังน้ำ ที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $\text{OH}\cdot$) ซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion, $\text{O}_2\cdot^-$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide, H_2O_2) ไฮโปคลอไรต์ (hypochlorous, HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของอนุพันธ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, $\text{NO}\cdot$) และ เปอร์ออกซีไนไตรต์ (peroxynitrite, $\text{ONOO}\cdot$) เป็นต้น ทั้งกลุ่มของ ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย เช่นเกิดที่ไมโทคอนเดรีย โครโมโซม เพอร์ออกซิโดม โดยเกิดจากระบบขนส่งอิเล็กตรอน การเกิดเมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Punchard and Kelly, 1996) ที่มาทั้งแหล่งภายนอกร่างกายได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น ครีมนุหรี อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ แสงแดด ความร้อน รังสีแกมมา ยาบางชนิด เช่น Doxorubicin, Penicillamine, paracetamol และ CCl_4 เป็นต้น

ในสภาวะ oxidative stress คือสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของโปรตีนเป็นต้น และพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไช้อ็อกเสบ และต่อกระดูก เป็นต้น

ร่างกายก็มีกลไกที่จะกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้โดย 2 วิธี คือ ใช้เอนไซม์ต่างๆในร่างกายเช่น Superoxide dismutase (SOD) และการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระคือ สารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท (Frankel and Meyer, 2000) ได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของเอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกายได้แก่ คาตาเลส (catalase) ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส (superoxide dismutase) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มวิตามิน ได้แก่ วิตามินอีในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผลไม้ และผักสดเป็นต้น

3. สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มแร่ธาตุ เช่น ซีลีเนียมและสังกะสี ทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

4. สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของพฤกษเคมี (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แครโทีน แซนโทฟิน เทนนิน และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น

2.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่ นิยมเรียกว่า สารประกอบโพลีฟีนอล เป็นสารที่ละลายน้ำ มักรวมอยู่กับน้ำตาลในรูปของไกลโคไซด์ โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) ก็ได้ แต่ที่พบมากที่สุด ในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลคือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้อีก กาแลคโทส (galactose) แรมโนส (ramnose) ไซโลส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโลนิก (glucuronic acid) กรดกาแลคตูโรนิก (galacturonic acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น คาร์บอกซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic acids) อะมีน (amines) และไขมัน (Bravo, 1998) การสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการเพาะปลูก ระดับความสุกกระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษาก็ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งสิ้น

สารโพลีฟีนอลแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids) (Burns et al., 2000)

1. ฟลาโวนอยด์มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาโวนอน (flavonone) ฟลาวาโนนอล (flavanonol) ลูโคแอนโทไซยานิน (lucoanthocyanin) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ชาลโคน (chalcone) ไดไฮโดรชาลโคน (dihydrochalcone) ออโรน (aurone) และแซนโทน (xanthone)

2. นอนฟลาโวนอยด์ ที่สำคัญได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ตัวอย่างกรดฟีนอลิกที่พบมากในผลไม้ทั่วไปคือ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดโปรโตแคเทอควิก (protocatechuic acid) กรดวานิลลิก (vanillic acid) กรดพาราคูมาริก (p-coumaric acid) กรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

2.4.1 ความเป็นกรดต่างของอาหาร

pH เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้อในอาหาร ทั้งนี้เพราะ pH มีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่มีความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม โคสามารถแบ่งกลุ่มอาหารตามความเป็นกรดต่างได้เป็น

2.4.1.1 อาหารที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) มี pH มากกว่า 4.6 และมีค่า Aw มากกว่า 0.85 แต่ไม่รวมถึงเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล นม และผักบางชนิด เช่น ข้าวโพด ถั่ว หน่อ ไม้ฝรั่ง อาหารพวกซूप ซอส สตู สปาเกตตี เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่สำคัญที่ทำให้อาหารกลุ่มนี้เกิดการเสื่อมเสีย แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ทนความร้อนสูง (Thermophiles) ได้แก่

-พวกที่ทำให้เกิด flat sour ได้แก่ *B.stearothermophilus*

-พวกที่ไม่ต้องการอากาศ และไม่ผลิต H₂S ได้แก่ *Cl. thermosaccharolyticum*

-พวกที่ไม่ต้องการอากาศและผลิต H₂S ได้แก่ *Desulfotomaculum nigrificans*

กลุ่มที่ทนความร้อนปานกลาง (Mesophiles) ได้แก่

-พวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobe) ได้แก่ *Cl. botulinum*, *Cl. sporogenes*, *Cl. butyricum*, *Cl. pasteurinum*

-พวกที่เจริญได้ทั้งในที่ที่มีอากาศและไม่มีอากาศ (Facultative anaerobe) ได้แก่ *B.licheniformis*, *B.cereus*, *B. megaterium*

2.4.1.2 อาหารที่มีสภาพความเป็นกรด (Acid food) มี pH 3.7-4.6 ได้แก่ มะเขือเทศ แพร่ สับปะรด และผลไม้ต่างๆ

จุลินทรีย์สำคัญที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย มักเป็นพวกที่สร้างสปอร์ แบ่งเป็น

-พวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobes) ได้แก่ *Cl. butyricum*, *Cl. pasteurianum*

-พวกที่เจริญได้ทั้งในที่ที่มีอากาศและไม่มีอากาศ ได้แก่ *B.coagulans*

2.4.1.3 อาหารที่มีสภาพความเป็นกรดสูง (High acid food) มี pH น้อยกว่า 3.7 ได้แก่ ผักดอง น้ำส้มต่างๆ แยม เยลลี่

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียไม่มีพวกแบคทีเรีย คงมีแต่ยีสต์และราบางชนิด คือ *Penicillium striatum*

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

-คุณสมบัติในการการทนทานต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร การ

ทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารต้องพิจารณาระดับอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการนอก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ยังต้องศึกษาถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

-อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร เวลาที่ใช้จะทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

2.4.3 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

-ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ความร้อนในการทำลายยีสต์และราง่ายกว่าแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรียทนร้อน ได้ดีกว่าเซลล์ธรรมดา (vegetative cell) ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ในกระบวนการฆ่าเชื้อก็จะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ก่อให้เกิดปัญหาอาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (Under process)

-อายุของจุลินทรีย์ ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะมีผลต่อการทนทานความร้อน จุลินทรีย์มีความต้านทานต่อความร้อนได้สูงสุดในช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว หรือระยะสเตชันนารีเฟส (Stationary phase) รองลงมาคือช่วงแลกเฟส (Lag phase) ซึ่งเป็นช่วงพักตัวก่อนเริ่มการเจริญเติบโต ส่วนช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหรือช่วงลอการิทึมเฟส (Logarithmic phase) จุลินทรีย์ไม่ทนความร้อน

-อุณหภูมิ จุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Optimum temperature) ดังนั้นอุณหภูมิที่อาหารถูกทิ้งไว้ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์

-ลักษณะของอาหาร จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้มากขึ้น เมื่อปริมาณน้ำในอาหารลดลง (Water activity) สารประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ (เกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียม) รวมทั้งเกลือแกงและน้ำตาลที่เติม ซึ่งจะมีผลช่วยเพิ่มความต้านทานของจุลินทรีย์

-ความเป็นกรดต่างของอาหาร (pH) มีผลโดยตรงต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุดเมื่อเจริญในสภาพที่มี pH เหมาะสม (Optimum pH)

2.4.4 ช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ (Headspace)

ส่วนช่องว่างเหนืออาหารในภาชนะบรรจุมีความสำคัญต่อการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ ต้องมีปริมาณพอเหมาะ เนื่องจากทำให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจะเกิดแรงดันภายในขึ้นเนื่องจาก

- 1.อาหารภายในภาชนะขยายตัว
- 2.ความดันไอน้ำภายในภาชนะเพิ่มขึ้น
- 3.อากาศและก๊าซอื่นในช่องว่างภายในภาชนะบรรจุขยายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารกระป๋องเมื่อผ่านการให้ความร้อนจะทำให้เกิดแรงดันภายในมาก แรงดันภายในเหล่านี้จะถูกควบคุมโดยการขยายตัวของกระป๋องและการโป่งพองของฝากระป๋องซึ่งรีดลอนไว้ ดังนั้นจึงต้องเหลือช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุไว้ส่วนหนึ่งเพื่อรองรับการขยายตัวของอาหารและก๊าซภายในภาชนะบรรจุ และช่องว่างนี้ยังช่วยในการถ่ายเทความร้อน ในกรณีที่มีการพลิกกลับไปมาของภาชนะบรรจุในระหว่างการให้ความร้อน

ในการบรรจุและปิดผนึกมีตัวแปรที่ต้องควบคุม 3 ประการ คือ

1. ชนิดและปริมาณของก๊าซในช่องว่างเหนืออาหารที่บรรจุ โดยปกติมักจะเป็นอากาศ ในบางกรณีอาจมีการบรรจุก๊าซเฉื่อยแทน

2. ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร โดยทั่วไปจะต้องควบคุมปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุที่มีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรภาชนะบรรจุ (Heid และ Joslyn, 1963) ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าปริมาตรช่องว่างเหนืออากาศน้อยเกินไป อันเนื่องมาจากการบรรจุอาหารที่มากเกินไป เวลาในการฆ่าเชื้อที่คำนวณไว้อาจไม่เพียงพอ เนื่องจากอัตราการส่งผ่านความร้อนลดลงและมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายในทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ค่า F_0 ของกระบวนการจะลดลงถ้ามีปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมากเกินไป จะทำให้น้ำหนักสุทธิของอาหารต่ำกว่ามาตรฐาน อากาศภายในภาชนะบรรจุที่มากเกินไปจะทำให้ให้อาหารซึ่งเก็บภายในภาชนะบรรจุเกิดการเสื่อมเสีย และภาชนะบรรจุอาจเกิดการกัดกร่อน

3. สภาวะความดันภายในช่องว่างเหนืออาหาร ความดันในช่องว่างเหนืออาหารจะต้องต่ำกว่าความดันของบรรยากาศภายนอก หรือเรียกว่าเป็น "สุญญากาศ" ซึ่งจะต้องมีการไล่อากาศออกจากบริเวณของช่องว่างนี้

2.4.5 การถ่ายเทความร้อนภายในกระป๋องและ Cold point (CT) ในอาหารภายในกระป๋อง

หลังจากบรรจุอาหารในกระป๋อง ไล่อากาศ และปิดฝา แล้วนำไปให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ จะมีการถ่ายเทความร้อนในอาหารต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของอาหารซึ่งบรรจุอยู่ สามารถแบ่งการถ่ายเทความร้อนในอาหารเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.4.5.1. อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction)

เป็นอาหารซึ่งมีลักษณะชั้นหนืดหรือเป็นชิ้นแข็งซึ่งมีความชื้นสูงและมีส่วนของของเหลวไหลไปมาเล็กน้อย หรือเป็นลักษณะของอาหารถูกอัดแน่นในภาชนะบรรจุ โอกาสการเคลื่อนตัวของของเหลวมีน้อย เช่น ซุปข้าวโพด น้ำผลไม้เข้มข้น แสม ซุปข้น เป็นต้น อาหารที่ติดอยู่กับผนังกระป๋องมีอุณหภูมิสูง เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่าน โมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ โดยจุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่บริเวณกึ่งกลางกระป๋อง ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้จึงได้รับความร้อนช้า

2.4.5.2.อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection)

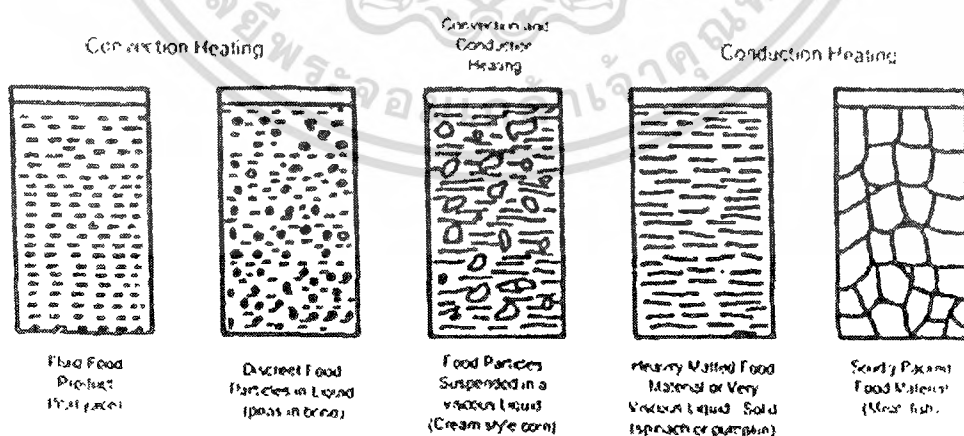
เป็นอาหารที่มีลักษณะเป็นชั้นผักผลไม้ในน้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือ หรืออาหารเหลวที่มีความหนืดไม่มาก พวกนี้จะมีการเพิ่มอุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องอย่างรวดเร็ว ถ้าอาหารมีความหนืดมากขึ้น มีการถ่ายเทความร้อนช้าลง

ถ้าเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ โดยสาเหตุมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นตัวกลาง (อาหารเหลว) โมเลกุลของอาหารที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนขณะที่โมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่ลงแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารเหลวภายในกระป๋อง ดังนั้น จุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อโดยวางเรียงในแนวตั้งจะอยู่ที่ประมาณ 1 1/2 นิ้ว จากด้านล่างกระป๋อง (ทิพพาพร,2536)

ถ้าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) จะมีแรงภายนอกออกมาบังคับให้โมเลกุลของอาหารเหลวเคลื่อนที่ เกิดการผสมของของเหลวภายในกระป๋องทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้เร็วขึ้น จึงมักไม่พบจุดที่ร้อนช้าที่สุดหรือถ้ามีก็จะอยู่ที่กึ่งกลางกระป๋อง

2.4.5.3.อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม

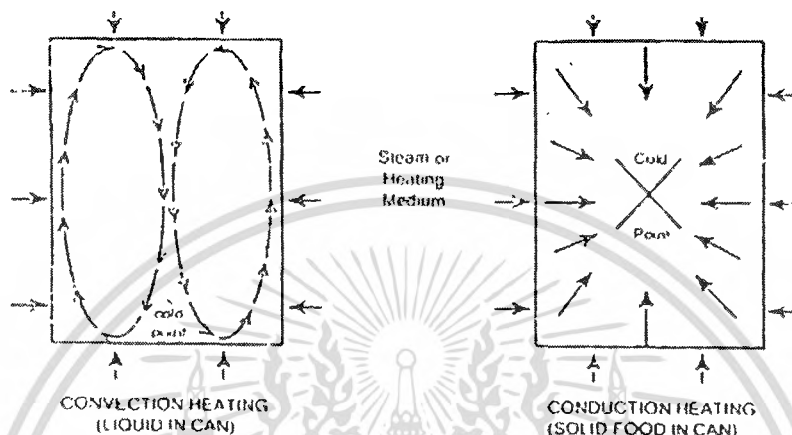
ได้แก่อาหารซึ่งมีแข็งในส่วนประกอบมากๆ หรือเป็นวัตถุดิบซึ่งมีแข็งละลายออกมาในระหว่างการให้ความร้อน ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนซึ่งแข็งยังไม่เกิดการละลายในเซชัน จะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน แต่หลังจากการเกิดเจลาตีในเซชันของแข็ง ความหนืดของอาหารจะเพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนไปเป็นการนำความร้อน กราฟการให้ความร้อนจึงมีลักษณะเป็นเส้นหัก (Broken heating curve) จุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางระหว่างจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ และแบบการพา (ทิพพาพร,2536)



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนในลักษณะต่างๆ ในอาหาร (ที่มา Rangana,1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่บริเวณ Cold point จะสอด Thermocouple เพื่อติดตามการเพิ่มอุณหภูมิภายในกระป๋อง เพื่อให้คำนวณระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อไป ในการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อซึ่งมีการพลิกกลับของกระป๋องแม้ว่าลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารจะเป็นลักษณะการพาความร้อน ก็อาจจะวัดอุณหภูมิที่ Cold point ที่จุดกึ่งกลางของกระป๋องเช่นเดียวกับกรณีการนำความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพลิกกระป๋องกลับไปมา ส่วนช่องว่างภายในกระป๋องจะช่วยทำให้เกิดการกระจายความร้อนสม่ำเสมอทั่วกระป๋อง



รูปที่ 2.4 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุด (Cold point) ในอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพา (convection) และแบบการนำ (ที่มา Desrosier and Desrosier, 1977)

2.4.6 การเก็บข้อมูล

จะเก็บข้อมูลจากตำแหน่งที่อุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด หรือ Cold point แล้วนำมาพลอตบนกระดาษกราฟ เพื่อหาเวลาที่ต้องการในการฆ่าเชื้อ ทำการทดลองโดยบรรจุอาหารลงในกระป๋อง แล้วเสียบ Thermocouple ที่ Cold point เพื่อบันทึกอุณหภูมิของอาหารที่เปลี่ยนไปในระหว่างการฆ่าเชื้อ และทำให้เย็นลง ในกรณีที่ไมทราบว่ Cold point อยู่ที่ตำแหน่งใด ต้องทดลองโดยเสียบสาย Thermocouple ที่จุดต่างๆตามแนวแกนกลางในแนวตั้งของกระป๋องขนาดใหญ่ ในแนวนอนของกระป๋องขนาดเล็ก โดยทำกระป๋องละจุดเดียว และทำซ้ำหลายๆกระป๋อง แล้วประเมินจากตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด มากครั้งที่สุด ข้อมูลอื่นๆที่ต้องการเก็บ ได้แก่

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารในกระป๋องก่อนเปิดไอน้ำ
2. เวลาเมื่อเริ่มเปิดไอน้ำ
3. เวลาที่เปิดท่อ drain (ถ้ามี)
4. เวลาและอุณหภูมิที่ปิด vent
5. เวลาที่หม้อฆ่าเชื้อขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
6. เวลาที่ปิดไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การคำนวณหาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal process calculation)

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่มีผลต่อความปลอดภัยอาหารขึ้นกับปัจจัยหลักสองประการคือ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ซึ่งสองปัจจัยดังกล่าวสามารถกำหนดได้ด้วยค่า Process Lethality หรือ F_0 ในกระบวนการผลิต

2.4.7.1 Process Lethality (F_0)

Lethality หรือ Sterilizing Value (F) เป็นค่าที่แสดงความนาน (นาที) ในการฆ่าเชื้อเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้ค่าอุณหภูมิและค่า Z หนึ่ง ๆ ในการกล่าวถึงค่า F นั้น ต้องบอกอุณหภูมิอ้างอิงและค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายด้วยเสมอ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ F_t^Z ถ้าค่าอุณหภูมิอ้างอิงเป็น 121°C และ $Z = 10^\circ\text{C}$ เขียนแทน F_{121}^{10} ด้วย F_0

ค่า Z คือ จำนวนองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮน์ที่เปลี่ยนแปลงอันเกิดจากการทนความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยกำหนดว่าจุลินทรีย์นั้นต้องลดจำนวนลง 1 วงจรล็อก

สมการ 2.2 เป็นการหาค่า Lethality ที่อุณหภูมิอื่นเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง ที่ค่า $Z = 10^\circ\text{C}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 121°C ต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื่อนานกว่าจึงจะให้ผลการฆ่าเชื้อเหมือนการฆ่าเชื้อลง 1 วงจรล็อกที่อุณหภูมิ 121°C ในทำนองเดียวกันการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอ้างอิงก็ต้องใช้น้อยกว่า

เนื่องจากการฆ่าเชื้อต้องลดจำนวนเชื้อลงอย่างน้อย 5-8 วงจรล็อกขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนเชื้อ จึงจะปลอดภัย จึงมีการกำหนดค่า F_0 ต่ำสุดเช่น F_0 ของการฆ่าเชื้อ *C.botulinum* เท่ากับ 3 นาที

ในระหว่างขั้นตอนการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง อุณหภูมิภายในกระป๋องซึ่งนิยมนวัดจากจุดที่เย็นที่สุดจะมีการเปลี่ยนไป ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งการทำให้เย็นลงรวม เรียกว่า Thermal Process Cycle

สมการ 2.3 เป็นการหาค่า F_0 ซึ่งหาได้จากการอินทิเกรตค่า Lethality เป็นเวลา t นาที นั่นคือ การรวม Lethality ที่เพิ่มขึ้นในนาทีนั้นๆ เทียบกับนาทีที่แล้ว รวมทบไปเรื่อยๆ จนได้ t นาที จึงเรียก F_0 ว่า ค่า F_0 สะสม ซึ่งวิธีนี้ทำให้สามารถวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เพิ่มขึ้น

$$F_t = 10^{(CT-T_{ref})/Z} \tag{2.1}$$

$$F_0 = \int_0^t F_t dt \tag{2.2}$$

เมื่อ F_t คือ Lethality ที่เวลาต่าง ๆ
 CT คือ อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ

T_{ref} คือ อุณหภูมิอ้างอิง (121°C)

t คือ เวลา (s)

F_0 คือ Process Lethality (นาที)

2.4.7.2 General Method

เป็นการหาค่า Lethality ของกระบวนการฆ่าเชื้อที่สภาวะหนึ่ง หลักการ General Method คือ วัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหารในกระป๋องที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาที่ฆ่าเชื้อ ตลอดช่วงเวลา การให้ความร้อนและช่วงต้นของการทำให้เย็น โดยปกติมีกัวด์ทุก ๆ 1 นาที แล้วนำค่าอุณหภูมิและเวลาที่ได้มาคำนวณจากสูตรในสมการที่ 2.2

2.5 Response Surface Methodology (RSM)

2.5.1 ความหมาย

เป็นเทคนิคทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้แผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เป็นที่น่าสนใจของนักวิจัย ผลที่ตามมาคือนักวิจัยสามารถที่จะหาสูตรหรือสภาวะที่เหมาะสม (optimization) จากความสัมพันธ์เหล่านั้นได้เมื่อพิจารณาปัจจัยที่น่าสนใจเหล่านั้นพร้อมๆ กัน โดยความรู้พื้นฐานที่ต้องใช้คือ การวางแผนการทดลอง (experimental design), การวิเคราะห์สมการถดถอย (regression analysis) และความรู้ในการใช้โปรแกรมที่สร้างแผนภาพคอนทัวร์

2.5.2 นิยาม

RSM เป็นการแสดงหรือตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับเมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (response) ถูกพล็อตเป็นฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านั้น

แบบจำลองทั่วไป

$$Y = f(X_1 + X_2 + \dots + X_k) + E$$

โดยที่

Y คือ ค่าตอบสนอง (response), dependent variable หรือ output variable

$x_1 + x_2 + \dots + x_k$ คือ ตัวแปรที่น่าสนใจ, independent variables หรือ input variable

E = error term

ความสัมพันธ์ หรือฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านี้มักใช้สมการอันดับที่หนึ่ง (first order) หรือสมการอันดับที่สอง (second order) หรือแบบจำลองพหุนาม (polynomial model) เพื่อประมาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของพหุนามตัวต่างๆ ฟังก์ชันที่เรียกว่าฟังก์ชันของการตอบสนองที่เหมาะสม (fitted response function) คือ $\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$

2.5.3 แผนภาพคอนทัวร์ (contour plot)

แผนภาพคอนทัวร์เป็นอนุกรม (series) ของเส้น หรือกราฟซึ่งมีค่าที่แน่นอนและคงที่ สอดคล้องกับระดับของปัจจัยที่เปลี่ยนไป แผนภาพคอนทัวร์มีหลายแบบสอดคล้องกับสมการถดถอย ที่ตรวจสอบได้ เช่น mound-shaped, stationary ridge, rising ridge, saddle โดยแผนภาพคอนทัวร์ที่ สร้างเป็นแผนภาพ 3 มิติ เรียกว่า Surface plot

2.5.4 ขั้นตอนการทำ RSM

1. เลือกแผนการทดลองที่เหมาะสมให้มีสิ่งทดลองจำนวนมากพอที่จะสร้างแบบจำลองเพื่อ ใช้สร้างแผนภาพคอนทัวร์ได้
 2. สร้างแบบจำลองโดยวิธีการทางสถิติ เช่น สมการถดถอยที่ดีที่สุด (แนะนำให้ใช้โปรแกรม สำเร็จรูปทางสถิติ เช่น SAS, SPSS, MINITAB)
 3. สร้างแผนภาพคอนทัวร์จากสมการที่หามาได้ (โดยใช้ software ต่างๆ แนะนำ STATISTICA หรือ MINITAB)
 4. ตรวจสอบจุดที่เหมาะสม (optimization)
 5. พิสูจน์แบบจำลอง (Verification) โดยการทำการทดลองที่เป็นอิสระ (นอกเหนือจากที่ใช้ สร้างแบบจำลอง) ภายใต้วงเขตของแปรแต่ละตัวที่ศึกษา เปรียบเทียบค่าที่สังเกตกับค่าทำนายเพื่อ ดูความถูกต้องแบบจำลอง
- ถ้าแบบจำลองไม่เหมาะสม (invalid) ให้สร้างแบบจำลองใหม่ (ทำซ้ำข้อ 2 ถึง 5) หรือให้ไป กำหนดของเขตตัวแปรที่ศึกษาใหม่

2.5.5 การวางแผนการทดลองสำหรับ RSM

นิยมให้การทดลองแบบแฟกทอเรียล การทดลองแฟกทอเรียลบางส่วน (fractional factorial) การทดลองแบบหมุน (Rotatable design), Central composite design (CCD), Box-Behnken design และการทดลองแบบผสม (Mixture design) ทั้งนี้การทดลองแบบใดขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆ ชนิดของ แบบจำลองที่จะเลือกใช้ และชนิดของตัวแปรต่างๆ ว่าเป็นตัวแปรในขั้นตอนของการพัฒนาสูตรหรือ กรรมวิธี

การทดลองสำหรับใช้แบบจำลองอันดับ 1 (first order model)

- การทดลองแฟกทอเรียล 2^k ใน CRD or RBD
- การทดลองแฟกทอเรียลบางส่วน 2^k ซึ่งปัจจัยหลักไม่ aliase ซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

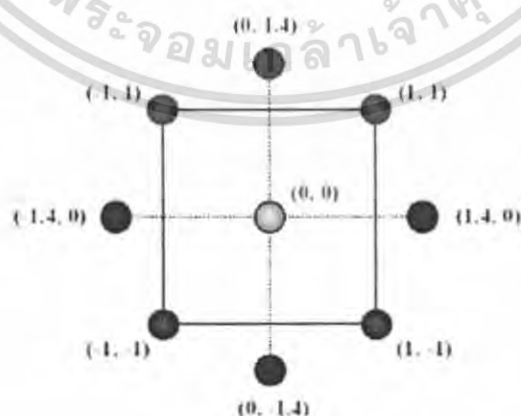
- การใช้แฟคทอเรียล 2 ระดับ (2-level factorial) ต้องระวังในการใช้แบบจำลองอันดับหนึ่ง (first order model) เพราะจะไม่สนใจพจน์ที่เป็นผลคูณระหว่างปัจจัยหลัก (cross product หรือ interaction term) ควรจะแน่ใจว่าปัจจัยที่นำมาศึกษาไม่มีปฏิริยาสัมพันธ์กัน

แบบการทดลองสำหรับใช้แบบจำลองอันดับ 2 (second order model)

- การทดลองแฟคทอเรียล 2^k ใน CRD หรือ RBD ซึ่งจะรวมผลคูณระหว่างปัจจัยหลัก (cross product)
- การทดลองแฟคทอเรียล 3^k ใน CRD หรือ RBD
- การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนใน CRD หรือ RBD
- Rotatable design
- Central composite design
- Box-Behnken design
- Mixture design

2.5.6 แผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD)

เป็นการทดลองที่เพิ่มสิ่งทดลองระหว่างระดับของปัจจัยให้มากขึ้นเพื่อต้องการใช้แบบจำลองอันดับสูงจากเดิมที่ได้เพียงแค่อันดับหนึ่งเป็นอันดับสองหรือสาม วิธีการสร้างสิ่งทดลองอย่างง่าย ให้เริ่มจากการสร้างสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียล 2^k แล้วเพิ่มจุดบนแกน coordinate โดยมีค่า code level $\pm \alpha$ ดังตาราง หลังจากนั้นเพิ่มจำนวน m ที่จุดกลาง $(0, 0, 0, \dots, 0)$ หลังจากนั้นสุ่มแต่ละสิ่งทดลองไปตั้งแต่ละหน่วยทดลอง จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด (n) จะมีค่า $= 2^k + 2k + m$ ซึ่ง $n < 3^k$ เสมอ และถ้า $\alpha = F^{1/4}$ ($F =$ จำนวนของสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียลที่ใช้ เช่น แฟคทอเรียล 2^2 , ค่า $F = 4$) CCD นี้จะเป็น rotatable design ด้วย



รูปที่ 2.5 Central composite design ใน 2 ปัจจัย ($k=2$) โดยที่ $\alpha = (2^2)^{1/4} = 1.414$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง CCD นี้นิยมทำซ้ำที่ระดับกลางของปัจจัยเพื่อใช้ประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลองซึ่งการเพิ่มจำนวนซ้ำจะมีผลกระทบต่อค่า α ซึ่งอาจจะต้องเปลี่ยนไปตามจำนวนซ้ำเพื่อให้สิ่งทดลองเป็นอิสระต่อกัน (orthogonal) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะกำหนดค่า α ก่อนแล้วจึงทำการทดลองซ้ำที่จุดกลาง (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ค่าของ code level ใน Central composite design (2 ปัจจัย) $\alpha = 1.414$

สิ่งทดลอง (Run no.)	Code level	
	ปัจจัย X_1	ปัจจัย X_2
1	+1	+1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	-1	-1
5	$+\alpha = +1.414$	0
6	0	$+\alpha = +1.414$
7	$-\alpha = -1.414$	0
8	0	$-\alpha = -1.414$
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มรุตและคณะ (2549) ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสีในน้ำพริกแกงแดงไทย พบว่าน้ำพริกแกงแดงที่ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงถึง 120 °C เป็นเวลา 40-60 นาที มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ต่ำกว่าและเวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ที่เวลา 60 นาทีและอุณหภูมิดังกล่าวมีผลต่อค่าความแตกต่างโดยรวมของสีเพิ่มขึ้นอีกด้วย

นิรนุช (2547) ศึกษาผลของวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำพริกแกง ในระหว่างการเก็บการผลิตจะเกิดปฏิกิริยามลลาร์ด และการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก ในการทดลองใช้วิธีดั้งเดิมการระเหยในสุญญากาศและระเหยในถาด พบว่าวิธีดั้งเดิมจะทำให้ pH ต่ำกว่าสองวิธีแรกและปริมาณกรดที่วัดได้จะมากกว่า การเติมเกลือ 5% จะทำให้ pH ลดลง และทำให้ pH ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่วัดได้ การเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนปริมาณเชื้อที่ใช้ออกซิเจน เชื้อราและยีสต์จะลดลงทีละน้อยระหว่างการเก็บรักษา (<http://www.vlit.net/php/vlit3/supersearch.php?gl&s=&i&pp=40&cl=1513&c2=3&p=7203.155.220.217/office/cpd/me7.html>)

Ahmed et al.(2002) ศึกษาจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงสีในซूपพริกเขียวเมื่อได้รับความร้อน (50-90°C) พบว่าค่าพลังงานกระตุ้นที่ทำให้เกิดการลดลงของสีเขียวและสีเขียวและสีทั้งหมดอยู่ที่ 23.04 และ 25.02 kJ/mol ตามลำดับ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าสีทั้งหมดนั้นจะเป็นตัวที่บ่งบอกถึงคุณภาพของซूपพริกที่ได้รับความร้อน อีกทั้งความร้อนยังมีผลทำให้สารแคปไซซิน ลดลงจาก 559 เป็น 441 microgram g⁻¹

Choi et al.(2006) ศึกษาการให้ความร้อนกับสารสกัดจากเห็ดที่อุณหภูมิ 100 และ 121 °C เป็นเวลา 15 และ 30 นาที แล้วตรวจวิเคราะห์ปริมาณสาร โพลีฟีนอลิก ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH (2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระABTS (2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) พบว่าที่อุณหภูมิ 121 °C ปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระABTS มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 100 °C

Kim et al.(2005) ศึกษาการให้ความร้อนกับสารสกัดจากเมล็ดองุ่นทั้งหมด และสารสกัดจากเมล็ดองุ่นผง ที่อุณหภูมิ 50, 100, 150, 200 °C เป็นเวลา 0 ถึง 120 นาที พบว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่นจะมีค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 40 นาที ขณะที่สารสกัดจากเมล็ดองุ่นผงจะมีค่าดังกล่าวมากที่สุด เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 10 นาที จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าในสารสกัดจากเมล็ดองุ่นทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 150 °C 40 นาที มีสารประกอบฟีนอลิกที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น azelaic, 3,4-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dihydroxy benzoic acid และ o-cinnamic acid จะเปลี่ยนรูปไปเป็นสารใหม่ ซึ่งแตกต่างจากสารประกอบฟีนอลิกที่พบในสารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่ไม่ได้ให้ความร้อน

Nicoli et al.(1997) ได้ให้ความร้อนซูปมะเขือเทศเข้มข้น 6°Brix ที่ 95 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในธรรมชาติจะลดลงเนื่องจากความร้อน แต่ได้เปลี่ยนรูปแบบของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดใหม่เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น

Tomaino et al.(2005) ศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา อบเชย กานพลู นัทเม็ก ออริกาโน และไทม์ วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีDPPH พบว่าที่อุณหภูมิ 25 80 100 120 และ 180 °C เวลา 3 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน แต่น้ำมันหอมระเหยจากนัทเม็กที่อุณหภูมิ 180 °C จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบหลักเป็นสารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้

Zanoni et al.(2003) ศึกษาถึงตัวอย่างผลกระทบในสภาวะของเวลาและอุณหภูมิต่างๆที่ใช้ในกระบวนการสเตอริไลซ์ ซูปมะเขือเทศ โดยทำการทดลองที่ 3 อุณหภูมิ คือที่ 90, 95 และ 100 °C เพื่อที่จะหาค่า kinetic คงที่ของคุณภาพของความร้อนและอันตรายจากจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อปริมาณสาร furosine เพิ่มขึ้น กรดแอสคอร์บิก (ascorbic) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ lycopene

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 ตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง

ในการทดลองใช้น้ำพริกแกงแดงสด (บรรจุใส่กระป๋องปิดฝามาจากโรงงานขนาด 35 × 75 mm. น้ำหนักกระป๋องละ 120 กรัม) จำนวน 338 กระป๋อง แช่น้ำแข็งในถังโฟม ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก น้ำพริกแม่ศรี 245 ม.1 ถ.เพชรเกษม ต.ธรรมศาลา อ.เมือง จ.นครปฐม ซึ่งมีการขนส่งจากแหล่งผลิตมายังภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยรถยนต์ แล้วนำมาเก็บไว้ในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทดลอง

ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงสด (ข้อมูลจากข้างกระป๋องบรรจุภัณฑ์)

พริกชี้ฟ้า	35%
กระเทียม	23%
หอมแดง	20%
เกลือ	7%
ตะไคร้	6%
เครื่องเทศอื่นๆ	5%
น้ำตาล	3%
ข่า	1%

นำน้ำพริกแกงแดงสดแช่เยือกแข็งออกจากตู้แช่เยือกแข็งมาทำการละลายในเครื่องอำนวยความสะดวกอุณหภูมิ โดยใช้น้ำพริกแกงแดงสดจำนวน 3 กระป๋องที่เจาะรูตรงจุดกึ่งกลางด้านข้างของกระป๋องแล้วสอดเทอร์โมคอปเปิล (Type J, Ellab, Denmark) เข้าทางรูที่เจาะซึ่งจะเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิระบบดิจิทัล (Ellaba-s, Denmark) จนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางกระป๋องมีค่าเท่ากับ 20°C

3.2 แบบแผนการทดลอง

ในการวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและค่า F_0 ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) และสีของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋อง ใช้เทคนิค Response Surface Methodology (RSM) เพื่อวางแผนการทดลอง โดยใช้รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบโพลิโนเมียลอันดับที่ 2 ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad (3.1)$$

เมื่อ

Y_i = Dependent variable

$X_1 = F_0$ ค่าต่ำสุดคือ 6 และค่าสูงสุดคือ 20

$X_2 =$ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ คือ สูงสุด = 114 °C และต่ำสุด 120 °C

b_{ij} = สัมประสิทธิ์ของตัวแปร

ใช้แบบแผนการทดลองแบบ CCD (Central composite design) มี 2 ตัวแปร แบ่งช่วงของตัวแปรออกเป็น 5 ระดับ เพิ่มจำนวนซ้ำที่จุดกลาง (0, 0, 0,...0) ซึ่งจะประกอบด้วยสภาวะการทดลอง (Treatment) 13 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ CCD (Central composite design)

Run	Code level		Treatment	
	X_1	X_2	F_0	Temperature(°C)
1	1	1	17.95	119.1
2	1	-1	17.95	114.9
3	-1	1	8.05	119.1
4	-1	-1	8.05	114.9
5	1.414	0	20	117
6	0	1.414	13	120
7	-1.414	0	6	117
8	0	-1.414	13	114
9	0	0	13	117
10	0	0	13	117
11	0	0	13	117
12	0	0	13	117
13	0	0	13	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

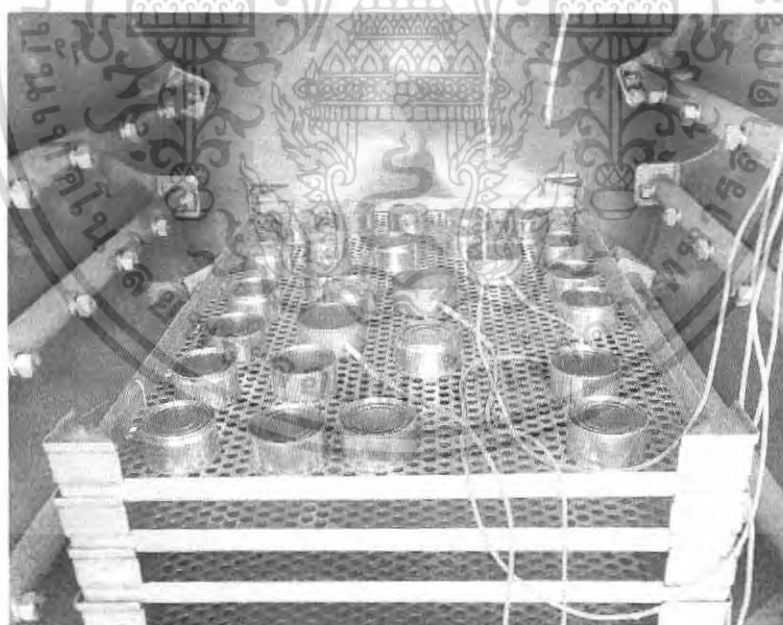
3.3 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

นําน้ำพริกแกงแดง(จำนวน 26 กระป๋องต่อการทดลอง) ที่เตรียมไว้ไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อแบบ Water spray Retort (KM Grand pack, Thailand) โดยใช้ค่า F_0 และค่าอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (Retort Temperature, RT) ตามแบบแผนการทดลอง CCD (ตารางที่3.1) ในแต่ละการทดลองจะบันทึกอุณหภูมิภายในกระป๋องตัวอย่าง 3 กระป๋องทุกๆ 1 นาที คำนวณผลรวมของค่า F_0 ทุกนาที จนกระทั่งได้ค่า F_0 รวมตามต้องการ ค่า F_0 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$F_0 = \int_0^t 10^{(CT-121)/Z} dt \quad (3.2)$$

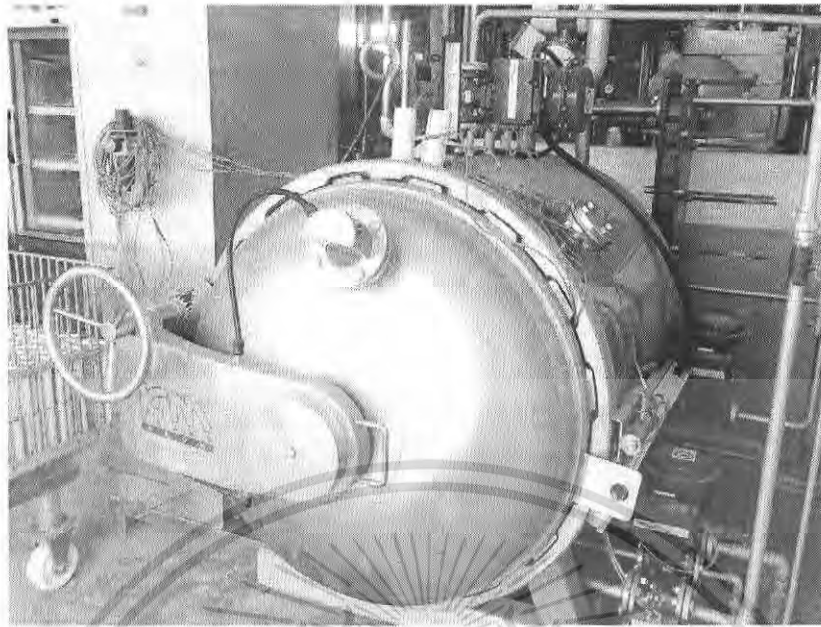
โดย CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ
 $Z = 10^\circ\text{C}$

จากนั้นทำให้กระป๋องเย็นลงที่อุณหภูมิภายในต่ำกว่า 50°C และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพต่อไป



รูปที่ 3.1 การจัดเรียงกระป๋องน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋องในหม้อฆ่าเชื้อ

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำพริกแกงแดง

3.4.1 การวัดสี

วัดตัวอย่างเริ่มต้นของน้ำพริกแกงแดงสดจำนวน 5 กระป๋องและน้ำพริกแกงแดงที่ให้ความร้อนแล้ว โดยสุ่มการทดลองละ 5 กระป๋อง เปิดกระป๋อง คนตัวอย่างให้ทั่วกันและปาดผิวหน้าให้สม่ำเสมอ แล้ววัดค่าสีที่ผิวหน้าของตัวอย่าง ด้วยเครื่องวัดค่าสี (The MiniScan, USA.) โดยวัดด้วยระบบ L^* , a^* , b^* โดย L^* = ค่าความสว่าง, a^* = ค่าสีแดง, b^* = ค่าสีเหลือง เครื่องจะวัดและบันทึกผลที่ได้ จากนั้นจึงนำไปหาค่า ΔE = ค่าความแตกต่างรวมของสี (สมการ 3.3)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2} \quad (3.3)$$

โดย L^*_0 = ค่าความสว่างของน้ำพริกแกงแดงสด
 a^*_0 = ค่าของสีแดงของน้ำพริกแกงแดงสด
 b^*_0 = ค่าของสีเหลืองของน้ำพริกแกงแดงสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การสกัดสารจากน้ำพริกแกงแดง

วิธีการสกัดสารตัวอย่างรายงานโดย Choi et al. (2005) โดยชั่งตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว ตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่หลอดโซโม่จิไนซ์ แล้วเติมเอทานอล 80% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทเอาเฉพาะส่วนใสใส่หลอดสีชา แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -4°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์

3.4.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.15, 0.20, 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที แล้ววัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตรด้วยเครื่อง spectrophotometer จากนั้นเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

3.4.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami et al. (2004) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย การทดลองเริ่มจากปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ (ซึ่ง DPPH 0.0158 กรัม ละลายในเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร) 0.12 มิลลิเมตร ใส่หลอดทดลองแล้วปิเปตตัวอย่างสารสกัด และเอทานอลความเข้มข้น 40% แล้วปรับให้ปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 1.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตรด้วยเครื่อง โดยใช้อเอทานอลความเข้มข้น 40% เป็น Blank แล้วไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ = $[1 - (\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง} / \text{ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม})] \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ได้ใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie and Strain (1999) มีหลักการคือ ตรวจวิเคราะห์ความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ (Iron Reagent) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซีซึ่งได้จากน้าอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Acetate buffer) ที่มี pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (ซึ่ง sodium acetate trihydrate 3.1 กรัม ผสมกับ glacial acetic acid 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร) สารละลาย TPTZ (Iron Reagent) (2, 4, 6- Tris (2- pyridyl)- s- triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ (ซึ่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร) และสารละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ (ซึ่ง $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร) ผสมทั้งหมดในอัตราส่วน 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน จากนั้นเทใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 3, 6, 9, 12, 15, 18 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตรทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

3.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้กลุ่มผู้ชิมคือเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นเพศหญิงจำนวน 26 คนและเพศชายจำนวน 4 คน อายุระหว่าง 25-50 ปี ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงในการทดลองนี้ได้เลือกแผนมาตรฐานการจัดตัวอย่าง แบบ BIB (ตารางที่ 3.2) ตามจำนวนตัวอย่าง ($t = 10$) และขนาดของบล็อกหรือจำนวนตัวอย่างต่อบล็อก ($k = 3$) โดยใช้น้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน จำนวน 150 กรัม นำมาปรุง โดยใช้เนื้อหมู 500 กรัม น้ำมัน 3 ช้อนโต๊ะ นมสด 4 ช้อนโต๊ะ ตั้งกระทะไฟปานกลาง ใส่น้ำมันลงในกระทะไฟฟ้าที่ระดับความร้อนและระยะเวลาที่เท่ากันเมื่อน้ำมันร้อนแล้วนำเนื้อหมูลงไปผัดจนสุก แล้วจึงใส่นมสดลงไป โดยน้ำพริกแกงแดงที่นำมาใช้ปรุงมาจากจากตัวอย่างการทดลอง 9 ตัวอย่าง (ตัดตัวอย่างที่จุกซ้ำออก 4 ตัวอย่าง) และเพิ่มอีก 1 ตัวอย่าง คือใช้น้ำพริกสด จะได้ตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ชิมจะได้รับตัวอย่างละชุด โดยในแต่ละชุดประกอบด้วยหมูปัดน้ำพริกแกงแดง 3 ชนิด พร้อมข้าวสวย 3 ถ้วย หลังจากนั้นให้ผู้ชิมแต่ละคนทำการให้คะแนน โดยให้คะแนนในด้าน สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนจะใช้แบบ 9 – point Hedonic Scale ในใบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 3.2 แผนมาตรฐานการจัดตัวอย่าง BIB ประเภทที่ 2 : $t=10, k=3, r=9, b=30, \lambda =2$

บล็อก	ซ้ำที่ 1, 2 และ 3			บล็อก	ซ้ำที่ 4, 5 และ 6			บล็อก	ซ้ำที่ 7, 8 และ 9		
(1)	1	2	3	(11)	1	2	4	(21)	1	3	5
(2)	2	5	8	(12)	2	3	6	(22)	2	6	7
(3)	3	4	7	(13)	3	4	8	(23)	3	8	9
(4)	1	4	6	(14)	4	5	9	(24)	2	4	10
(5)	5	7	8	(15)	1	5	7	(25)	3	5	6
(6)	4	6	9	(16)	6	8	9	(26)	1	6	8
(7)	1	7	9	(17)	3	7	10	(27)	2	7	9
(8)	2	8	10	(18)	1	8	10	(28)	4	7	8
(9)	3	9	10	(19)	2	5	9	(29)	1	9	10
(10)	5	6	10	(20)	6	7	10	(30)	4	5	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

เมื่อฆ่าเชื้อน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อที่สภาวะค่า F_0 และอุณหภูมิที่แตกต่างกันทั้ง 13 การทดลอง ตามแผนการทดลองแบบ CCD (Central composite design) สอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อดังนี้

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อของการทดลองที่สภาวะต่างๆ

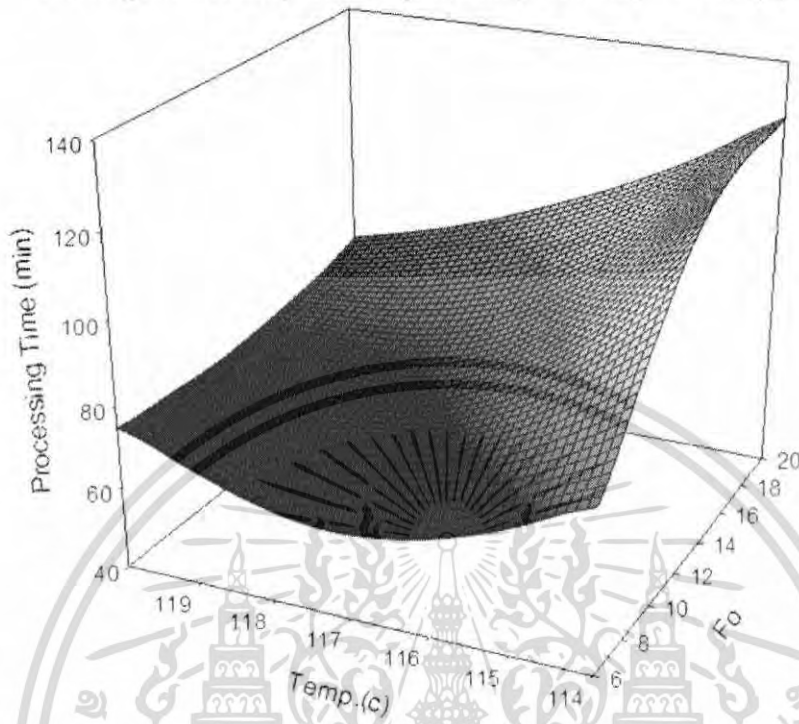
การทดลอง	การทดลอง		เวลาในการฆ่าเชื้อ
	F_0	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Process Time (min)
1	17.95	119.1	88.00
2	17.95	114.9	120.00
3	8.05	119.1	75.00
4	8.05	114.9	85.00
5	20	117	103.00
6	13	120	79.00
7	6	117	62.00
8	13	114	124.00
9	13	117	80.00
10	13	117	81.00
11	13	117	89.00
12	13	117	76.00
13	13	117	77.00

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าที่สภาวะฆ่าเชื้อที่มีค่า F_0 สูงนั้นใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื่อนานกว่าที่มีค่า F_0 ต่ำกว่า และเมื่อเปรียบเทียบที่ค่า F_0 เดียวกัน ที่สภาวะฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงนั้น ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 114°C เพื่อให้ได้ค่า F_0 13 ใช้เวลานานที่สุดคือ 124 นาที ขณะที่การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 119.1°C เพื่อให้ได้ F_0 8.05 ใช้เวลาสั้นที่สุดคือ 75 นาที และจากรูปที่ 4.1-4.2 การใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่ำ (น้อยกว่า 115°C) ค่า F_0 สูง (มากกว่า 14) พบว่าใช้เวลาฆ่าเชื่อนานที่สุด

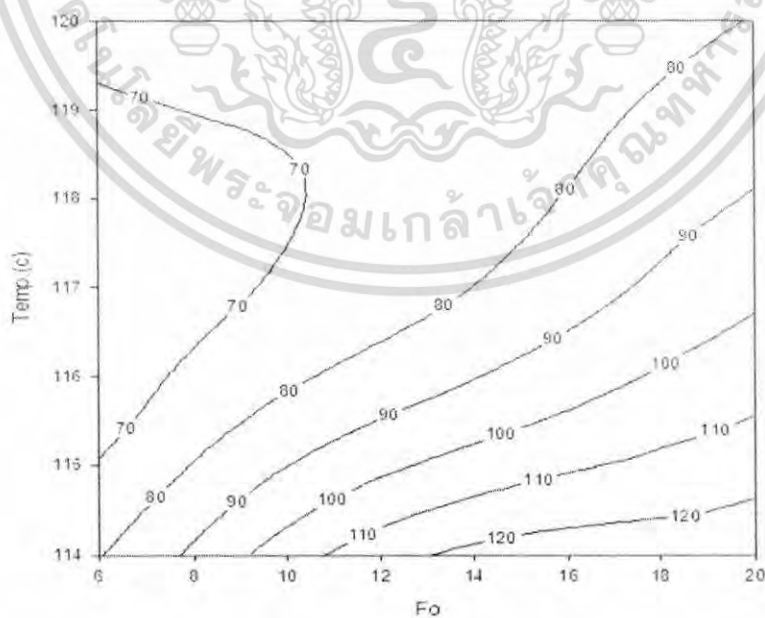
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Processing Time} = 1.8323X_1^{NS} - 492.5998X_2^{**} + 0.0208X_1^{2NS} + 2.0777X_2^{2**} - 0.00011X_1X_2^{**} + 29242.6687^{**}$$

$$R_2 = 0.88$$



รูปที่ 4.1 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำพริกแกงแดงที่ค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างๆ



รูปที่ 4.2 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำพริกแกงแดงที่ค่า F_0 และอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 คุณภาพของน้ำพริกแกงแดงสด

ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำพริกแกงแดงสด พบว่า มี ค่าสว่าง (L^*) เท่ากับ 31.33 , ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 35.19, ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 35.30 แสดงว่าน้ำพริกสดมีสีส้มแดงอมเหลือง เนื่องจาก มีส่วนประกอบของพริกซึ่งมีรงควัตถุที่มีสีแดงเป็นองค์ประกอบหลัก น้ำพริกสดมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (TPC) เท่ากับ 7.26 มิลลิกรัม/ตัวอย่าง 1 กรัม, ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% RSA) เท่ากับ 25.873% และค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) เท่ากับ 3.476 มิลลิกรัมไทโรซอล/ตัวอย่าง 1 กรัม

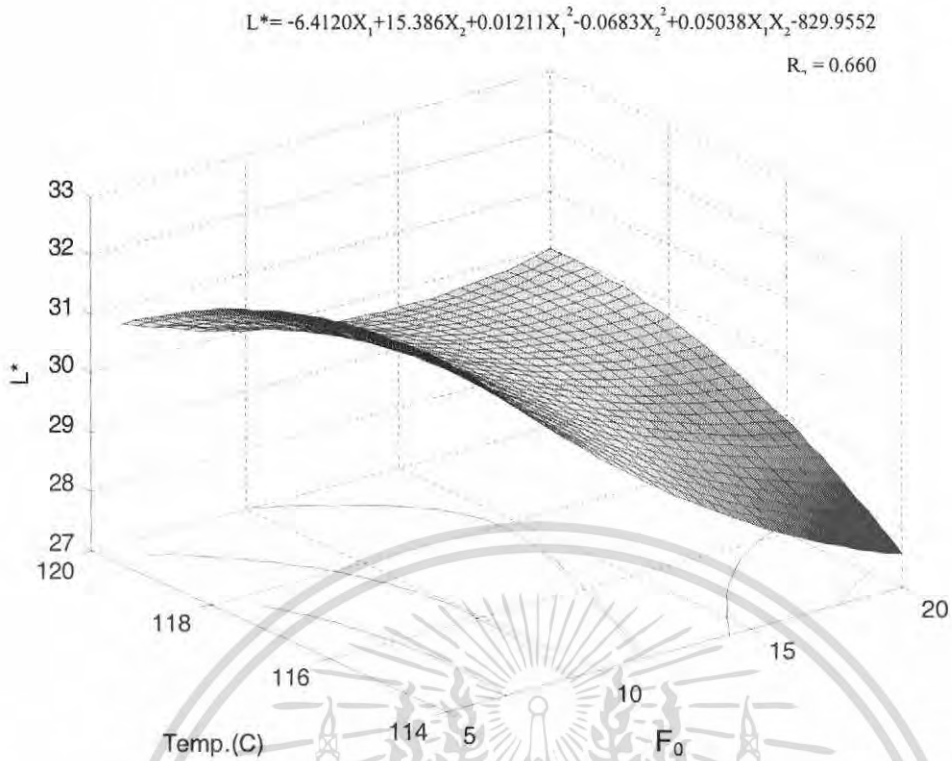
4.2 ค่าสี ($L^*a^*b^*$)

4.2.1 ค่าความสว่าง (L^*)

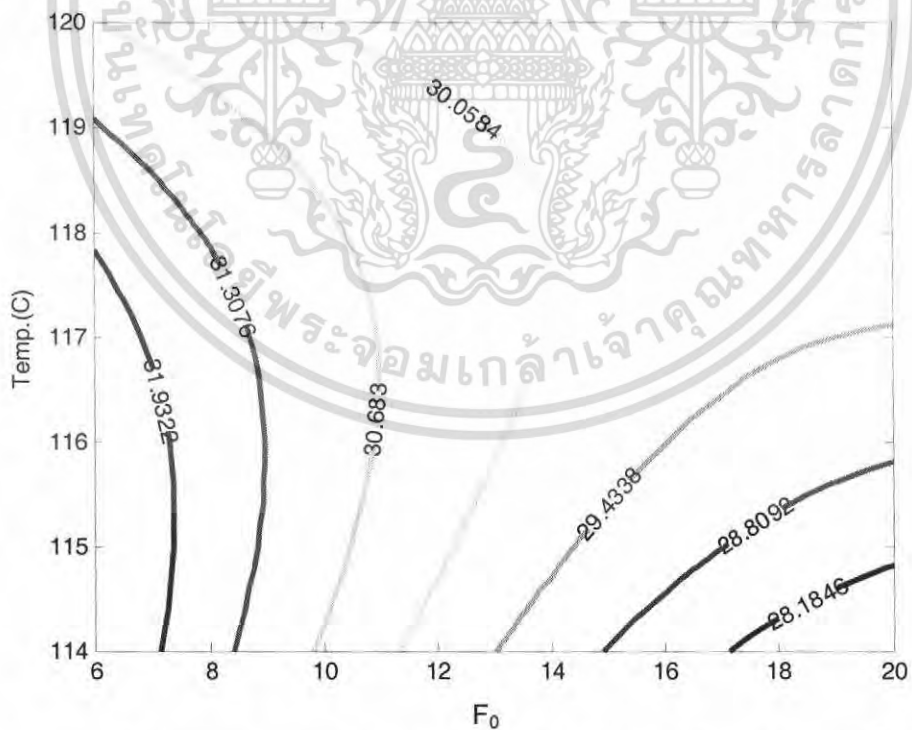
ค่า L^* หรือค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 (ซึ่งถ้าค่า L^* มีค่ามากแสดงว่ามีความสว่างมาก หรือเป็นสีขาว และเมื่อ L^* มีค่าน้อยแสดงว่ามีความสว่างน้อยหรือเป็นสีดำ) ซึ่งผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อและ F_0 ต่อค่าความสว่าง ในน้ำพริกแกงแดงแสดงไว้ดังรูปที่ 4.3-4.4 โดยมีสมการ สมการ โพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.660$ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดี

น้ำพริกแกงแดงมีค่าความสว่างเริ่มต้นเท่ากับ 31.33 เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆพบว่ามีค่าความสว่างลดลง ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 28.59 - 30.71

จากรูปที่ 4.4 สามารถอธิบายได้ว่าค่า F_0 ที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้มีค่าความสว่างลดลง และอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ต่ำลงมีแนวโน้มทำให้มีค่าความสว่างลดลงเช่นกัน เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำนั้น ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อมานานกว่า ซึ่งค่าความสว่างที่ลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้นนั้น เกิดจากการที่น้ำพริกแกงได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน



รูปที่ 4.3 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.4 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์สมการแบบถดถอย

Dependent response	Independent variables						R ²
	Intercept	Linear term		Quadratic term		Interaction term	
		F ₀ (X ₁)	Temperature (X ₂)	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₁ X ₂	
TPC (mg gallic acid equivalent/g)	1331.0603**	2.5967*	-22.9115**	0.0052 ^{NS}	0.0992**	0.0224*	0.801
Antioxidant activity							
%RSA	6952.2585**	2.4960 ^{NS}	0.0396 **	-118.715**	0.5094**	-0.0264 ^{NS}	0.869
FRAP (mg Trolox equivalent/g db)	-454.306*	1.4202 ^{NS}	7.7069*	-0.00369 ^{NS}	-0.0323*	-0.01059 ^{NS}	0.689
Color							
L*	-829.9552*	-6.4120**	15.386*	0.01211*	-0.0683*	0.05038**	0.660
a*	-476.7 ^{NS}	-1.1839 ^{NS}	8.7912 ^{NS}	-0.0096 ^{NS}	-0.0380 ^{NS}	0.0118 ^{NS}	0.141
b*	-1112.9714 ^{NS}	5.2430 ^{NS}	19.004 ^{NS}	-0.0519*	-0.0784 ^{NS}	-0.0317 ^{NS}	0.179
ΔE	-923.5567*	4.8973*	15.2625 ^{NS}	-0.0433*	-0.0626 ^{NS}	-0.0307 ^{NS}	0.171
คุณภาพทางประสาทสัมผัส							
สี	-848.4142 ^{NS}	4.5269 ^{NS}	13.9776 ^{NS}	0.0031 ^{NS}	-0.0569 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	0.137
กลิ่น	-795.534 ^{NS}	3.5981 ^{NS}	13.1929 ^{NS}	0.015 ^{NS}	-0.054 ^{NS}	-0.0347 ^{NS}	0.127
รสชาติ	-1267.1202 ^{NS}	2.2376 ^{NS}	21.3228 ^{NS}	-0.0041 ^{NS}	-0.0892 ^{NS}	-0.0187 ^{NS}	0.0752
ความชอบโดยรวม	-1351.8824 ^{NS}	0.8035 ^{NS}	23.0505 ^{NS}	0.0024 ^{NS}	-0.0977 ^{NS}	-0.008 ^{NS}	0.068

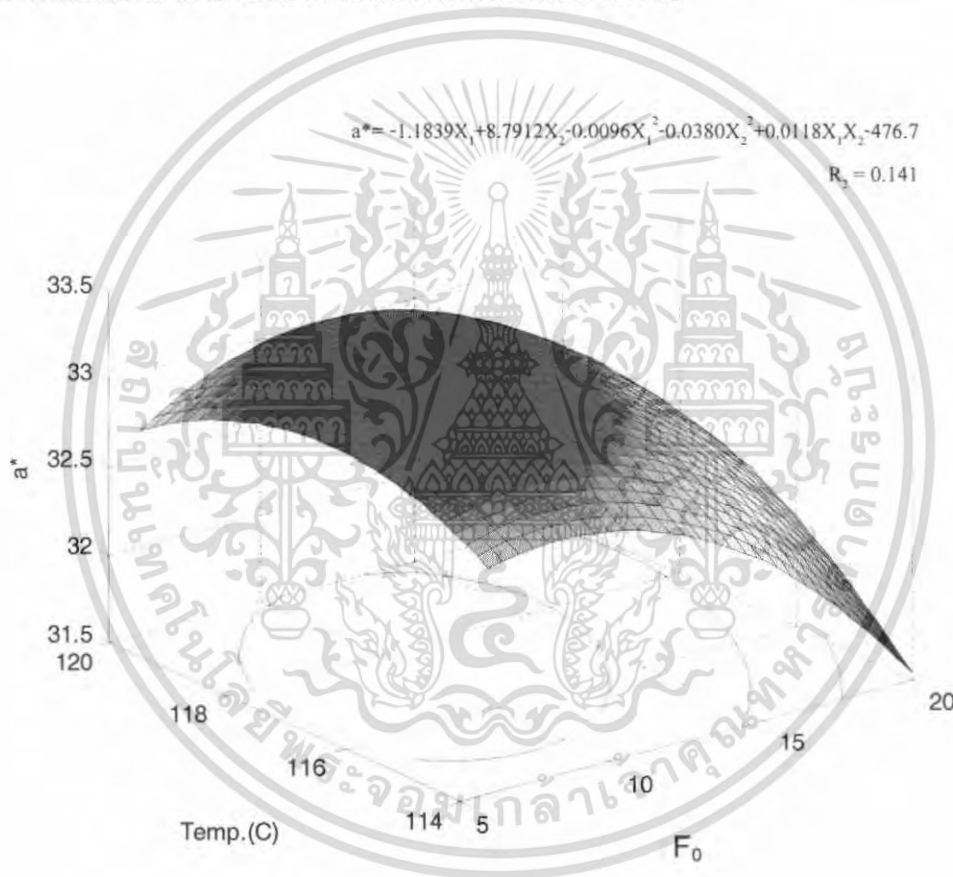
*Significant at p<0.05, ** Significant at p<0.01, ^{NS} Not Significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ค่าของสีแดง (a^*)

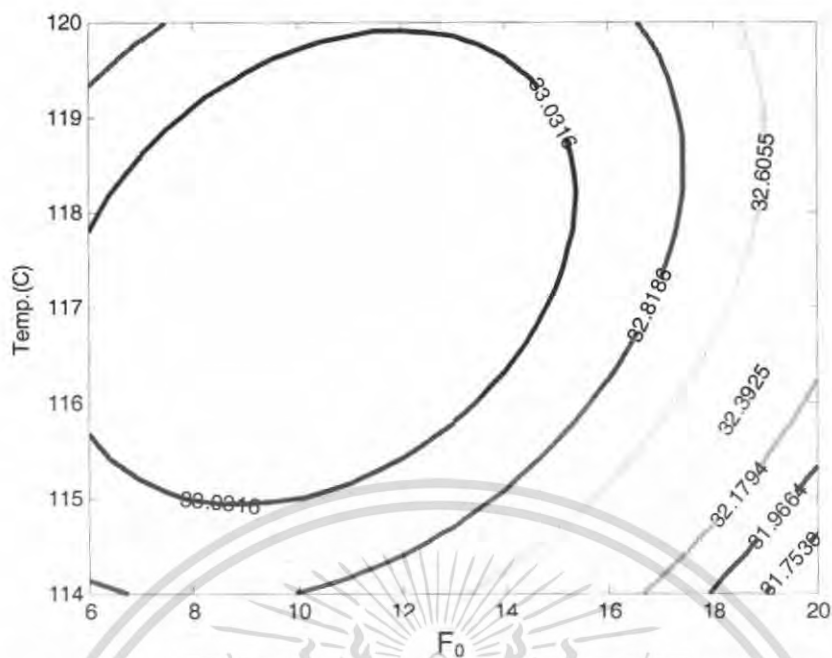
ค่า a^* หรือค่าของสีแดง ซึ่งเมื่อค่า a^* มีค่ามากแสดงว่ามีค่าเป็นสีแดงมาก ค่าของสีแดงในน้ำพริกแกงแดงสดมีค่า 35.191

รูปที่ 4.5-4.6 แสดงถึงผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และ F_0 ต่อค่าของสีแดงในน้ำพริกแกงแดง โดยสมการ สมการโพลิโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.141$ ซึ่งบ่งบอกว่าสมการที่ได้ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และ F_0 ต่อค่าของสีแดงในน้ำพริกแกงแดงได้ เป็นผลมาจากทรงควดรูตีแดงเช่นแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีมากในพริกซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่อยู่ในน้ำพริกแกงแดงเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ช่วงอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงของน้ำพริกหลังการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.5 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีแดง (a^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



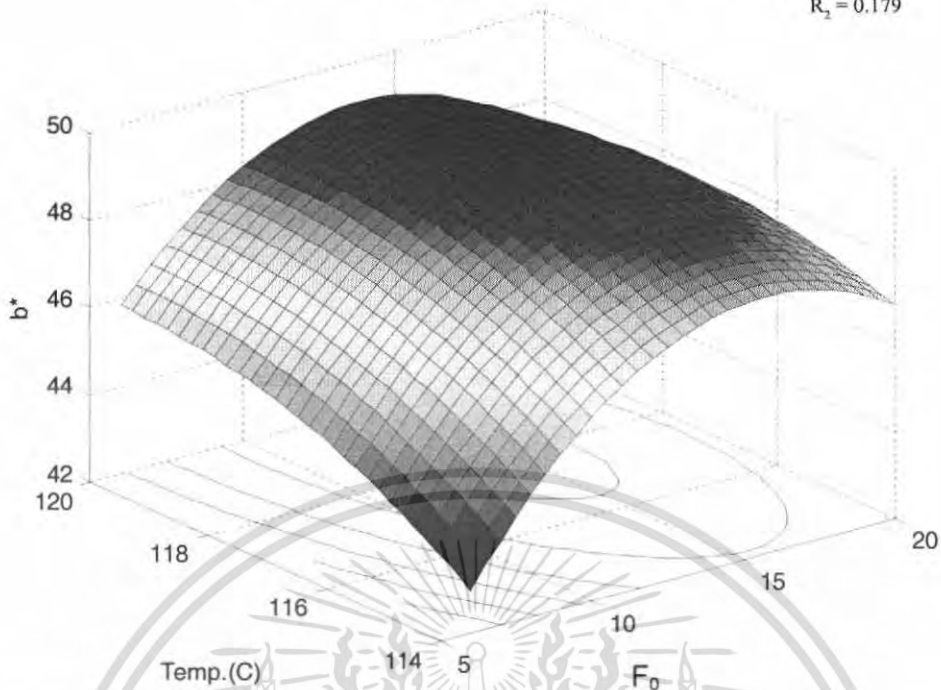
รูปที่ 4.6 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีแดง (a^*) ของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

4.2.3 ค่าของสีเหลือง (b^*)

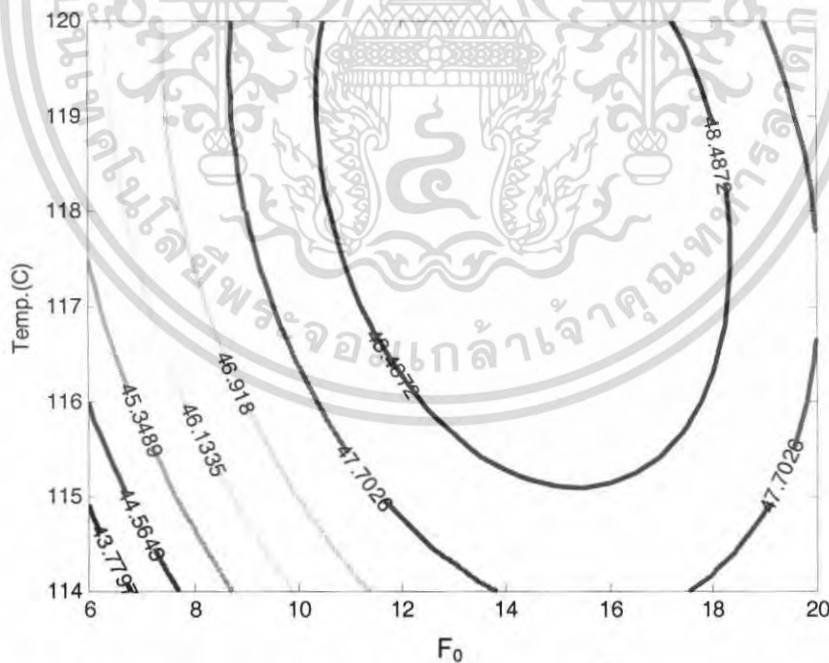
ค่า b^* หรือค่าของสีเหลือง เมื่อค่า b^* มีค่ามากแสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองมาก ค่าของสีเหลืองในน้ำพริกแกงแดงสดมีค่า 45.306 ค่าของสีเหลืองในน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแสดงดังรูปที่ 4.7-4.8 โดยมีสมการ สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.179$ จากรูปดังกล่าวพบว่าค่า F_0 ที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าของสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากระดับความสัมพันธ์ R^2 ซึ่งมีค่าน้อย จึงไม่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน

$$b^* = 5.2430X_1 + 19.004X_2 - 0.0519X_1^2 - 0.0784X_2^2 - 0.0317X_1X_2 - 1112.9714$$

$$R_2 = 0.179$$



รูปที่ 4.7 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าของสีเหลือง (b^*) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.8 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแกงแดงค่าของสีเหลือง (b^*) หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ค่าความแตกต่างรวมของสี (ΔE)

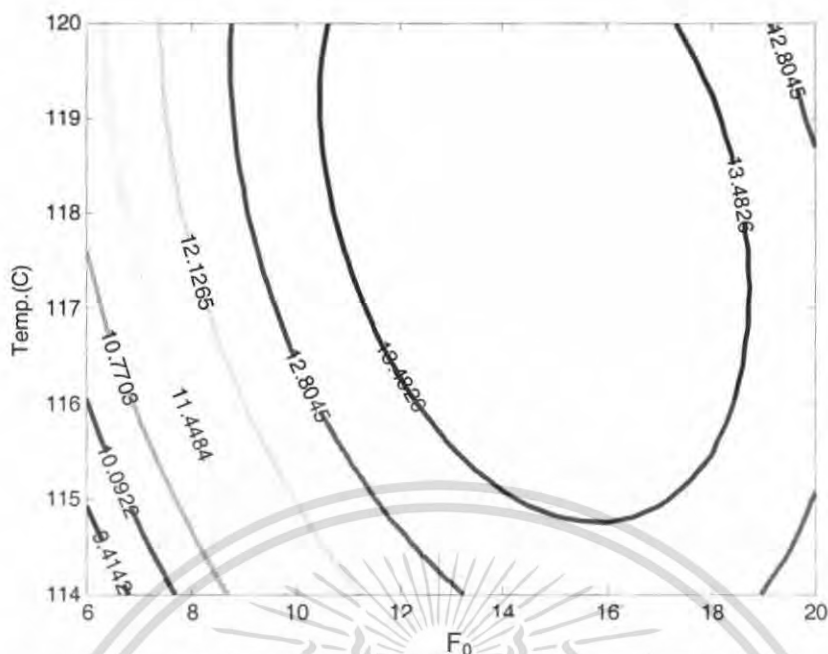
ΔE หรือค่าความแตกต่างรวมของสี เป็นค่ารวมความแตกต่างของค่าความสว่าง ความแตกต่างของสีแดง และความแตกต่างของสีเหลือง เทียบกับสีน้ำพริกแกงแดงสด

จากรูปที่ 4.9-4.10 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และค่า F_0 ต่อค่าความแตกต่างรวมของสีในน้ำพริกแกงแดง โดยมีสมการ สมการ โพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.171$ เนื่องจากระดับความสัมพันธ์ R^2 ซึ่งมีค่าน้อยมาก จึงไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ที่ต้องการศึกษาได้



รูปที่ 4.9 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างรวมของสี (ΔE) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแกงแดงค่าความแตกต่างรวมของสี (ΔE) หลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds, TPC)

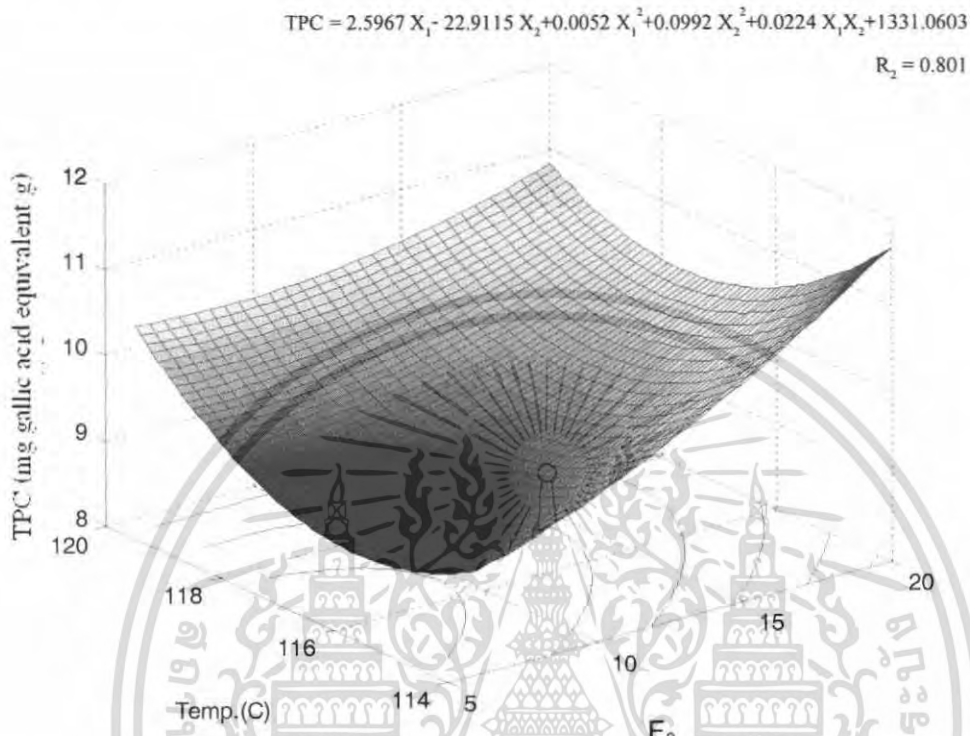
สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ส่วนผสมในน้ำพริกแกงแดงจะประกอบไปด้วยสมุนไพรหลายชนิด ที่มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่มาก

จากรูปที่ 4.11-4.12 เป็นรูปที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อและค่า F_0 ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำพริกแกงแดง โดยมีสมการ โพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.801$ จึงสามารถอธิบายผลของความสัมพันธ์ได้ดี จากสมการพบว่า อุณหภูมิฆ่าเชื้อ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ทั้งในสัมประสิทธิ์ของพจน์ linear และ quadratic ($p < 0.01$) และค่า F_0 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสัมประสิทธิ์ของพจน์ linear ($p < 0.05$) ในขณะที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสัมประสิทธิ์ของพจน์ quadratic

น้ำพริกแกงแดงสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 7.264 mg gallic acid equivalent/g db เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ 8.688-10.675 mg gallic acid equivalent/g db ซึ่งคิดเป็นปริมาณเพิ่มขึ้น 19.60-46.95% เมื่อเทียบกับน้ำพริกแกงแดงสด จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าสภาวะที่ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดคือ การใช้ อุณหภูมิ ต่ำ (114°C) และค่า F_0 สูง (>18) ซึ่งทำให้ได้ค่า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ประมาณ 11 % ค่าสารประกอบฟีนอลิกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นนั้นเนื่องมาจากความร้อนในการฆ่าเชื่อนั้นไปทำลาย

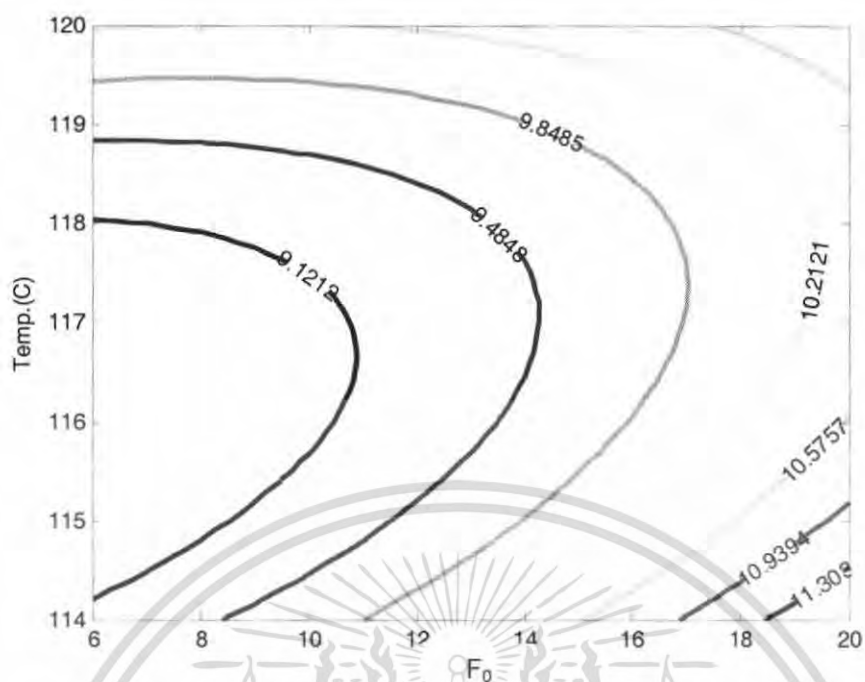
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังเซลล์ จึงมีการปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกมาได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scalzo, Iannocari, Summa, Morelli and Rapisarda (2004) ได้รายงานผลจากการทดลองว่า ความร้อนมีแนวโน้มทำให้สารประกอบฟีนอลิกในน้ำส้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.11 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

4.4 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity, %RSA)

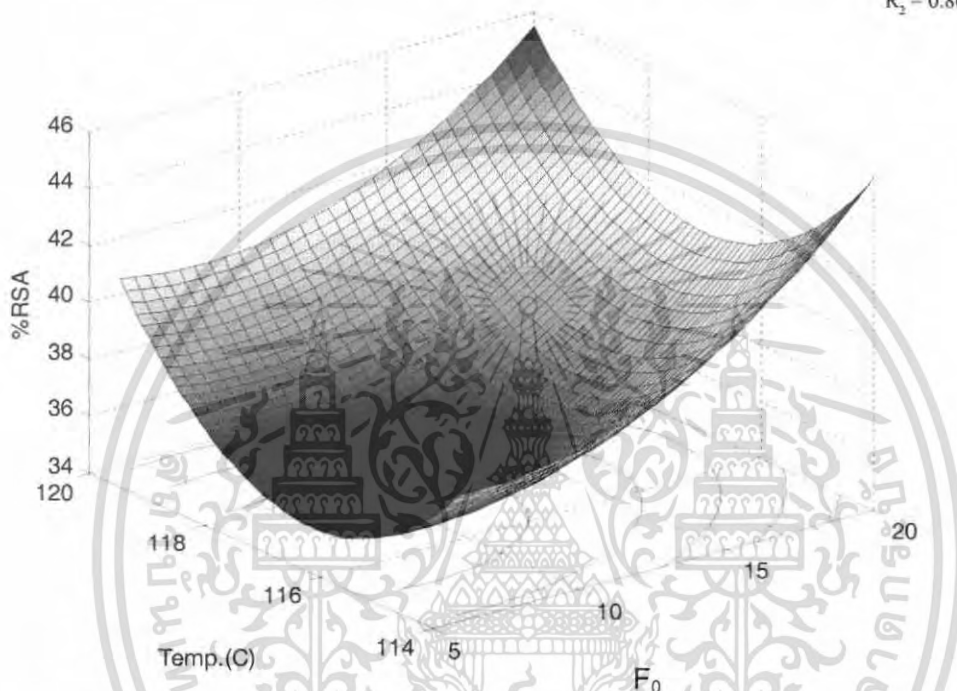
เป็นวิธีวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากน้ำพริกแกง น้ำพริกแกงแดงที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเริ่มต้นเท่ากับ 25.873%RSA เมื่อ น้ำพริกแกงแดงมาผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆพบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 35.336-41.843%RSA จากรูปที่ 4.13-4.14 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อและค่า F_0 ต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยสมการโพลิโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.869$ จึงสามารถอธิบายผลของความสัมพันธ์ได้ดี จากสมการพบว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อมีผลต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในสัมประสิทธิ์ของพจน์ linear และ quadratic ($p < 0.01$) ในขณะที่ค่า F_0 ไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสัมประสิทธิ์ของพจน์ linear แต่มีผลในสัมประสิทธิ์ในสัมประสิทธิ์ของพจน์ quadratic

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าสภาวะที่ให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงสุด คือการใช้ อุณหภูมิ ต่ำ (114 ซ) และค่า F_0 สูง (>18) ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับสภาวะที่ให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดแสดงว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นทำให้มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเช่นกัน และการใช้อุณหภูมิสูง (< 118 C) F_0 สูง (>18) พบว่ามีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงสุดเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มรรตและ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ (2549) ได้รายงานว่าการให้ความร้อนแก่น้ำพริกแกงแดงที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 60 นาที และที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 30-40 นาทีที่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ และจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 50-60 นาที

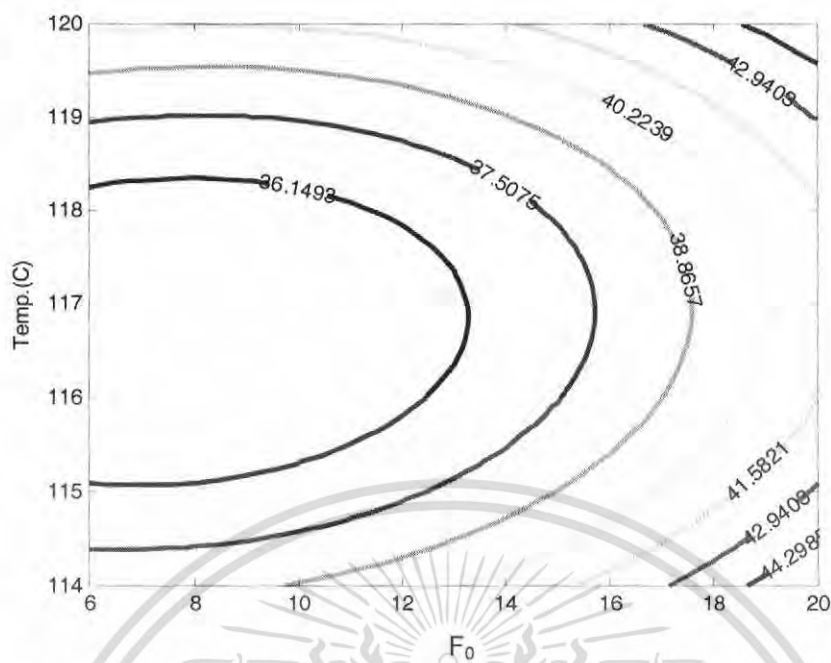
$$\%RSA = 2.4960 X_1 + 0.0396 X_2 - 118.71530 X_1^2 + 0.5094 X_2^2 - 0.0264 X_1 X_2 + 6952.2585$$

$$R_2 = 0.869$$



รูปที่ 4.13 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%RSA) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%RSA) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

4.5 ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power, FRAP)

เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการลดประจุจาก Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} หากสามารถลดประจุได้มากก็จะมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมาก

จากรูปที่ 4.15-4.16 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อและค่า F_0 ต่อค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยสมการ สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงในตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.689$ จึงสามารถอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงได้ปานกลาง จากสมการพบว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อมีผลต่อค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกทั้งใน linear และ quadratic term ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่า F_0 ไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในสัมประสิทธิ์ของพจน์ linear และ quadratic

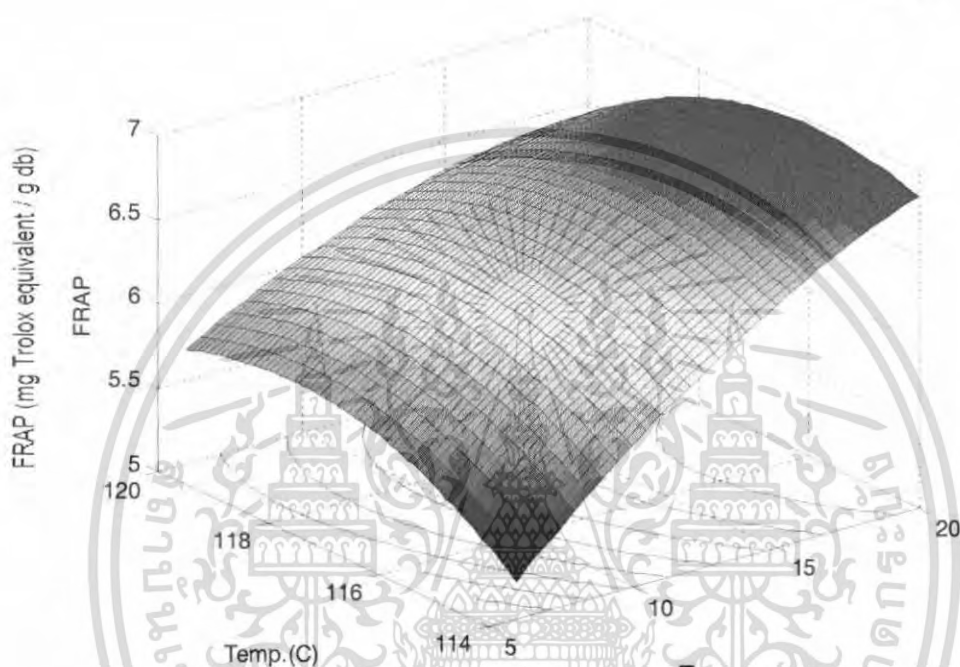
น้ำพริกแกงแดงที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความสามารถรีดิวซ์เฟอร์ริกเริ่มต้นเท่ากับ 3.476 mg Trolox equivalent/g db หลังจากที่ผ่านมาการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 5.580 - 6.947 mg Trolox equivalent/g db โดยเพิ่มขึ้น 60.52-99.85 % เมื่อเทียบกับน้ำพริกแกงแดงสด จากรูปที่ 4.14 พบว่าค่าความสามารถรีดิวซ์เฟอร์ริกมีแนวโน้มเพิ่มสูงสุดที่ภาวะการใช้อุณหภูมิต่ำการฆ่าเชื้อกว่า 118 °C และค่า F_0 มากกว่า 18 ซึ่งสภาวะที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุด (114 °C) และค่า $F_0 > 18$) ก็อยู่ในขอบเขตดังกล่าว แต่ช่วงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่เพิ่มขึ้นมีขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า

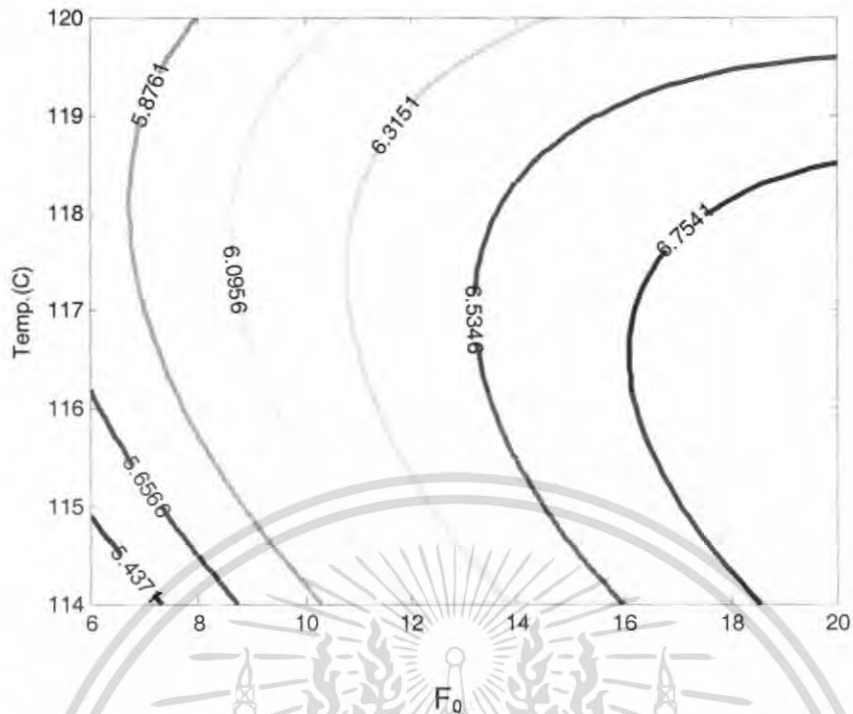
$$FRAP = 1.4202X_1 + 7.7069X_2 - 0.00369X_1^2 - 0.0323X_2^2 - 0.01059X_1X_2 - 454.306$$

$$R_2 = 0.689$$



รูปที่ 4.15 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

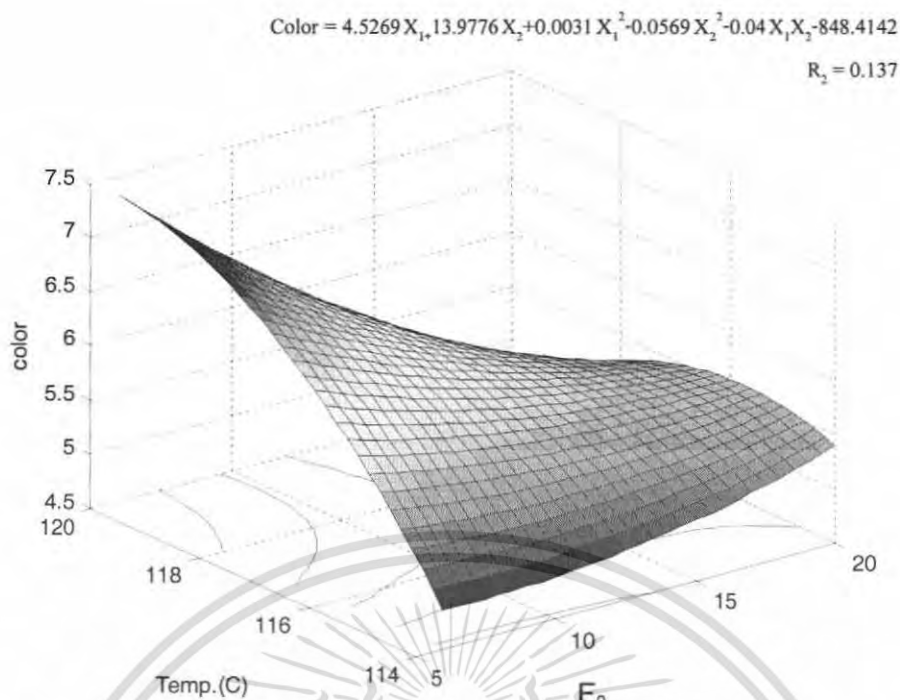


รูปที่ 4.16 กราฟ 2 มิติ Contour plot ของค่าการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของน้ำพริก แกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

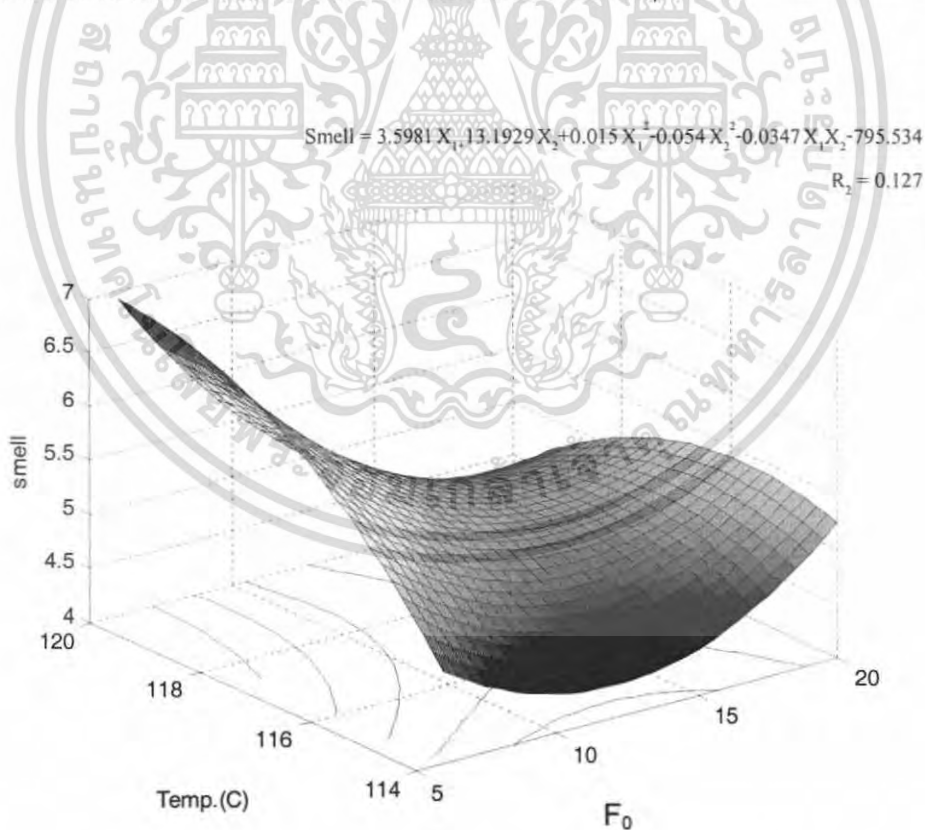
4.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบ แบบ 9 – point Hedonic Scale แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิ ฆ่าเชื้อและค่า F_0 ต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดง ในรูปที่ 4.17-4.20 โดยมีสมการ สมการ โพลีโนเมียลอันดับ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 มีค่า $R^2 = 0.137, 0.127, 0.0752$ และ 0.068 ของสี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยมากจึงบ่งบอกได้ว่า สมการที่ได้ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และ F_0 ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างของน้ำพริกแกงแดงในแต่ละสภาวะการฆ่าเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

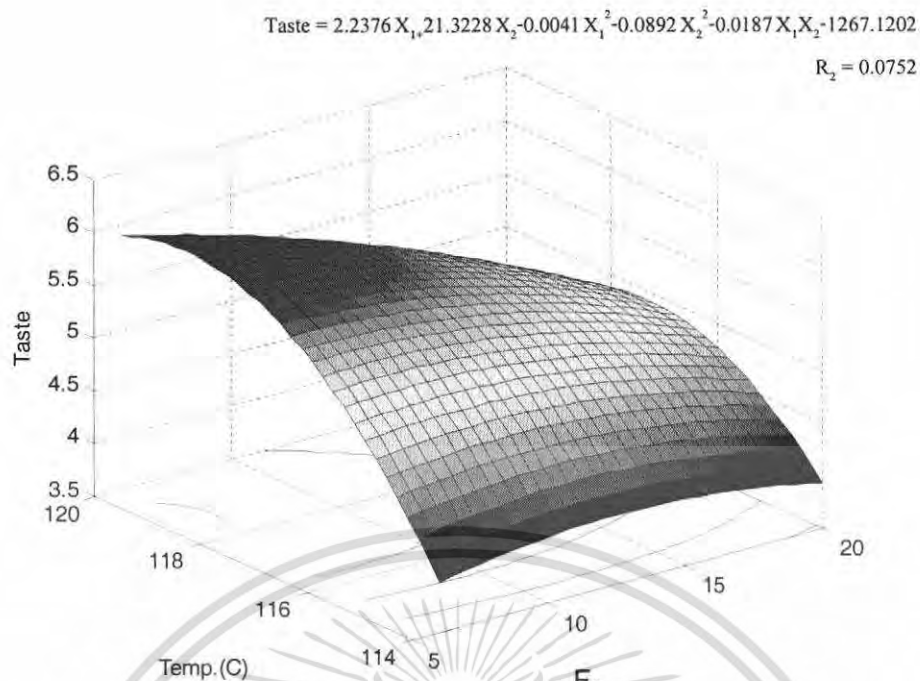


รูปที่ 4.17 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

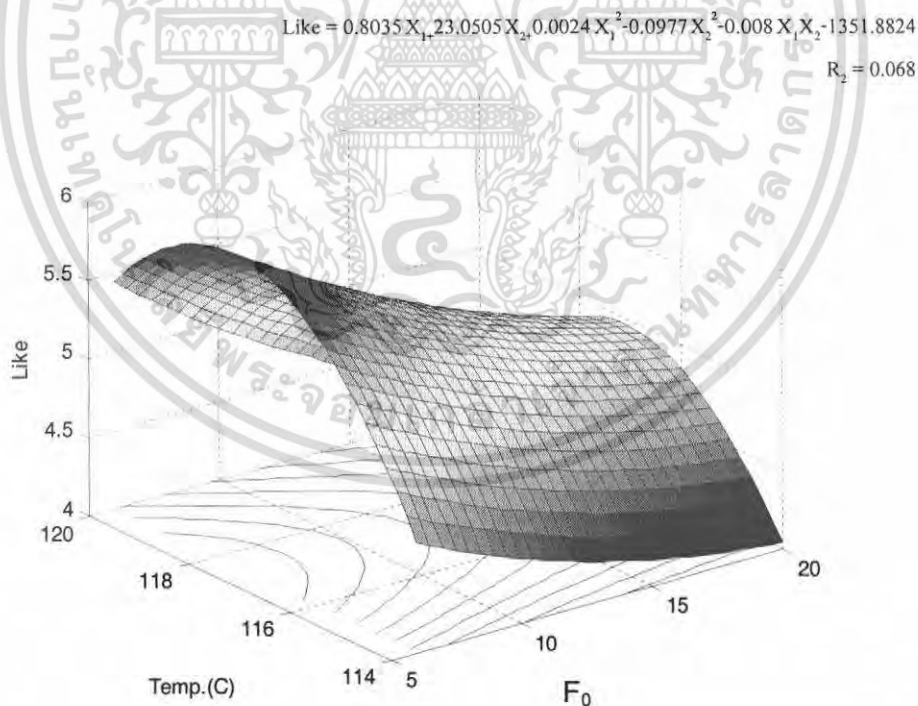


รูปที่ 4.18 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.20 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมของน้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำพริกแกงแดง

การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อนั้นนอกจากจะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นแล้ว ควรมีสีที่ไม่แตกต่างจากน้ำพริกสดมากเกินไป ซึ่งทางคณะผู้วิจัยพบว่าจากการทดลองค่าที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อมีค่าอยู่ในช่วง F_0 6-8.05 ที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 117°C ซึ่งใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้น ซึ่งนอกจากจะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีค่าสีที่เพียงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจึงยังคงเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

น้ำพริกแกงแดงสด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 7.264 mg gallic acid equivalent/g db ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 25.873%RSA ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกเท่ากับ 3.476 mg Trolox equivalent/g db และค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 31.33 หลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ ระหว่าง 114-120°C และ ค่า F₀ ระหว่าง 6-20 โดยการวางแผนการทดลอง แบบ CCD (Central Composite Design) พบว่า น้ำพริกแกงแดงหลังผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกเพิ่มขึ้น และมีค่าความสว่างลดลง โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อและค่า F₀ ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก และค่าความสว่าง สามารถอธิบายได้ด้วยสมการโพลีโนเมียลอันดับสอง โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.801, 0.869, 0.689 และ 0.660 ตามลำดับ น้ำพริกแกงสภาวะการฆ่าเชื่อน้ำพริกแกงแดง ที่ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงสุด คือ การใช้ อุณหภูมิ ต่ำ (114°C) และค่า F₀ สูง (>18) ซึ่งทำให้ได้ค่า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ประมาณ 11 % และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ประมาณ 44.29% ค่าความสามารถรีดิวซ์เฟอริกมีแนวโน้มเพิ่มสูงสุดที่ภาวะการใช้อุณหภูมิต่ำการฆ่าเชื้อที่ 118.5 °C และค่า F₀ มากกว่า 18 ซึ่งช่วงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกที่เพิ่มขึ้นมีขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า และค่าความสว่างลดลงมากที่สุดที่ภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำ (114°C) และค่า F₀ สูง (>18) เช่นกัน ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และ F₀ ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ได้ เนื่องจากผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างของน้ำพริกแกงแดงในแต่ละสภาวะการฆ่าเชื้อได้

เอกสารอ้างอิง

- ทิพพพร อยู่วิทยา 2536. “สารระงับเชื้อเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ : การกำหนด
กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. วารสารอาหาร 23(1) : 46-52
- นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- นรินทร์ หอมรัตน์ . “ศึกษาผลของวิธีการผลิตที่มีคุณภาพของของน้ำพริกแกง” [online]. Available:
http://www-ang.kfunigraz.ac.th/~katzcr/cngl/generic_frame.html, 2005.
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร. เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. อมรการพิมพ์
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร. เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. อมรการพิมพ์
- พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2549. “การใช้สารประกอบฟีนอลิกของพืชเป็นสารต้านอนุมูล.” วารสาร
วิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้า : 26(3)
- มรุต อังศุรตันเวช, นัศรแก้ว นิธิเศรษฐิกุล, วรินกานูจน์ วชิรเดชเสถียร .2549. “ ผลของความร้อน
ต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และ
สีในน้ำพริกแกงแดงไทย”. วิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. “บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ.” วารสารอาหาร : 32(4),
245-253
- โอภา วัชรคุปต์.ปรีชา บุญจูง.จันทนา บุญยรัตน์.มาลีรักษ์ อัดต์สินทอง. 2549. สารต้านอนุมูล
อิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : พี.เอส.พรินท์
- Ahmed, Jasim., Shivhare U.S. & Ramaswamy, H.S. (2005). A Fraction Conversion Kinetic
Model for Thermal Degradation of color in Red Chilli Puree and Paste. *Lebensm.-Wiss
u.- Technol*, 35, 497-503.
- Amin Ismail, Zamaliah M. Marjan and Chin W. Foong. 2004. “Total antioxidant activity and
phenolic content in selected vegetables.” **Food Chemistry** 87(4) : 581-586
- Ann W. Hsing, Anand P. Chokkalingam, Yu-Tang Gao, M. Patricia Madigan, Jie Deng, Gloria,
Joseph F. Fraumeni, Jr. 2002. “Allium Vegetables and Risk of Prostate Cancer: A
Population-Based Study.” **Journal of the National Cancer Institute** 94(21)
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee H.B. & Lee J. (2006). Influence of heat treatment on the
antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*)
mushroom. **Food chemistry**, 99, 381-387.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Desrosier, N.W. and Desrosier, J.N. 1977. **The technology of food Preservation** .4th ed.AVI publishing Cp. Inc. Westport Conn., pp 152-217
- Gianni Sacchetti, Silvia Maietti, Mariavittoria Muzzoli, Martina Scaglianti, Stefano Manfredini, Matteo Radice, Renato Bruni. (2005). “Comparative evaluation of 11 essential oils of Different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods.” **Food Chemistry**, 91, 621-632.
- Ito, K., Nakazato, T., Murakami, A., Yamato, K., Miyakawa, Y., Yamada, T., Hozumi, N., Ohigashi, H., Ikeda, Y ., & Mizaki, M. 2004. Induction of Apoptosis in human myeloid leukemia cells by 1'-acetoxychavicol acetate through a mitochondrial- and FAS- mediated Dual Mechanism. **Clinical Cancer Research**, 10, 2120-2130.
- Juntachote T. & Berghofer E. (2005). Antioxidative properties and stability of ethanolic extracts of holy basil and Galangal. **Food Chemistry**, 92, 193-202.
- Juntachote T. & Berghofer E., Siebenhandl S. & Bauer F . (2005). The effect of dry powder and its ethanoilic extracta on oxidative stability in cooked ground pork. **LWT**
- Kim so-Young, Jeong Seok-Moon, Park Woo – Po, Nam, K.C., Ahn D.U. & Lee Seung – Cheol. (2006). Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed exteacts. **Food Chemistry**, 97, 472-479
- Lee Seung – Choel, Jeong Seok – Moon, Kim So – Young, Park Har – Ryong, Nam, K.C. & Ahn, D.U. (2006). Effect of far – infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. **Food Chemistry**, 94, 481-493.
- Maria Cristina Nicoli, Monica Aneae, Maria Teresa Parpinel, Silvia Franceschi & Carlo R. Leric. (1997). Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. **Cancer Letters**, 114, 71-74
- N. Deepa, Charanjit Kaur, Binoy George, Balraj Singh and H.C. Kapoor. 2007. “Antioxidant constitute in some sweet pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes during maturity.” **Food Science and Technology** 40(1) : 121-129
- N. Satya Prasad, R. Raghavendra, B. R. Lokesh, K.A.K. Akhilender Naidu. 2004. “Spice Phenolics inhibit human PMNL 5-lipoxygenase.” **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**. 70(6) : 521-528
- Ranganna, S. 1978. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products**. New delhi : Teta

Scalzo, R.L., Iannococci, T., Summa, C., Morelli, R., & Rapisarda, P., (2004). Effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. **Food Chemistry**, 85(1) 41-47

Tomaino, A., Cimaino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A. & Saija, A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. **Food Chemistry**, 89, 549-554.

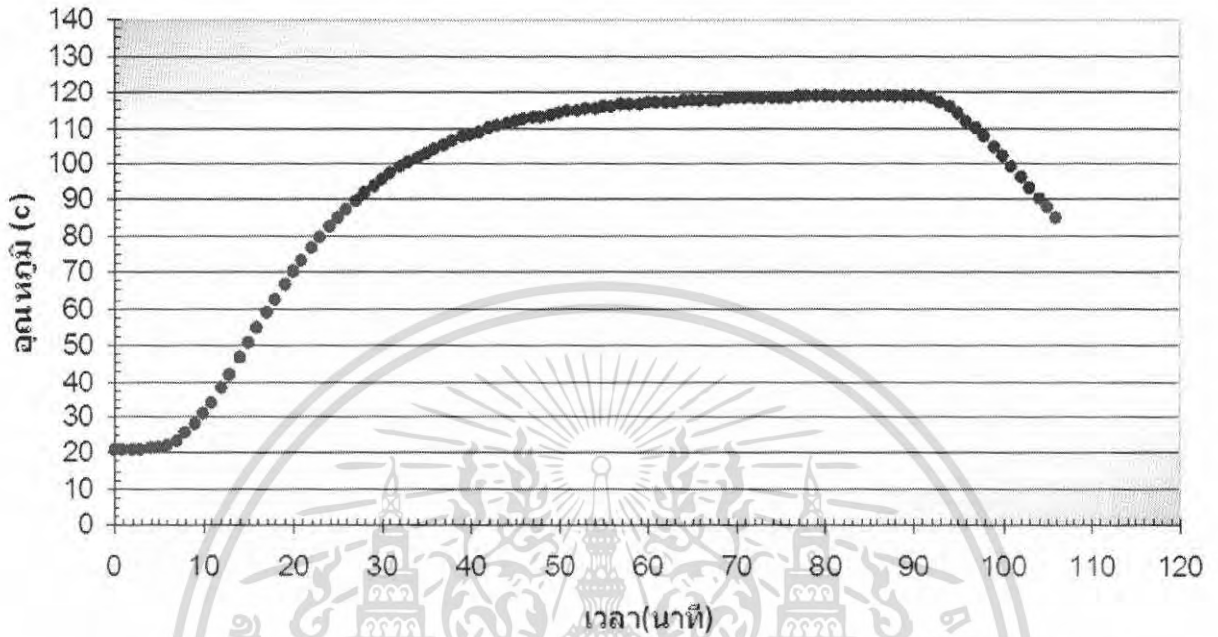


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

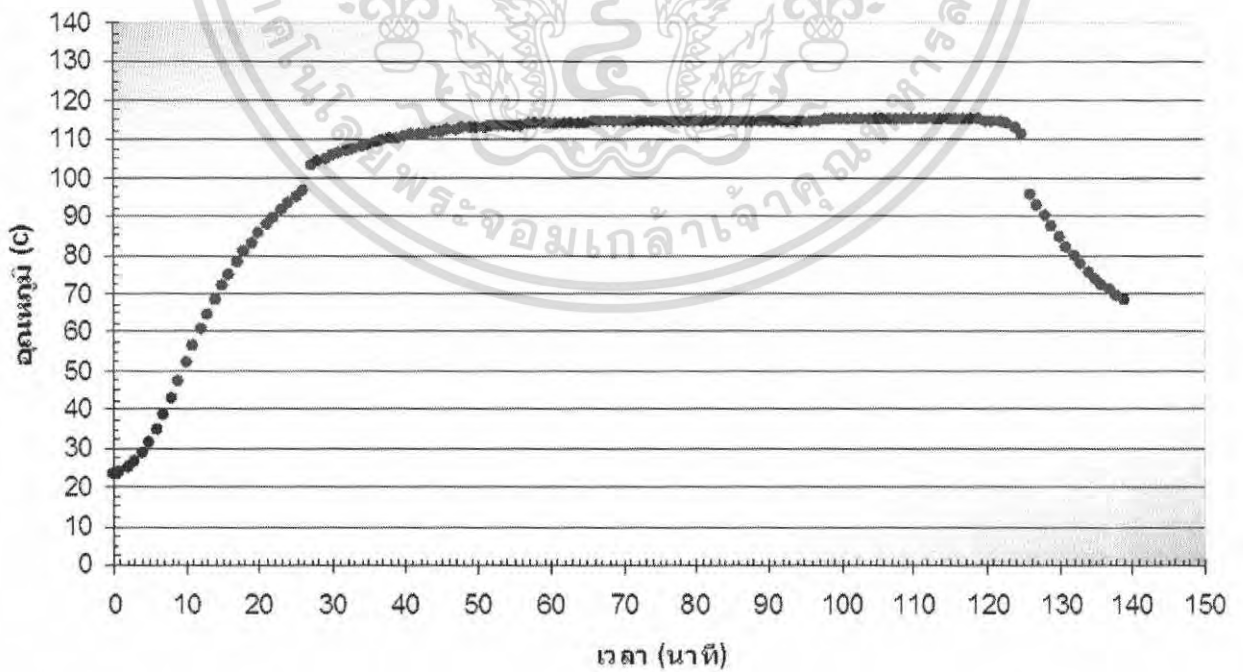


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

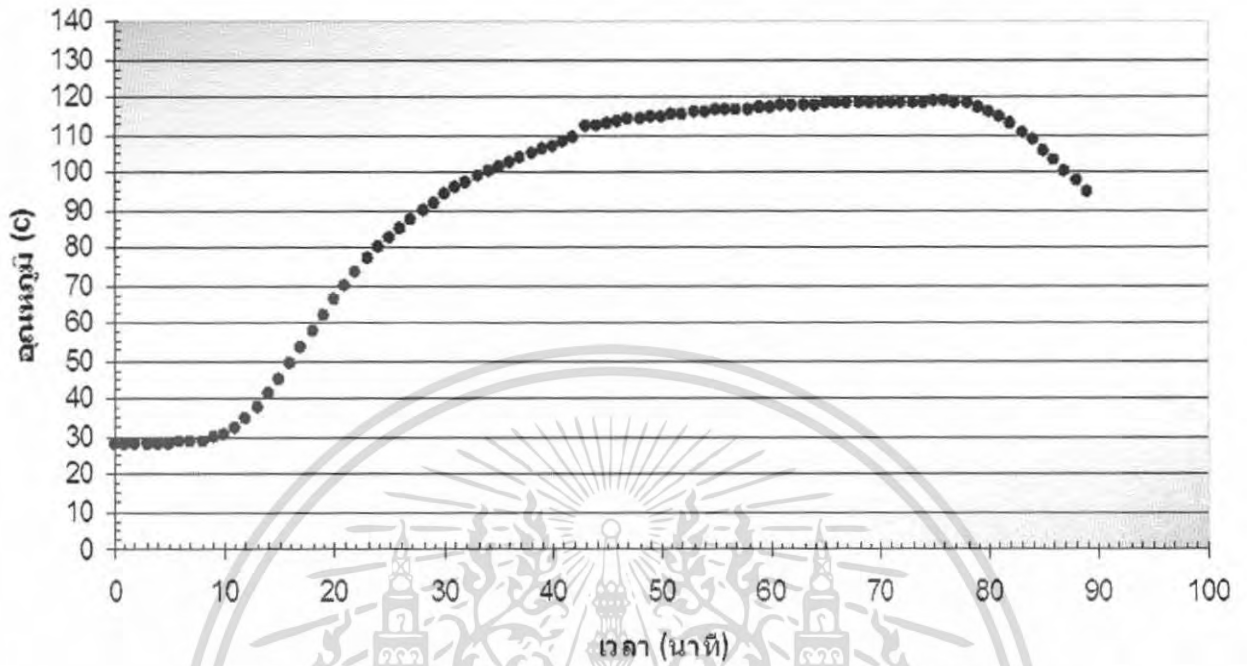


รูปที่ ก 1 ผลการทดลองที่ 1 ($F_0 = 17.95$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 119.1 °C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

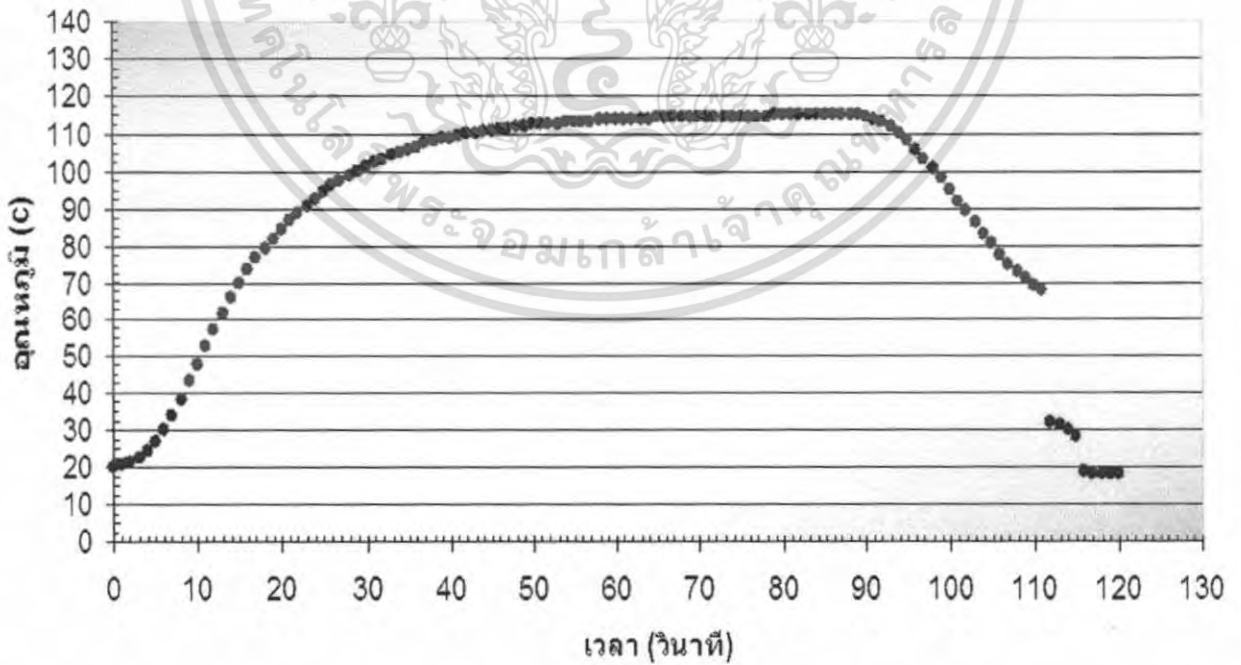


รูปที่ ก 2 ผลการทดลองที่ 2 ($F_0 = 17.95$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 114.9 °C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

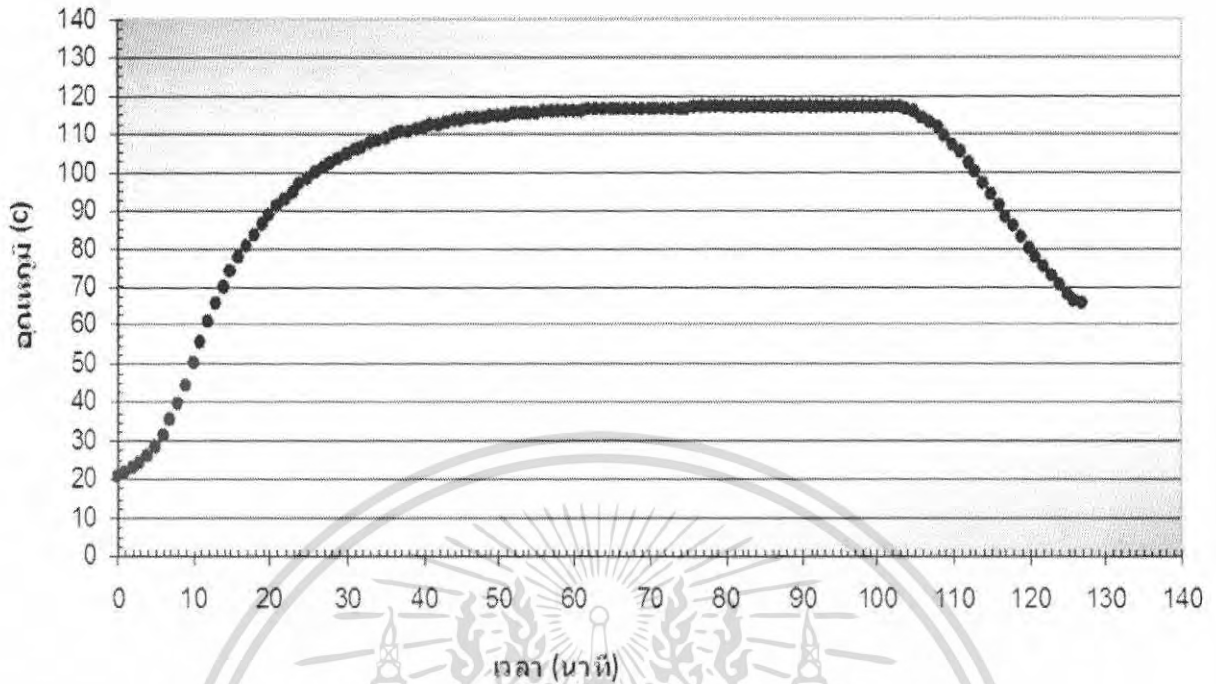
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยการอาชีพสุพรรณบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



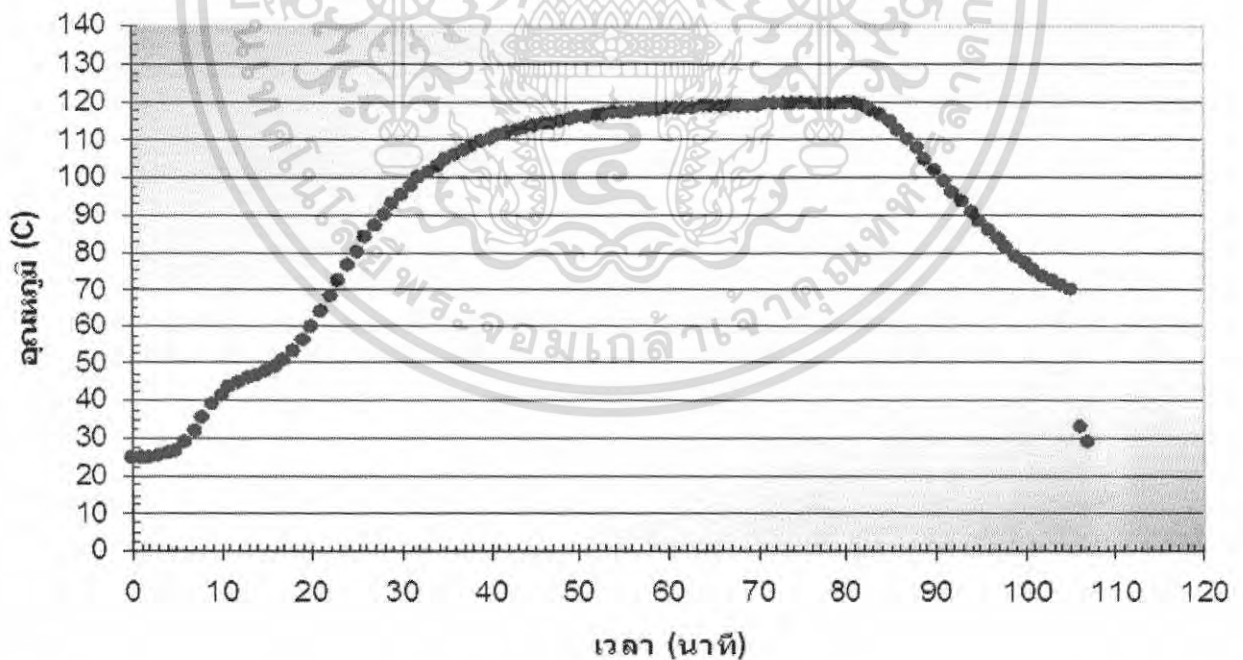
รูปที่ 3 ผลการทดลองที่ 3 ($F_0 = 8.05$, อุณหภูมิมาเชื้อ 119.1°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อน้ำเชื้อ



รูปที่ 4 ผลการทดลองที่ 4 ($F_0 = 8.05$, อุณหภูมิมาเชื้อ 114.9°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อน้ำเชื้อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

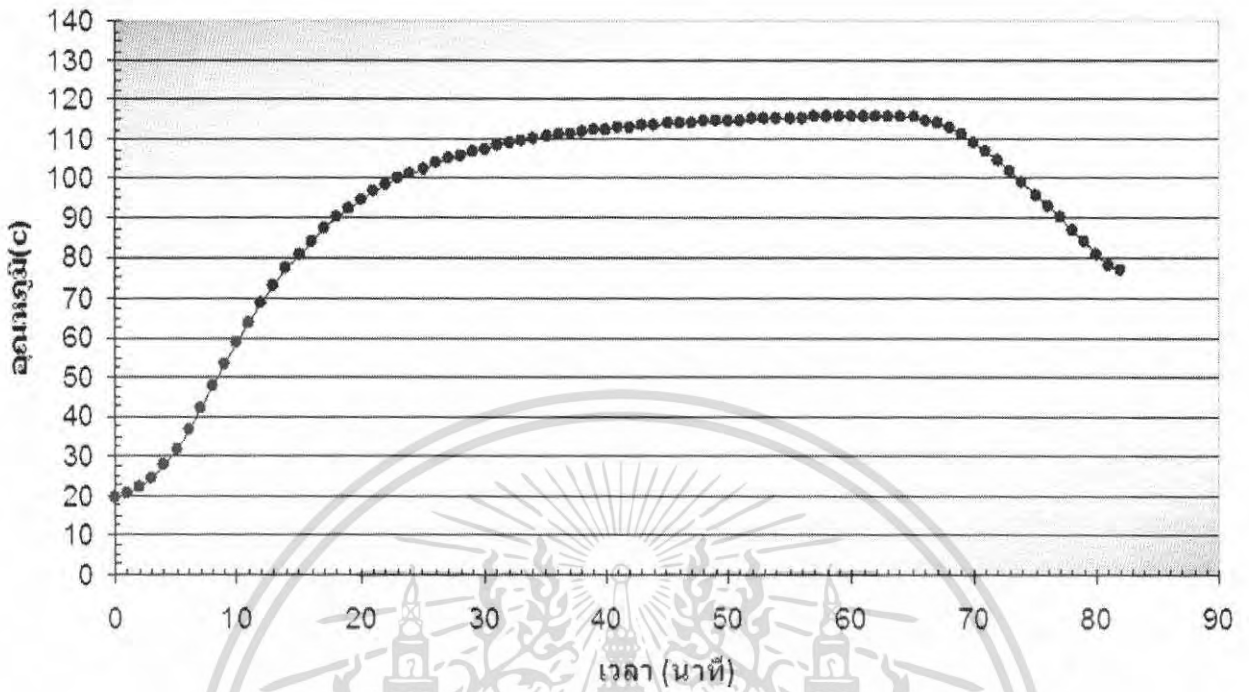


รูปที่ 5 ผลการทดลองที่ 5 ($F_0 = 20$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

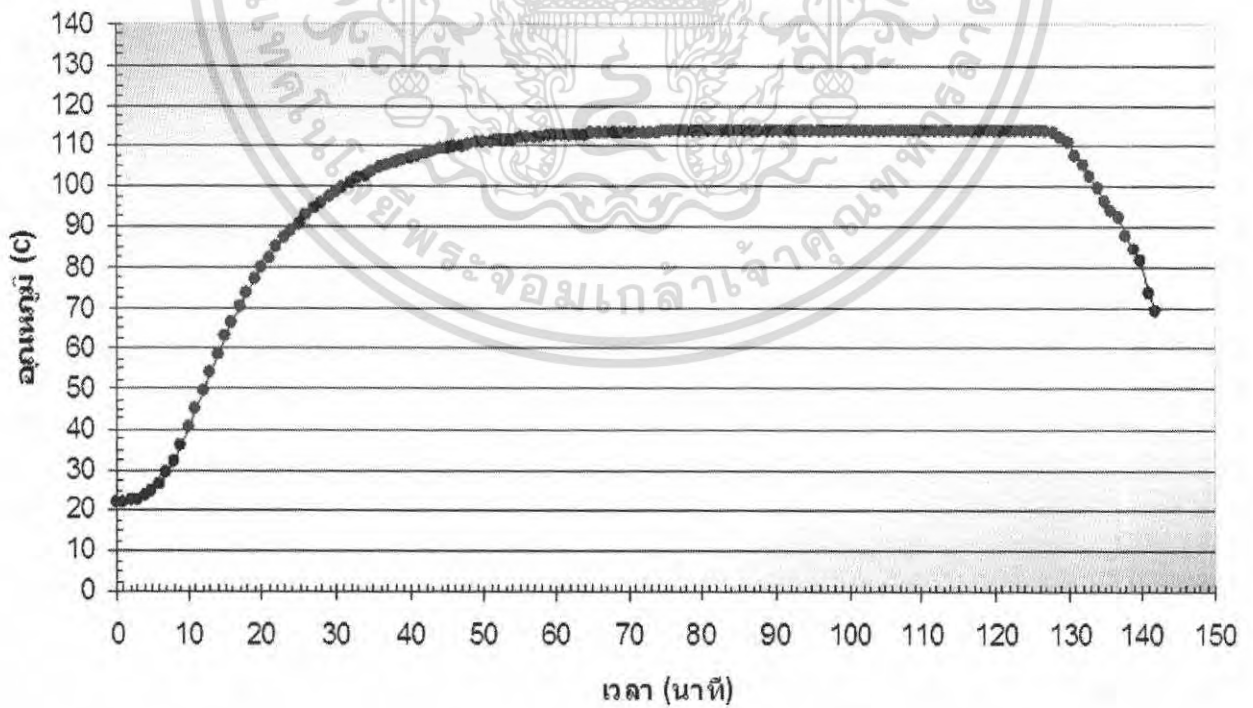


รูปที่ 6 ผลการทดลองที่ 6 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 120°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

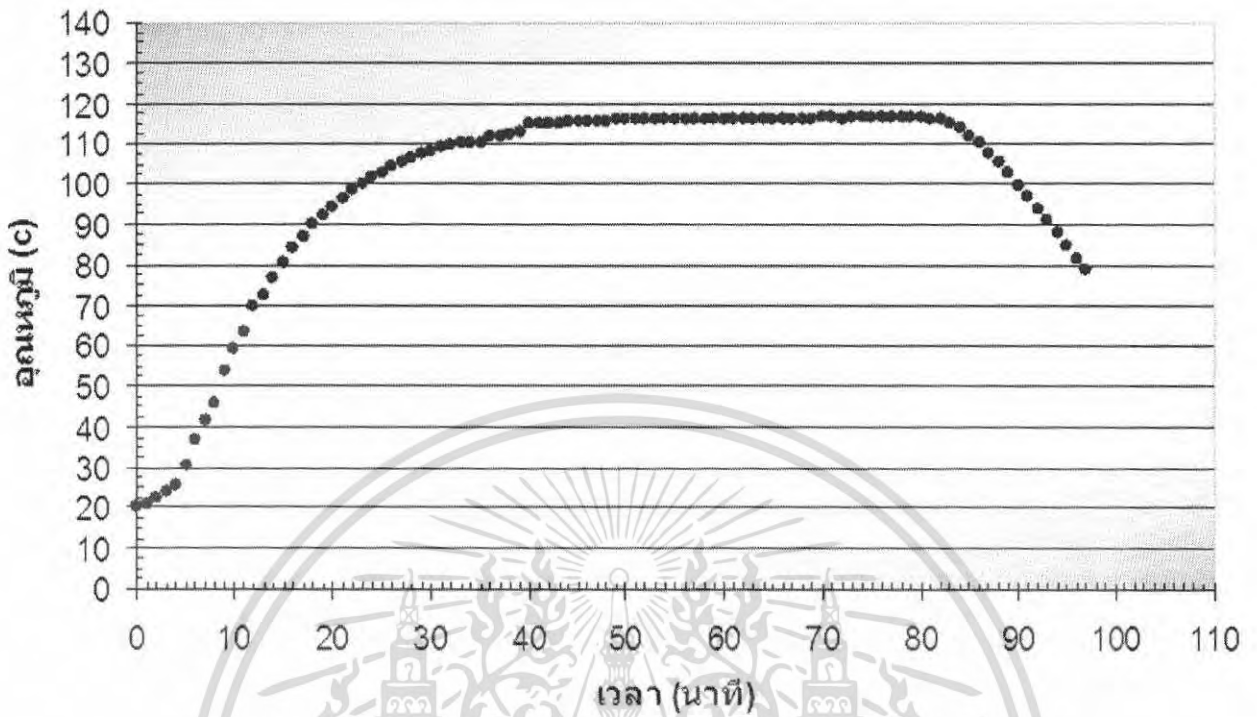
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



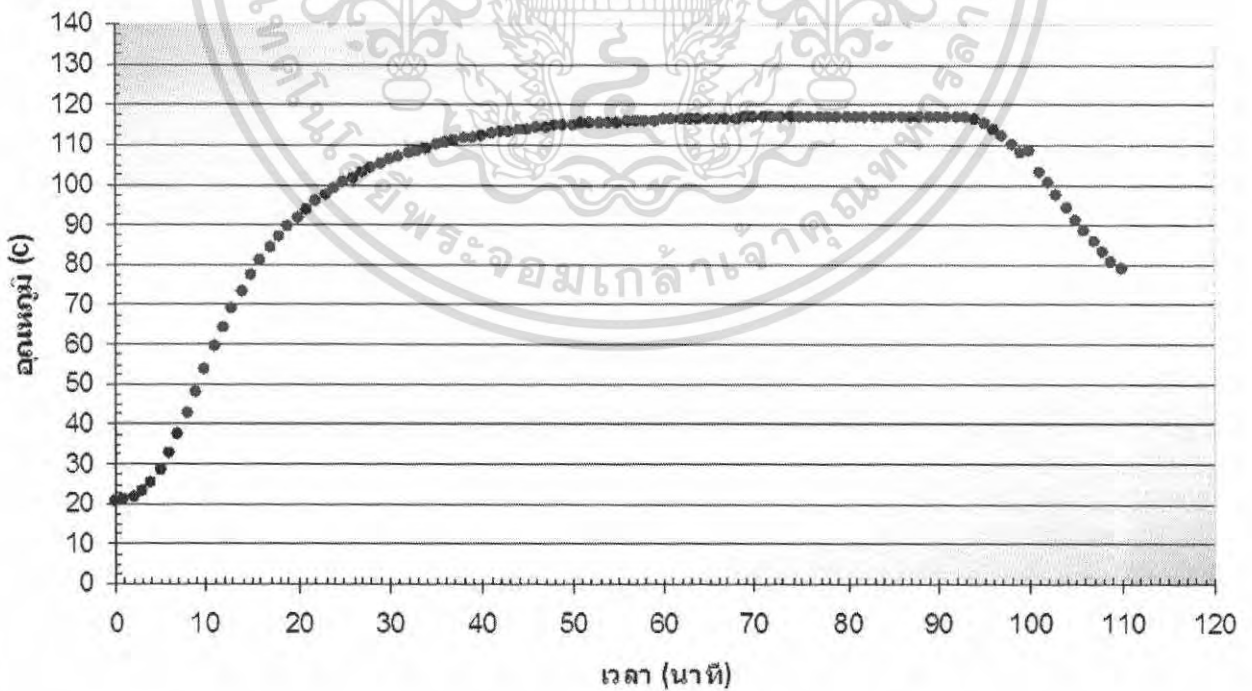
รูปที่ ๗ ผลการทดลองที่ ๗ ($F_0 = 6$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ



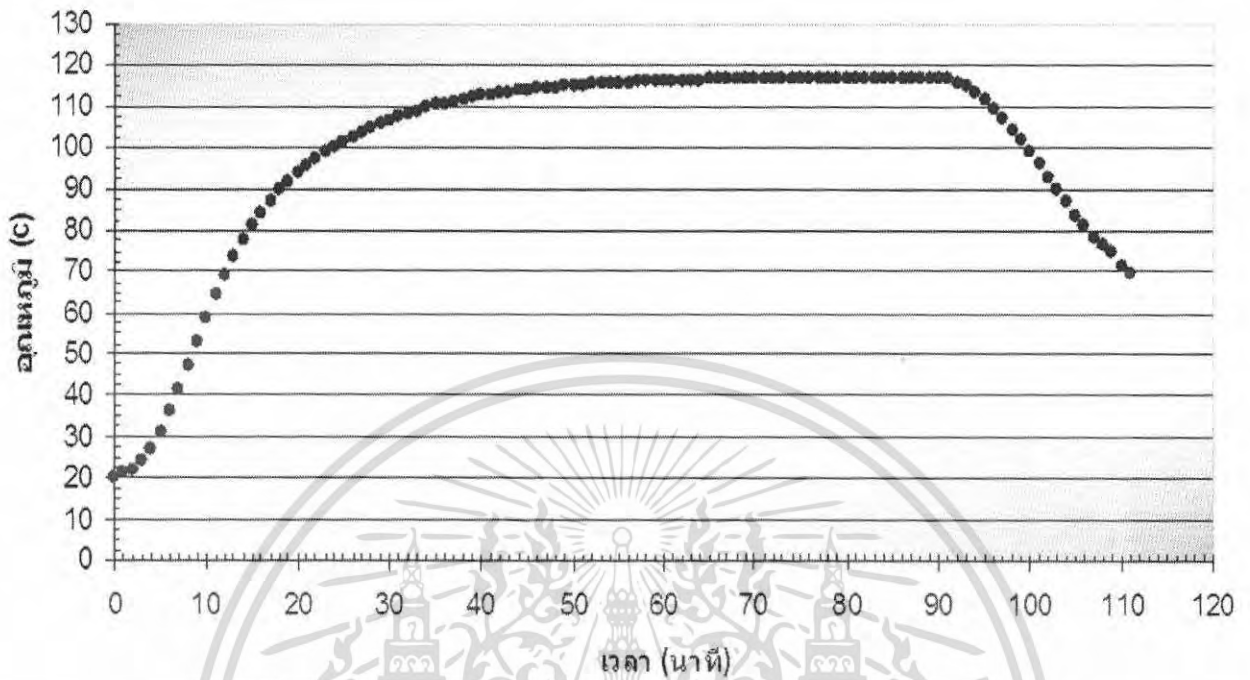
รูปที่ ๘ ผลการทดลองที่ ๘ ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 114°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



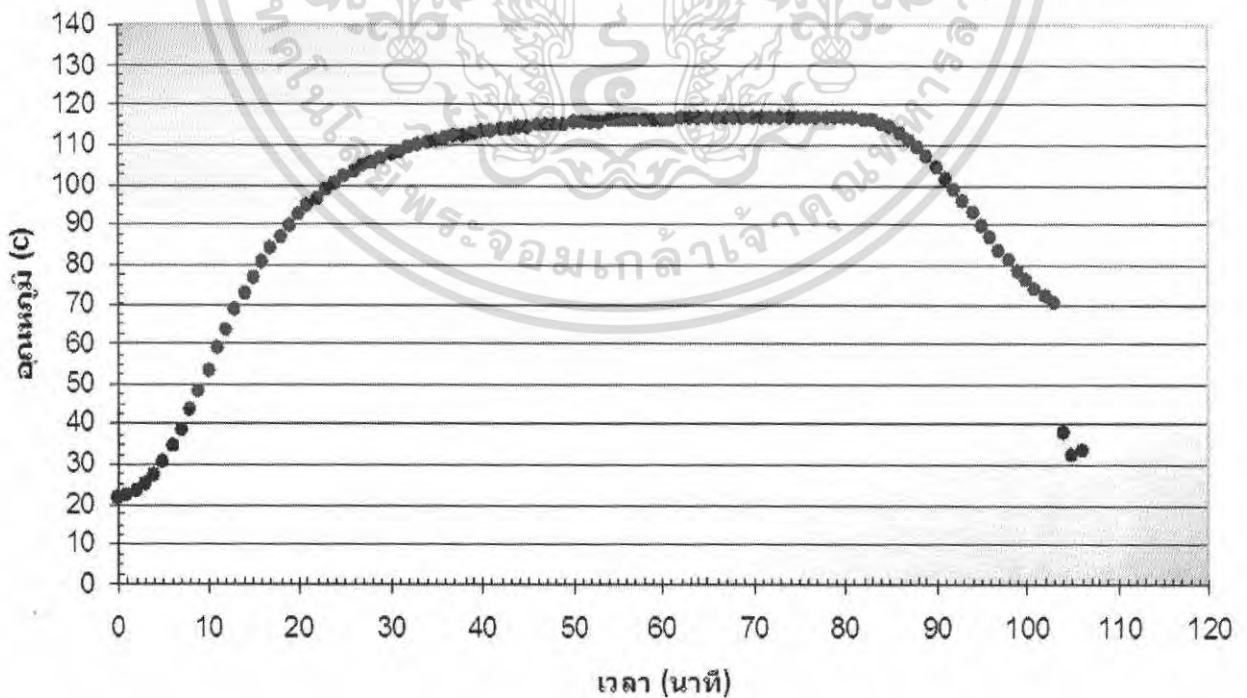
รูปที่ 9 ผลการทดลองที่ 9 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ



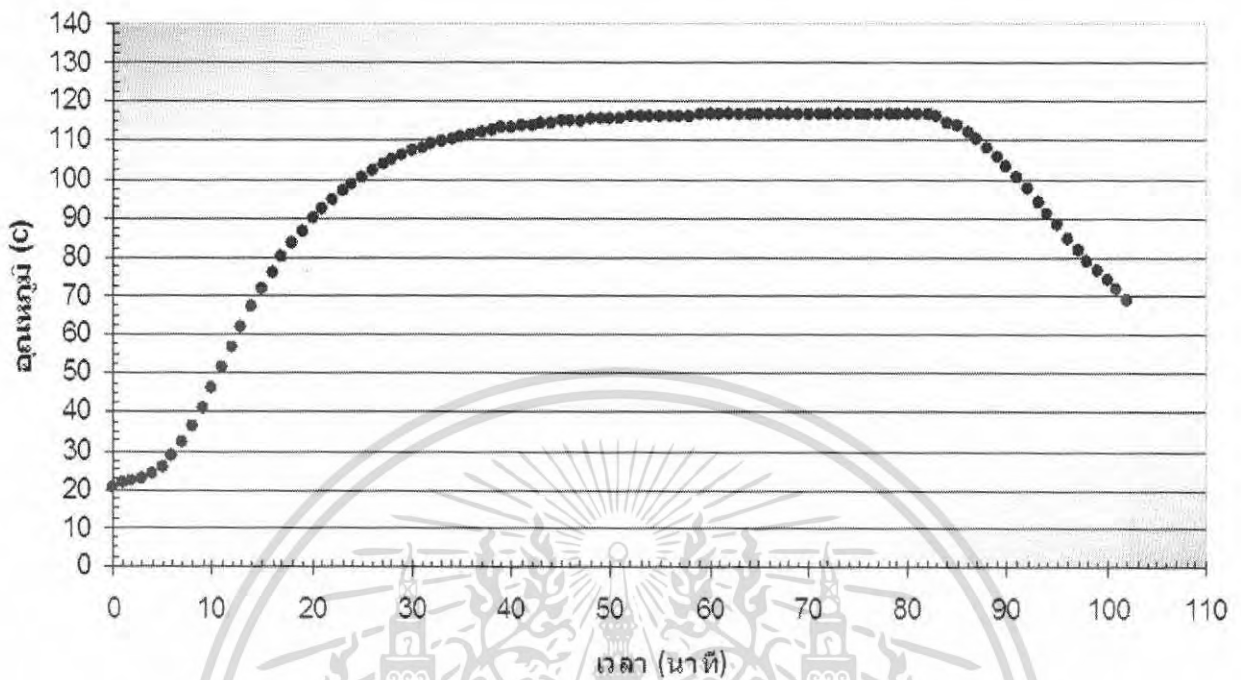
รูปที่ 10 ผลการทดลองที่ 10 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 11 ผลการทดลองที่ 11 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ก 12 ผลการทดลองที่ 12 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ
เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 13 ผลการทดลองที่ 13 ($F_0 = 13$, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 117°C) ของน้ำพริกแกงแดงในหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของน้ำพริกแกงแดงหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามสภาวะต่างๆ

การทดลอง	F0	Temperature (°C)	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*	ΔE
Unheated	-	-	5	31.02	35.68	46.97	-
				31.48	35.9	47.17	-
				31.02	35.25	44.79	-
				32.01	33.79	41.78	-
				30.55	36.35	50.29	-
1	17.95	119.1	5	29.54	32.06	47.97	13.17
				29.37	31.73	45.27	10.73
				29.48	33.60	50.02	14.92
				29.33	32.71	49.55	14.60
				30.02	32.29	48.73	13.80
2	17.95	114.9	5	29.33	30.95	43.96	9.85
				28.50	33.25	48.71	13.84
				28.21	32.18	47.78	13.21
				27.95	32.27	47.50	12.99
				28.97	32.29	48.91	14.11
3	8.05	119.1	5	30.13	33.06	47.46	12.40
				30.75	31.86	44.88	10.16
				30.15	33.20	49.59	14.48
				30.10	33.26	51.02	15.89
				30.12	33.09	46.11	11.28
4	8.05	114.9	5	30.79	33.15	46.55	11.45
				32.80	31.53	39.98	6.12
				33.18	31.77	39.48	5.71
				30.49	34.34	51.39	16.13
				30.40	34.64	51.60	16.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F0	Temperature (°C)	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*	ΔE
5	20	117	5	29.35	31.44	47.69	13.10
				29.74	32.09	47.21	12.41
				29.62	32.64	46.83	11.93
				29.28	33.26	49.96	14.93
				29.54	33.07	50.03	14.99
6	13	120	5	30.33	32.50	46.70	11.76
				31.03	32.76	46.73	11.69
				29.83	33.70	50.49	15.34
				29.61	33.08	48.14	13.13
				30.07	34.26	51.11	15.89
7	6	117	5	33.52	31.43	39.03	5.73
				33.37	32.60	39.56	5.39
				31.15	34.14	50.43	15.17
				32.72	32.00	41.51	7.12
				31.75	35.27	51.74	16.45
8	13	114	5	30.24	31.58	43.71	9.22
				28.87	32.91	48.90	14.01
				29.31	32.36	48.20	13.36
				29.27	32.83	49.14	14.19
				29.39	33.24	49.26	14.23
9	13	117	5	29.15	33.80	49.27	14.21
				31.01	32.33	44.91	10.03
				30.90	32.54	47.98	12.96
				29.59	32.96	48.22	13.23
				29.87	33.44	50.44	15.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F0	Temperature (°C)	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*	ΔE
10	13	117	5	30.46	32.97	48.75	13.66
				29.93	32.56	45.65	10.77
				29.73	32.69	50.02	15.02
				29.29	33.69	49.53	14.45
				29.43	33.50	50.08	15.00
11	13	117	5	30.16	32.96	49.44	14.36
				30.18	33.85	51.27	16.07
				29.62	33.22	49.96	14.89
				29.72	33.00	49.99	14.94
				30.25	32.65	49.66	14.62
12	13	117	5	30.77	33.10	47.56	12.45
				30.21	33.02	46.98	11.93
				30.90	32.54	47.98	12.96
				30.48	34.50	50.27	15.01
				30.21	33.68	51.09	15.90
13	13	117	5	31.19	33.11	46.30	11.20
				31.37	32.22	46.96	12.03
				29.94	33.15	50.04	14.95
				30.22	33.77	50.64	15.45
				30.82	33.82	51.38	16.15

หมายเหตุ . L* หมายถึง ค่าความสว่าง

a* หมายถึง ค่าสีแดง

b* หมายถึง ค่าสีเหลือง

ΔE หมายถึง ค่าความแตกต่างรวมของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด(TPC), ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(%RSA) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของน้ำพริกแกงแดงหลังจากการผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามสภาวะต่างๆ

การทดลอง	F ₀	Temperature(°C)	จำนวนซ้ำ	TPC	%RSA	FRAP
Unheated	-	-	3	7.538	25.946	3.799
				7.288	25.726	3.560
				6.966	25.946	3.483
1	17.95	119.1	3	10.691	41.577	7.116
				10.669	42.754	6.865
				10.666	41.198	6.859
2	17.95	114.9	3	10.573	40.727	6.742
				10.505	40.072	6.778
				10.775	40.807	6.955
3	8.05	119.1	3	10.329	38.797	6.359
				9.846	39.003	6.191
				9.886	37.814	6.371
4	8.05	114.9	3	8.798	34.184	5.688
				9.002	36.251	5.865
				9.270	37.990	5.682
5	20	117	3	10.165	40.153	6.706
				10.147	42.079	6.742
				10.118	41.686	6.811
6	13	120	3	9.735	39.856	5.518
				9.828	40.652	5.919
				9.800	40.283	6.080
7	6	117	3	8.526	33.729	5.311
				8.751	34.224	5.688
				8.787	35.806	5.742
8	13	114	3	10.326	40.131	6.167
				10.097	40.469	6.113
				10.548	42.159	6.562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F ₀	Temperature(°C)	จำนวนซ้ำ	TPC	%RSA	FRAP
9	13	117	3	9.224	36.962	6.161
				9.360	36.822	6.365
				9.317	35.558	6.577
10	13	117	3	9.542	36.826	6.467
				9.442	36.846	6.697
				9.460	35.337	6.733
11	13	117	3	9.395	36.755	6.538
				9.385	36.295	6.733
				9.796	36.866	6.694
12	13	117	3	9.030	35.454	6.577
				9.077	35.989	6.380
				9.238	34.694	6.461
13	13	117	3	9.274	35.794	6.502
				9.324	34.823	6.562
				9.181	35.393	6.305

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ให้คะแนนแบบ 9 – point Hedonic Scale)

การทดลอง	F ₀	Temperature(°C)	จำนวนซ้ำ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
Unheated			9	8	8	8	8
				5	5	6	6
				9	9	9	9
				9	8	5	6
				7	7	8	6
				7	7	7	6
				8	8	8	9
				7	5	7	7
				8	8	6	8
				8	8	7	6
1	17.95	119.1	9	8	8	7	6
				7	2	2	5
				7	6	7	8
				3	4	1	5
				7	5	5	7
				4	1	5	5
				6	3	2	1
				3	4	5	3
				6	7	5	5
				4	5	6	6
2	17.95	114.9	9	4	5	6	6
				6	5	3	4
				8	5	2	6
				6	6	6	5
				5	5	2	6
				5	4	3	5
				3	4	5	5
				5	5	3	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F ₀	Temperature(°C)	จำนวนซ้ำ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
3	8.05	119.1	9	6	6	8	6
				6	6	5	5
				7	6	3	3
				7	8	8	6
				7	3	4	5
				6	5	6	6
4	8.05	114.9	9	6	7	4	4
				5	6	7	5
				4	2	4	4
				7	6	4	6
				6	6	4	8
				6	6	5	4
				7	4	3	5
				7	8	3	3
				5	3	4	3
				5	5	4	7
				5	5	5	3
				7	4	5	4
5	20	117	9	7	7	7	7
				5	6	4	2
				5	7	5	7
				6	6	4	4
				5	4	7	7
				6	6	3	2
				4	3	5	8
				4	4	7	5
8	3	5	6				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F ₀	Temperature(°C)	จำนวนซ้ำ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
6	13	120	9	7	5	7	6
				4	7	6	6
				2	3	3	3
				7	4	7	4
				7	5	7	7
				4	4	6	3
				8	6	6	6
				8	6	6	2
				6	8	3	5
7	6	117	9	7	5	6	5
				5	6	8	8
				7	7	4	3
				4	5	9	7
				6	4	3	6
				7	6	6	5
				7	7	7	4
				7	7	4	8
				4	5	4	5
8	13	114	9	3	2	5	4
				5	4	3	3
				4	7	6	9
				4	5	8	6
				5	7	2	7
				3	3	3	7
				7	3	2	4
				6	6	7	7
				7	7	6	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	F_0	Temperature($^{\circ}$ C)	จำนวนซ้ำ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
9	13	117	9	5	4	7	6
				2	5	4	3
				4	8	5	3
				6	6	5	8
				5	5	7	6
				7	5	6	7
				8	6	7	6
				7	4	3	6
				6	8	3	6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.



รูปที่ ข 1 ชุดตัวอย่างสำหรับชิม (ประกอบด้วยหมู้น้ำพริกแกงแดง 3 ชนิดพร้อมข้าวสวย 3 ถ้วย)



รูปที่ ข 2 ผู้ชิมประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงลงในใบประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensory Test

Premium Quality Thai Red Curry Paste

Date: _____

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและใส่เครื่องหมาย ให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆตามรหัสของตัวอย่าง
ข้อมูลทั่วไป

เพศ : ชาย หญิง

อายุ :ปี

อาชีพ : ครู- อาจารย์ นักศึกษา พนักงาน-เจ้าหน้าที่ อื่นๆ.....

ข้อมูลสำรวจความชอบของตัวอย่าง (เรียงลำดับจากมากไปน้อย)

ระดับ : ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

☹ ←—————→ ☺

สี :

No. 251

No. 367

No. 431

กลิ่น :

No. 251

No. 367

No. 431

รสชาติ :

No. 251

No. 367

No. 431

ความชอบโดยรวม :

No. 251

No. 367

No. 431

หมายเหตุ :

ความชอบระดับ ① คือ ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง

ความชอบระดับ ② คือ ไม่ชอบมาก

ความชอบระดับ ③ คือ ไม่ชอบปานกลาง

ความชอบระดับ ④ คือ ไม่ชอบเล็กน้อย

ความชอบระดับ ⑤ คือ เฉยๆ

ความชอบระดับ ⑥ คือ ชอบเล็กน้อย

ความชอบระดับ ⑦ คือ ชอบปานกลาง

ความชอบระดับ ⑧ คือ ชอบมาก

ความชอบระดับ ⑨ คือ ชอบมากอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นทรัพย์สินของและต้องวางอิงกับเอกสารของวารสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข 3 ตัวอย่างใบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส