การลดปริมาณเซลล์และสปอร์ *Bacillus cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส โดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

REDUCTION OF *Bacillus cereus* CELLS AND SPORES IN WHITE SAUCE PRODUCT BY MICROWAVE PASTEURIZATION.

กวิสรา พิศพันธุ์
KAVITSARA PHITSAPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMITL-2016-AI-M-054-262

การลดปริมาณเซลล์และสปอร์ *Bacillus cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส โดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

REDUCTION OF *Bacillus cereus* CELLS AND SPORES IN WHITE SAUCE PRODUCT BY MICROWAVE PASTEURIZATION.

กวิสรา พิศพันธุ์

KAVITSARA PHITSAPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AI-M-054-262

1284502

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REDUCTION OF *Bacillus cereus* CELLS AND SPORES IN WHITE SAUCE PRODUCT BY MICROWAVE PASTEURIZATION.

KAVITSARA PHITSAPHAN

A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-AI-M-054-262

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดปริมาณเซลล์และสปอร์ *Bacillus cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส โดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

REDUCTION OF *BACILLUS CEREUS* CELLS AND SPORES IN WHITE SAUCE PRODUCT BY MICROWAVE PASTEURIZATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวกวิสรา พิศพันธุ์

รหัสประจำตัว 56608026

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ. ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 16 ธันวาคม 2559 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 22 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณเซลล์และสปอร์ *Bacillus cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ
นักศึกษา	นางสาวกวิสรา พิศพันธุ์
รหัสนักศึกษา	56608026
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดปริมาณ *Bacillus cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 600, 700 และ 800 วัตต์ เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และการลดลงของปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g และระดับ 6 log CFU/gในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส และเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ วิธีการบรรจุร้อน วิธีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที และวิธีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส อายุการเก็บรักษา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าอิทธิพลของระดับพลังงาน และระยะเวลาของการไมโครเวฟมีผลทำให้อุณหภูมิของการพาสเจอไรซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g และระดับ 6 log CFU/g ลงได้หมด (0 log CFU/g) โดยการลดการปนเปื้อนจาก 3 log CFU/g เป็น 0 log CFU/g ใช้ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที หรือ 800 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที ส่วนการลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g เป็น 0 log CFU/g ใช้ระดับพลังงาน 700 วัตต์ หรือ 800 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที จากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสพบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของ *B. cereus* สูงสุดที่ 3.49±0.16 log CFU/g เท่านั้น ดังนั้นระดับพลังงาน และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดปริมาณ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสคือ ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที โดยพบว่าการพาสเจอไรซ์ทำให้ไวท์ซอสมีอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน และมีการสูญเสียเพียง 1.10±0.07% และยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดด้วยคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยที่ 4.30±0.65 คะแนน จากการทำ Scoring test ที่สเกล 0 - 5 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Reduction of *Bacillus cereus* cells and spores in white sauce product by microwave pasteurization.
Student	Miss Kavitsara Phitsaphan
Student ID	56608026
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2016
Thesis advisor	Dr. Kittichai Banjong

Abstract

This research studied the microwave power (watts) and time (minutes) to reduce *Bacillus cereus* contamination in white sauce product and prolong shelf-life by microwave pasteurization. The experiments were carried out at microwave power 600, 700 and 800 watts for 1, 3 and 5 minutes. The temperature profiles and the reduction of inoculated *B. cereus* cells and spores in white sauce products were recorded. Thus, the research compared the effect of traditional production method (non-pasteurization after packing), hot filling, pasteurization using water bath with temperature controller (71±2 °C for 3 minutes) and pasteurization using microwave on the reduction of inoculated *B. cereus* cells and spores, shelf-life and sensory evaluation of white sauce products. The result of microwave pasteurization showed that the power level (watts) and time (minutes) have significant effect on temperature profiles ($p \leq 0.05$). It also concluded that in order to reduce the 3 log CFU/g of *B. cereus* cells and spore to 0 log CFU/g, the microwave pasteurization should be applied at 700 watts for 5 minutes or 800 watts for 3 minutes. For the reduction of 6 log CFU/g, 700 or 800 watts for 5 minutes should be applied. From the microbiological analysis of white sauce products, *B. cereus* was found at 3.49±0.16 log CFU/g only, so 700 watts for 3 minutes should be enough in normal situation. The effect of pasteurization can prolong the shelf-life of white sauce product to 7 days and has lost only 1.10±0.07%, and also received the highest overall acceptance with 4.30±0.65 score from scoring test (scale 0-5).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กิตติชัย บรรจง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำชี้แนะเพื่อช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการทดลองตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ รองศาสตราจารย์ ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะ และตรวจสอบแก้ไขให้สมบูรณ์จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคุณมานิกา ชวลิตวรกุล และคุณจิราภรณ์ วรศรีหา บริษัท ออสคอน จำกัด ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร ทุกสาขาที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และการอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคุณพรชัย สิทธิวิริยะชัย (คุณติ๊ก) สำหรับการอำนวยความสะดวก และการอนุเคราะห์ตัวอย่างในงานวิจัย ขอบคุณคุณฐานิต ขำพงษ์ (เชฟอ้อย) และคุณชโลธร (เชฟปู) ที่ถ่ายทอดวิธีการผลิตไวท์ซอส ทั้งความรู้ เคล็ดลับ และคำแนะนำที่ดีในการผลิตอาหารให้อร่อย

ขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว และคุณศราวุฒิ แววข้าว ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กวิสรา พิศพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไวท์ซอส	3
2.1.1 คุณสมบัติของไวท์ซอส	3
2.1.2 วิธีการผลิตไวท์ซอส	3
2.2 จุลินทรีย์และการปนเปื้อน	4
2.2.1 *Bacillus cereus*	5
2.2.2 *Staphylococcus aureus*	6
2.2.3 *Salmonella* spp	6
2.2.4 *Clostridium perfringens*	7
2.3 การพาสเจอไรซ์	7
2.4 มาตรฐานซอสในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท	8
2.5 ไมโครเวฟ	9
2.6 การทำให้เกิดความร้อนจากพลังงานไดอิเล็กทริก (dielectric heating)	11
2.7 การเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8 ความลึกในการทะลุทะลวง (penetration depth) ของไมโครเวฟ..... 12
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ..... 12
2.10 ผลของไมโครเวฟต่อจุลินทรีย์..... 14
2.11 ผลของไมโครเวฟต่อองค์ประกอบอาหาร..... 15
2.12 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร..... 16
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย..... 22
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำไวท์ซอส..... 22
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ 22
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์..... 23
3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์ 23
3.5 จุลินทรีย์ทดสอบ 24
3.5.1 ชนิดของจุลินทรีย์ทดสอบ..... 24
3.5.2 การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์..... 24
3.5.3 การเก็บตัวอย่างและการส่งวิเคราะห์ 25
3.6 วิธีการทดลอง..... 25
3.6.1 ศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส 25
3.6.2 ศึกษาผลของการไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไวท์ซอส 26
3.6.3 ศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาในการลดปริมาณ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ..... 26
3.6.4 ศึกษาผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส..... 27
3.6.5 ทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส..... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 29

4.1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส..... 29

4.2 ผลการศึกษา Temperature profile ของเตาอบไมโครเวฟ..... 31

4.3 การศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาในการลดปริมาณของ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ..... 32

4.4 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส..... 36

4.4.1 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส..... 36

4.4.2 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส.... 40

4.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส..... 44

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 47

5.1 สรุปผลการทดลอง 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 48

บรรณานุกรม 49

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี 55

ภาคผนวก ข วิธีใช้ Compack dry และการแปรผล..... 60

ภาคผนวก ค ผลการทดลอง..... 65

ภาคผนวก ง แบบประเมินทางประสาทสัมผัส..... 69

ประวัติผู้เขียน..... 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเจริญ และการสร้างสารพิษของ *B. cereus* 5

4.1 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส.. 30

4.2 ผลการไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไวท์ซอส..... 32

4.3 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเซลล์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g..... 33

4.4 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเซลล์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 6 log CFU/g..... 33

4.5 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g 34

4.6 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 6 log CFU/g 34

4.7 ผลของความร้อนต่อคุณลักษณะของไวท์ซอสที่พาสเจอร์ไรซ์ด้วยวิธีการต่างๆ..... 38

4.8 ผลของกระบวนการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์..... 39

4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา..... 41

4.10 การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสระหว่างการเก็บรักษา..... 42

4.11 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไวท์ซอส..... 45

4.12 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเก็ตตี้ไวท์ซอสแฮมเห็ด..... 46

ค.1 ผลของการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่ออุณหภูมิ และการลดลงของ *B. ceruse* ... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการผลิตไวท์ซอส.....	4
2.2 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	10
4.1 Temperature profile ของเตาอบไมโครเวฟ	31
4.2 สีของไวท์ซอสที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ด้วยวิธีการต่างๆ.....	38
ค.2.1 เซลล์ของ *B. ceruse* ที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส.....	67
ค.2.2 สปอร์ของ *B. ceruse* ที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส.....	67
ค.2.3 โคโลนีของ *B. ceruse* บน Compack dry X-BC.....	67
ค.2.4 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที	68
ค.2.5 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที.....	68
ค.2.6 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ครัวกลางร้านอาหาร คือสถานที่สำหรับการรับ จัดเก็บ เตรียม ปรุง จัดการและกระจายผลิตภัณฑ์สู่สาขาย่อย แม้จะเป็นอุตสาหกรรมอาหารขนาดเล็กก็เป็นช่องทางที่อาหารเข้าถึงผู้บริโภคได้ง่าย เนื่องจากวัฒนธรรมการบริโภคอาหารของคนไทยในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากและนิยมความสะดวกสบาย ทำให้อาหารและการบริโภคมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการผลิตอาหารในครัวกลางร้านอาหารจึงจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสมเพราะจุลินทรีย์เป็นปัญหาหนึ่งในกระบวนการผลิตและแปรรูปอาหารที่นอกจากจะทำให้อาหารเสื่อมเสียแล้วยังสามารถก่อโรคให้แก่ผู้บริโภคได้อีกด้วย

" ไวท์ซอส " หรือครีมซอสเป็นซอสที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากตัวหนึ่งถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารสไตล์ตะวันตกหลายเมนู เช่น พาสต้า สปาร์เก็ตตี้ หรือครีมซุปต่างๆ ไวท์ซอสเป็นซอสที่มีลักษณะข้น มีสีขาวนวล และมีกลิ่นเฉพาะตัว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไวท์ซอสได้มาจากแป้ง เนย และนมหรือครีมเป็นหลัก ทำให้ไม่สามารถให้ความร้อนสูงในกระบวนการผลิตและการฆ่าเชื้อที่ยาวนานได้ จึงทำให้ไวท์ซอสมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นเนื่องจากอาจมีการเหลือรอดหรือปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ต่างๆได้ หากไม่มีการควบคุมสุขลักษณะ และกระบวนการผลิตที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ก่อโรคและสร้างสปอร์ได้อย่าง *Bacillus cereus* (*B. cereus*) ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมและในอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ ซุป ซอส ผัก และในผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษโดย *B. cereus* สามารถสร้างสปอร์ที่ทนความร้อน และสามารถมีชีวิตรอดจากการปรุงอาหาร เมื่อสปอร์ของ *B. cereus* งอกและเพิ่มจำนวนจะสร้างสารพิษที่เป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคป่วยจากโรคอาหารเป็นพิษได้ ทำให้ *B. cereus* เป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในด้านความปลอดภัยอาหารและในกระบวนการผลิตอาหารเพื่อการบริโภค (Kramer and Gilbert, 1989; Goepfert *et al.*,1972; Ehling-Schulz *et al.*, 2006; NZFSA, 2010a)

การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟเป็นการให้ความร้อนแก่อาหารในระดับพาสเจอไรซ์ที่อาศัยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำในอาหารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจนเกิดเป็นพลังงานความร้อนที่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารและยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ รวมทั้งมีการศึกษาและใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในหลายประเทศทั้งในระดับพาสเจอไรซ์ และสเตอริไลซ์เพราะใช้พลังงานและระยะเวลาในกระบวนการน้อย และยังมีผลกระทบต่อคุณลักษณะของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่าการให้ความร้อนแบบอื่นๆ ทั้งสี (color) เนื้อสัมผัส (texture) และการรับรู้ทางประสาทสัมผัส (sensory) (วิไล, 2546; ธีรพร, 2551)

ปัจจุบันการผลิตไวท์ซอสในครัวกลางร้านอาหารแห่งนี้ใช้วิธีการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ หรือใช้วิธีการบรรจุแบบร้อน (hot fill) ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ยังไม่สามารถจัดการ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสได้ การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟจึงถูกนำมาศึกษาเพื่อจัดการการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในครั้งนี้ เนื่องจากมีขนาดเล็กเหมาะสมกับสถานที่และกำลังการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

1.2.2 ศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสและยืดอายุการเก็บรักษาไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ไวท์ซอสจากครัวกลางร้านอาหารแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี และศึกษาระดับพลังงานและระยะเวลาในการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟเพื่อลดและควบคุมปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การยอมรับทางประสาทสัมผัส และการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาการผลิตไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้

1.4.2 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสให้อยู่ได้นานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไวท์ซอส

ซอสหลักสำหรับการปรุงอาหารแบบตะวันตกประกอบด้วย 4 แม่ซอส ได้แก่ ไวท์ซอส บราวน์ซอส ซอสจากมะเขือเทศ และซอสจากเนย ซึ่งแต่ละชนิดก็สามารถนำไปประกอบอาหารแตกต่างกันไป ทั้งการเป็นซอสสำหรับอาหารจานหลักกับเนื้อสัตว์ จานอบ พาสต้า และอื่นๆได้อีกมากมาย

ไวท์ซอส เป็นซอสสีขาวที่ปรุงจากเนย แป้ง นมหรือครีมเป็นวัตถุดิบหลัก ใช้ในอาหารสไตล์ตะวันตกหลายเมนู เช่น พาสต้า สปาร์เก็ตตี้ ครีมซุป หรือใช้ต่อยอดเป็นซอสประเภทที่มีส่วนผสมของครีมหรือไม่มีครีมเป็นส่วนประกอบได้ เช่น มอร์เน่ซอส (mornay sauce) หรือล้อบสเตอร์ซอส (lobster sauce) (ยูนิลีเวอร์ ฟู้ดโซลูชั่นส์, 2557)

2.1.1 คุณสมบัติของไวท์ซอส

ไวท์ซอสที่ดีต้องมีสี มีลักษณะมันเงา นวลสวย เพื่อสามารถใช้เป็นซอสได้เลย หรือนำไปต่อยอดเพิ่มสีสันต่างๆ ได้อย่างสวยงาม มีความข้นในระดับพอดี ไม่เหลวมากจนเกินไป สามารถเคลือบอาหารในระดับพอเหมาะ เนื้อสัมผัสเนียนนุ่มน่ารับประทาน สามารถคงความข้นได้ถึง 4 ชั่วโมง โดยไม่จับตัวเป็นก้อน สามารถคืนรูปได้เมื่อคนให้เข้ากัน สามารถใช้เป็นซอสในการปรุงอาหารได้เลยหรือใช้เพื่อต่อยอดเป็นซอสอื่นๆ ตามสูตรเฉพาะได้ ด้วยการเพิ่มเติมส่วนผสมต่างๆ เช่น ไวน์ขาว ชีส อาหารทะเลหรือเครื่องเทศ เป็นต้น โดยมีวิธีใช้ในหลายรูปแบบทั้งทำเป็นซอสราดบนอาหารหรือผัดในจานอาหาร เช่น ผัดกับพาสต้าชนิดต่างๆ หรือใช้อบกับดอกกะหล่ำและชีสหรือใช้ปรุงกับวัตถุดิบประเภทอาหารทะเลหรือเนื้อสัตว์ที่มีสีขาว เช่น เนื้อไก่ (ยูนิลีเวอร์ ฟู้ดโซลูชั่นส์, 2557)

2.1.2 วิธีการผลิตไวท์ซอส

วัตถุดิบ

หัวหอม กระเทียม แป้งสาลี เนย นมสด วิปปิ้งครีม พริกไทยขาวป่น เกลือ ผงอโรมาต และน้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิตไวท์ซอส (ภาพที่ 2.1)

ละลายเนยในหม้อด้วยไฟกลาง

↓

นำแป้งสาลีลงไปผัดให้เข้ากันจนสุก

↓

เติมหัวหอมและกระเทียมสับละเอียดลงไป ตีผสมเข้ากันด้วยตะกร้อมือ

↓

เติมนมสด วิปปิ้งครีม และน้ำสะอาดลง ตีผสมจนแป้งที่ผัดไว้ละลายเข้าด้วยกันดี

↓

เติมเกลือ พริกไทยขาวป่น และผงอโรมาต เร่งไฟให้แรงขึ้นแล้วตีผสมต่อไปเรื่อย ๆ จนมีลักษณะข้น

↓

ยกลงจากเตาแล้วตั้งพักไว้ให้คลายร้อน และเซ็ทตัว

ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตไวท์ซอส

2.2 จุลินทรีย์และการปนเปื้อน (วราวุฒิ, 2551)

จุลินทรีย์สามารถใช้สะท้อนถึงคุณภาพด้านจุลชีววิทยาของอาหารได้ทั้งกลุ่มที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร เรียกว่า จุลินทรีย์ดรรชนีความปลอดภัยของอาหาร นิยมใช้ในการประเมินความปลอดภัยของอาหารและการสุขาภิบาลมากกว่าด้านคุณภาพ เนื่องจากจุลินทรีย์ดรรชนีกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร กล่าวคือเมื่อตรวจพบจุลินทรีย์ดรรชนีความปลอดภัยของอาหารก็จะตรวจพบจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารด้วย ดังนั้นเมื่อตรวจพบการลดลงของจุลินทรีย์ดรรชนีความปลอดภัยของอาหาร ก็พบว่าปริมาณของจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารลดลงเช่นกัน

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแปรรูปอาหารสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย (food spoilage microorganism) มักทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพและการเก็บรักษาอาหาร และกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร (food pathogens) สามารถแบ่งออกเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารเนื่องจากตัวเชื้อจุลินทรีย์เอง (food infection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

microorganism) และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารเนื่องจากสารพิษที่จุลินทรีย์นั้นสร้างขึ้น (food poisoning microorganism)

2.2.1 *Bacillus cereus*

B. cereus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก สร้างเอนโดสปอร์ และเคลื่อนที่ได้ เจริญอยู่ได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ (facultative aerobe) เซลล์มีขนาดใหญ่ รูปร่างเป็นท่อนยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.9 ไมโครเมตร (สาวิตรี, 2550) สามารถพบได้ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ สัตว์ น้ำ ผักผลไม้ อาหารแห้ง และพวกธัญพืชทั้งที่เป็นอาหารสด และอาหารที่ผ่านการแปรรูปมาแล้ว (วราวุฒิ, 2551) เจริญได้ที่ pH ระหว่าง 4.9 - 10 และที่อุณหภูมิ 4 - 55 °C โดยมีค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 - 7 และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30 - 40°C สามารถสร้างสารพิษ (toxin) ที่ทนต่อความร้อน และเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษได้ มีค่า water activity (a_w) ต่ำสุดที่สามารถเจริญได้คือ 0.93 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเจริญ และการสร้างสารพิษของ *B. cereus*

	Bacterial Growth		Emetic toxin Production		Diarrhoeal toxin Production	
	Optimum	Range	Optimum	Range	Optimum	Range
อุณหภูมิ (°C)	30 - 40	4 - 55	12 - 15	12 - 37	32	10 - 43
pH	6.0 - 7.0	4.9 - 10	-	-	8.0	5.5 - 10
water activity	-	0.93 - 0.99	-	-	-	-

ที่มา : (Kramer and Gilbert, 1989; Sutherland and Limond, 1993; ICMSF, 1996; Fermanian *et al.*, 1997; Finlay *et al.*, 2000; FSANZ, 2013)

ความเป็นพิษ และการก่อโรค

การก่อโรคของ *B. cereus* เกิดจากสารพิษ 2 ชนิด คือ diarrhoeal toxin ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นขณะเจริญเติบโตที่ลำไส้เล็กทำให้มีอาการท้องเสีย และปวดเกร็งในช่องท้อง (diarrhoeal syndrome) โดยปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (dose) อยู่ที่ 10^5 - 10^7 (total cells) มีระยะเวลาฟักตัว 8 – 16 ชั่วโมง และ emetic toxin ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นขณะเจริญเติบโตในอาหารทำให้มีอาการคลื่นไส้อาเจียน วิงเวียน ครั่นเนื้อครั่นตัว (emetic syndrome) โดยปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (dose) อยู่ที่ 10^5 - 10^8 (per g. viable cells) มีระยะเวลาฟักตัว 0.5 - 6 ชั่วโมง อาการทั้ง 2 มักแสดงอาการอยู่ในระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง (Granum, 2007; Kramer and Gilbert, 1989; ICMSF, 1996; NZFSA, 2010a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาค่าการทนความร้อนที่ 90 °C ของสปอร์ *B. cereus* ในอาหารแช่เย็นที่ผ่านกระบวนการน้อยและมีผักเป็นส่วนประกอบของ Choma และคณะ (2000) พบว่ามีค่า D_{90} เท่ากับ 0.7 - 5.9 นาที เช่นเดียวกับการศึกษาของ Valero และคณะ (2002) ที่ได้สำรวจและคัดแยกเชื้อ *B. cereus* จากผักสดและอาหารแช่เย็นที่ผ่านกระบวนการน้อยและมีผักเป็นส่วนประกอบพบว่ามีค่า D_{90} เท่ากับ 1.4 - 21.2 นาที โดยเมื่อนำสปอร์ของ *B. cereus* ที่แยกได้จากผักต่างๆ มาหาค่าการทนความร้อนที่ 90°C พบว่าสปอร์ของ *B. cereus* ที่พบในพริกไทย แตงกวา มะเขือเทศ หัวหอม และซูกินี มีค่า D_{90} เท่ากับ 4.4 - 21.2 นาที, 4.3 - 5.4 นาที, 1.5 - 2.3 นาที, 6.6 นาที และ 3.5 นาที ตามลำดับ และเมื่อหาค่าการทนความร้อนที่ 90°C ของสปอร์ *B. cereus* ที่แยกได้อาหารแช่เย็นที่ผ่านกระบวนการน้อยและมีผักเป็นส่วนประกอบพบว่ามีค่า D_{90} เท่ากับ 1.4 - 5.5 นาที, 2.8 - 6.4 นาที และ 5.1 นาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า *B. cereus* ที่แยกได้จากผักและอาหารชนิดต่างๆ มีค่าการทนความร้อนต่างกัน

2.2.2 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปกลม เซลล์อยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น ไม่สร้างสปอร์และไม่เคลื่อนที่ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 °C แต่ช่วงอุณหภูมิที่สามารถเจริญได้อยู่ที่ 7 - 47.8 °C ค่า pH 4.8 - 7.8 เป็นแบคทีเรียในกลุ่มต้องการอากาศ (aerobe) หรือกลุ่มเจริญอยู่ได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ (facultative aerobe) สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ (enterotoxin) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหารเป็นกลุ่มเจริญอยู่ได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ และสามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดง และทำให้พลาสมาแข็งตัวได้ อุณหภูมิที่เชื้อผลิตสารพิษอยู่ในช่วง 10 - 46 °C (บุษกร, 2550) สารพิษทำให้เกิดผลกระทบต่อกระเพาะอาหารของผู้บริโภคทำให้เกิดอาการอาเจียน สามารถพบแบคทีเรียนี้ตามผิวหนังและเยื่อบุเมือกต่างๆตามร่างกายมนุษย์และสัตว์ จึงจัดเป็นจุลินทรีย์ดรรชนีบ่งชี้ถึงปัญหาด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล (วราวุฒิ, 2551)

การศึกษาการทนความร้อนของ *S. aureus* พบว่าความร้อนระดับพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลาย *S. aureus* ได้ (วราวุฒิ, 2551) และพบว่าค่า D-value (เวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไป 90 %) มีค่าน้อยกว่า 3 นาที ที่อุณหภูมิ 60 °C ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า *S. aureus* ไม่ทนต่อความร้อน (ปาริฉัตร, 2547)

2.2.3 *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียรูปร่างเป็นท่อนติดสีแกรมลบ เพิ่มจำนวนได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มี มีแหล่งอาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์ *Salmonella* มีเพียง 2 สปีชีส์ คือ *Sal.* Enterica และ *Sal.* Bongori กลุ่มที่ก่อโรคเป็น serotype ที่อยู่ในสปีชีส์ *Sal.* Enterica โดยการเกิดโรคจะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสารพิษที่สร้างจากผนังเซลล์ของเชื้อ (endotoxin) และปริมาณเชื้อที่ได้รับแล้วทำให้เกิดโรค (infection dose) $10^5 - 10^9$ เซลล์/กรัม

Salmonella spp. เป็นเชื้อโรคที่มีความสำคัญสูงในอุตสาหกรรมอาหารทั้งของคนและสัตว์ แม้กระบวนการจะถูกควบคุมอย่างดีเพียงใดก็มีโอกาสพบการปนเปื้อนของ *Salmonella* ได้เสมอ เนื่องจาก *Salmonella* มีทั่วไปในสิ่งแวดล้อม และ serotype ที่ไม่ก่อโรคอาจเปลี่ยนลักษณะบนผิวแอนติเจนกลายเป็น serotype ที่ก่อโรคได้ มาตรฐานด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์อาหารเกือบทุกชนิดทั้งในและต่างประเทศจึงระบุว่าต้องตรวจไม่พบ *Salmonella* ใน 25 กรัมตัวอย่าง (สาวิตรี, 2550)

2.2.4 *Clostridium perfringens*

Clostridium perfringens เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน สามารถสร้างสปอร์ได้ เจริญได้ในที่ที่มีอากาศน้อยหรือไม่มีอากาศ พบได้ในหลายแหล่งในธรรมชาติในดิน น้ำเค็มและน้ำจืดที่มีและไม่มีอากาศ เอนไซม์ย่อยโปรตีน และสร้างกรดจากคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ สามารถสร้างเอนไซม์ได้ไม่น้อยกว่า 5 ชนิด คือ (นฤมล และวาสนา, 2557; CDC, 2014)

1. ไฮยาลูโรนิเดส (Hyaluronidase) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายกรดไฮยาลูโรนิก (hyaluronic acid) ซึ่งเป็นสารเชื่อมระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ ทำให้เชื้อโรคสามารถกระจายไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ ได้ง่ายขึ้น

2. เลซิธิเนส (Lacithinase) หรือแอลฟ่าทอกซิน เป็นเอนไซม์ที่ย่อยเลซิธิน (lecithin) ซึ่งเป็นสารฟอสโฟลิพิดที่มีอยู่ตามเยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อถูกย่อย โดยเฉพาะย่อยเม็ดเลือดแดง

3. คอลลาเจเนส (Collagenase) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ยึดอยู่ในเนื้อเยื่อกระดูก กระดูกอ่อน และกล้ามเนื้อ

4. ฮิโมไลซิน (Hemolysin) เป็นสารที่ทำลายฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน

5. สเตรปโตดอร์เนส (Streptodornase) อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ดีออกซีไรโบนิวคลีเอส (deoxyribonuclease, DNases) ทำหน้าที่ทำลายและย่อย DNA

NZFSA (2010b) พบว่าการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 นาที สามารถทำลายเซลล์ของ *Clostridium perfringens* ลงได้ถึง 6 log cycle

2.3 การพาสเจอไรซ์ (วิไล, 2546)

การพาสเจอไรซ์เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารให้นานหลายวัน เช่น นม หรือหลายเดือน เช่น ผลไม้บรรจุขวด วิธีนี้สามารถใช้ในการถนอมอาหารได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อความร้อนต่ำ เช่น เชื้อแบคที่เรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด การพาสเจอไรซ์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วต้องเข้าสู่กระบวนการต่อไป หรือต้องเก็บรักษาในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บน้ำพาสเจอไรซ์หรือน้ำพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 4 - 10 °C ความรุนแรงของการให้ความร้อนกับผลการยืดอายุผลิตภัณฑ์กำหนดได้โดย pH ของอาหาร วัตถุประสงค์หลักสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.5) คือการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่วนวัตถุประสงค์หลักสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 4.5) คือการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

การถนอมอาหารแบบอื่นที่ใช้ควบคู่กับการพาสเจอไรซ์ ได้แก่ การใช้ความเย็นตามที่กล่าวไปแล้วการใช้สารเคมีเพื่อให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น การใช้น้ำตาลในนมข้นหวาน การใช้กรดหรือการหมักเพื่อให้จุลินทรีย์เปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแล็คโตสไปเป็นกรกแล็คติก หรือบรรจุหีบห่อ เช่น การรักษาสภาพไร้อากาศในขวดเบียร์ จะช่วยให้อายุการเก็บรักษาอาหารนานขึ้น

2.4 มาตรฐานซอสในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ. 2543 เรื่อง ซอสในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ข้อ 3 กำหนดว่า ซอส หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีลักษณะเหลว ข้น หรือแห้ง อาจจะเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้ และมีความมุ่งหมายใช้เป็นเครื่องปรุงรส ได้แก่

(1) ซอสชนิดต่าง ๆ ยกเว้นซอสบางชนิดและผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากการย่อยโปรตีนของถั่วเหลือง ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องนั้น ๆ

(2) เต้าเจี้ยว

(3) น้ำจิ้มชนิดต่าง ๆ

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ดังกล่าว กำหนดมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามบัญชีหมายเลข 3) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ. 2543 เรื่อง ซอสในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2543 ได้แก่

1. *Salmonella* spp.	ไม่พบใน 25 กรัม
2. *Staphylococcus aureus*	ไม่พบใน 0.1 กรัม
3. *Bacillus cereus*	ไม่เกิน 500 ใน 1 กรัม
4. *Clostridium perfringens*	ไม่เกิน 1,000 ใน 1 กรัม

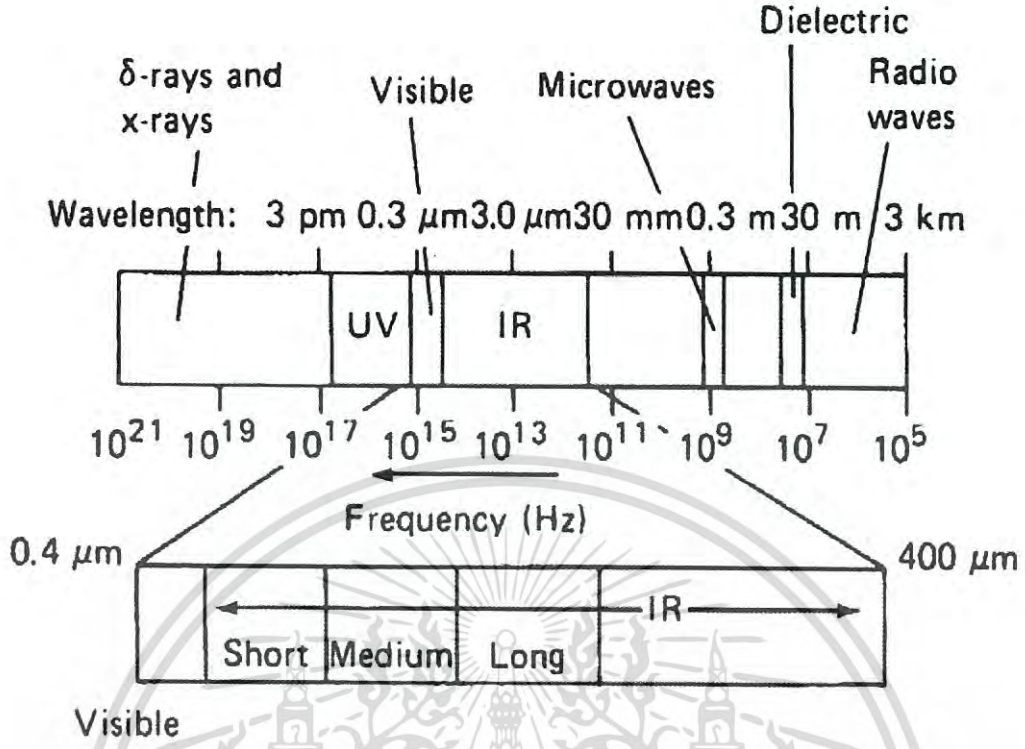
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไมโครเวฟ

ธีรพร (2551) การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหารเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ได้หลายกระบวนการ ได้แก่ การลวก (blanching) การทำให้สุก (cooking) การทำแห้ง (drying) การพาสเจอไรซ์ (pasteurizing) การสเตอริไลซ์ (sterilizing) การละลายน้ำแข็ง (thawing) การอบ (baking) รวมทั้งกระบวนการอื่นๆ เช่น การควบคุมจุลินทรีย์ การยับยั้งเอนไซม์ และการควบคุมแมลง เป็นต้น (Mudgett, 1986; Rosenberg and Boegl, 1987) และในปัจจุบันนี้เนื่องจากกระแสความต้องการของผู้บริโภคทางด้านอาหารได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยผู้บริโภคต้องการอาหารที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับของสด มีคุณภาพสูง มีความสะดวกสบายในการเตรียม อีกทั้งมีอายุการเก็บรักษาอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะอาหารที่ปรุงสุกได้อย่างรวดเร็ว (quick cooking dishes) ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในสังคมปัจจุบัน จึงทำให้มีการศึกษาการใช้ไมโครเวฟเพื่อดัดแปลงและปรับปรุงกระบวนการแปรรูปอาหารโดยเฉพาะในการให้ความร้อนและได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น อาหารแปรรูปขั้นต้น (minimally processed foods) ทั้งนี้เนื่องจากไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นผลให้เกิดการสูญเสียคุณภาพด้านต่าง ๆ เช่น กลิ่นรส สีและเนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่าการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) ที่มีความถี่ระหว่าง 300 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ (GHz) (ระหว่างความยาวคลื่น 100 เซนติเมตร - 1 มิลลิเมตร) (Rosenthal, 1992) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ไมโครเวฟไม่ใช่ความร้อนแต่อยู่ในรูปของพลังงาน (energy) และถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและ/หรือการหมุนตัวโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาคหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่วัตถุได้รับคลื่นและมีการดูดซับพลังงานดังกล่าว เป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้น (Fellows, 2000) และมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนแบบโอมมิคตรงที่ความร้อนแบบโอมมิคนั้น เกิดจากความต้านทานกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) ของอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยตรง และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ไมโครเวฟไม่ใช้ปั๊มในการลำเลียงอาหารที่อยู่ในท่อให้ผ่านกระบวนการดังกล่าวจึงไม่เป็นการทำลายคุณลักษณะหรือโครงสร้างของอาหาร (โดยเฉพาะในการบรรจุแบบปลอดเชื้อ) (รุ่งนภา, มปป.) และแตกต่างจากกระบวนการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมคือเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่กำหนดในการฆ่าเชื้อน้อยกว่าจากการที่คลื่นไมโครเวฟถูกใช้ในเรดาร์ (radar) อุปกรณ์นำทาง (navigational equipment) และอุปกรณ์สื่อสาร (communication equipment) ดังนั้นในการใช้คลื่นดังกล่าวจึงต้องมีการควบคุมดูแลโดยองค์กรระหว่างประเทศที่เรียกว่า International Telecommunication Union (ITU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : Fellows (2000)

การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างมีระเบียบ โดยการใช้คลื่นที่เกี่ยวกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์ (Industrial, scientific and medical (ISM) frequencies) มีกำหนดการใช้ความถี่ที่ 915 $\pm$ 25 MHz 2,450 $\pm$ 50 MHz 5,000 $\pm$ 75 MHz และ 22,125 $\pm$125 MHz และกำหนดความถี่ที่ 915 $\pm$ 25 MHz และ 2,450 $\pm$ 50 MHz สำหรับงานให้พลังงานความร้อนในอุตสาหกรรมและการใช้ในบ้านเรือน (สายสนม, 2543 ; Singh และ Heldman, 2001)

Singh และ Heldman (2001) รายงานว่าไมโครเวฟมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับคลื่นแสง (visible light) โดยสามารถทำให้มารวมกันเป็นลำคลื่น (beams) ได้ และส่งผ่านวัตถุ (transmit) โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติไดอิเล็กทริก (dielectric properties) ของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งอาจสะท้อนกลับ (reflect) หรือดูดซับ (absorb) พลังงานไว้ และคลื่นไมโครเวฟอาจผ่านทะลุวัตถุโดยไม่เกิดการดูดซับก็ได้ เช่น วัสดุที่เป็นแก้ว เซรามิกส์ (ceramics) และเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic materials) ส่วนใหญ่จะยอมให้คลื่นไมโครเวฟผ่านโดยมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่ดูดซับไว้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทำให้เกิดความร้อนจากพลังงานไดอิเล็กทริก (dielectric heating)

Fellows (2000) รายงานว่าพลังงานไดอิเล็กทริก (dielectric energy) จากคลื่นไมโครเวฟ และความถี่วิทยุ (radio frequency) เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ซึ่งส่งผ่านในรูปของคลื่น (wave) และแทรก (penetrate) เข้าไปในอาหาร และพลังงานนี้จะถูกดูดซับ (absorb) และเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน โดยทั่วไปเราสามารถทำให้เกิดความร้อนในอาหารได้ทั้งโดยทางตรง (direct method) ซึ่งความร้อนจะเกิดขึ้นภายในตัวของอาหาร เช่น ความร้อนที่เกิดจากไมโครเวฟและคลื่นวิทยุ และโดยทางอ้อม (indirect method) ซึ่งเป็นการทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายนอกและส่งผ่านพื้นผิวหน้าของอาหารไปยังด้านใน โดยเกิดจากการแผ่รังสี (radiation) การพาความร้อน (convection) หรือการนำความร้อน (conduction)

2.7 การเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ

จากการที่วัตถุดูดซับพลังงานไมโครเวฟเนื่องจากการมีคุณสมบัติไดอิเล็กทริกทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นภายในวัตถุ Singh และ Heldman (2001) รายงานว่าการเกิดความร้อนภายในวัตถุที่สัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟนั้นมีสาเหตุมาจากกลไก 2 ประการ ได้แก่

1. การเคลื่อนที่ของอิออน เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization) ภายในเตาไมโครเวฟ (microwave oven) จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetron) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสนามไฟฟ้าจะถูกสร้างออกมาในลักษณะ 3 ทิศทาง คือ บนสู่ล่าง ข้างสู่ข้าง และหน้าสู่หลัง เมื่ออนุภาคที่มีประจุในอาหารสัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟจะทำให้เกิดการสั่นและเคลื่อนที่ จึงเกิดการชน (collisions) หรือเสียดสีกับอนุภาคที่อยู่ข้างเคียงเป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้นในอาหารนั้น ซึ่งโดยทั่วไปในอาหารจะมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน มีปริมาณน้ำและเกลือที่ละลายได้แตกต่างกัน เช่น โซเดียม - โปตัสเซียม - หรือแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะแตกตัวให้อิออนบวก (cations) และอิออนลบ (anions) ดังนั้นอนุภาคที่มีประจุจึงสามารถที่จะมีอันตรกิริยา (interactions) กับสนามไฟฟ้าใดๆ รวมทั้งสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นในเตาไมโครเวฟเช่นเดียวกัน

2. การหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (dipole rotation) ในอาหารประกอบด้วยน้ำที่มีปริมาณแตกต่างกัน น้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) ซึ่งในสภาพปกติจะเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (random oriented) เมื่อผ่านสนามไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไป ประจุบวกและลบในโมเลกุลจะหมุนตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางตามทิศของสนามไฟฟ้าสลับนั้นๆ โดยการหมุนตัวกลับไปมาจะเกิดอย่างรวดเร็วตามความถี่ของไมโครเวฟ คือ 915 หรือ 2,450 พันล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดความร้อนขึ้นและกระจายไปยังโมเลกุลข้างเคียง เนื่องมาจากการชนระหว่างโมเลกุลของน้ำในอาหาร ในส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในสถานะของแข็ง เช่น น้ำแข็ง โมเลกุลของน้ำจะถูกยึดติดกับโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะของผลึก และไม่สามารถหมุนตัวเองมากพอที่จะชนกับโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงเพื่อทำให้เกิดความร้อนได้ และในส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สหรือไอจะมีโมเลกุลข้างเคียงที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถชนกันจนทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้จำนวนน้อยมากเช่นเดียวกัน โดยอันตรกิริยาชนิดนี้มีความสำคัญที่สุดในอาหาร ยกเว้นในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงมาก เช่น แฮม เป็นต้น

การเกิดความร้อนในอาหารบริเวณจุดที่สัมผัสกับไมโครเวฟทั้งสองแบบที่กล่าวมานั้น ความร้อนจะกระจายออกไปยังส่วนอื่นๆ เนื่องจากผลของการเดือดของน้ำโดยการนำความร้อนและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (สายสนม, 2543)

2.8 ความลึกในการทะลุทะลวง (penetration depth) ของไมโครเวฟ

Singh และ Heldman (2001) รายงานว่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า (electrical properties) ของวัตถุมีผลต่อการถ่ายเทพลังงานระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับวัตถุที่สัมผัสกับไมโครเวฟ ความลึกของการทะลุทะลวงของไมโครเวฟ หาได้จากสมการ ดังนี้

$$z = (\lambda / 2\pi) \{2 / (\varepsilon'(1 + \tan^2 \delta)^{1/2} - 1)\}^{1/2}$$

โดย z คือ ความลึกของการทะลุทะลวง (ที่ต่ำจากผิวของวัตถุ)

λ คือ ความยาวคลื่น (wavelength)

ε' คือ การวัดความสามารถของวัตถุที่จะเก็บพลังงานไมโครเวฟ (relative dielectric constant)

$\tan \delta$ คือ การวัดความสามารถของวัตถุที่ยอมให้พลังงานไมโครเวฟทะลุทะลวงผ่านไปได้ (loss tangent)

จากสมการจะเห็นว่าพลังงานไมโครเวฟที่ความถี่ 915 MHz จะสามารถทะลุทะลวงได้ลึกกว่า ที่ 2,450 MHz เนื่องจากมีความยาวคลื่นมากกว่า โดยปัจจัยที่มีผลต่อการทะลุทะลวงผ่านเข้าไปในชิ้นอาหารมีความสำคัญต่อการออกแบบหรือเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะอาหาร เช่น ถ้าชิ้นอาหารที่จะแปรรูปด้วยไมโครเวฟมีความหนามาก ก็ควรเลือกคลื่นไมโครเวฟที่ต่ำกว่า (สายสนม, 2543)

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

รุ่งนภา (มปป.) รายงานถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ จะเกี่ยวข้องกับระบบไมโครเวฟและวัตถุที่ถูกทำให้ร้อนขึ้น ปัจจัยหลักของอาหารที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุที่ใช้กับไมโครเวฟ ได้แก่

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ เมื่ออาหารได้รับความร้อนจากไมโครเวฟ การเพิ่มของอุณหภูมิจะขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารหลายอย่าง โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดอัตราและเวลาการให้ความร้อน โดยทั่วไปในกระบวนการให้ความร้อนใด ๆ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิเริ่มต้นยิ่งสูง อาหารจะยิ่งสุกเร็วขึ้น ส่วนปัจจัยที่สำคัญอื่นๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิที่จะได้ คือ ความร้อนแฝง (เช่น น้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็งที่เปลี่ยนไปเป็นน้ำ จะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น) คุณสมบัติไดอิเล็กทริกและคุณสมบัติทางความร้อนของอาหาร

2. ขนาด เมื่อทำให้ชิ้นอาหารร้อนขึ้น อาหารที่มีขนาดเหมือนกันจะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และขนาดของชิ้นอาหารที่เล็กกว่าต้องการพลังงานน้อยกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่า

3. รูปร่าง ลักษณะสัณฐานของอาหารมีความสำคัญ โดยอาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมออาจเป็นการให้ความร้อนมากเกินไป (over heating) ส่วนอาหารที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่จะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอมากกว่าชิ้นอาหารที่มีมุมแหลมหรือที่มีทั้งส่วนหนาและบาง อย่างไรก็ตามทรงกลมหรือผิวที่โค้งคล้ายกับทรงกลมอาจจะมีส่วนตรงกลางที่ร้อนกว่า แต่การให้ความร้อนมากเกินไปไม่สามารถสังเกตได้ในชิ้นอาหารที่มีขนาดรัศมีเกิน 0 – 50 มิลลิเมตร

4. ความหนาแน่นหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารโดยส่วนใหญ่มักมีความเป็นเนื้อเดียวกันที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งมีผลต่ออาหารที่ทำให้ร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้ความร้อนที่สม่ำเสมอ อาหารที่แน่นกว่ามีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการให้ความร้อนนานกว่าอาหารที่มีองค์ประกอบที่เปิดและเป็นรูพรุนมากกว่า

5. ความร้อนจำเพาะ ความร้อนจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่ควบคุมการให้ความร้อนอาหาร ความจุความร้อนจำเพาะนิยามให้เป็นปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น 1°C ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของสารที่จะจุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับของน้ำ หน่วยของความจุความร้อนจำเพาะคือจูล/กรัม องศาเซลเซียส (J/g °C) ความจุความร้อนของน้ำเท่ากับ 1.0 J/g °C ส่วนไขมันส่วนใหญ่ประมาณ 0.5 J/g °C หมายความว่าสำหรับไขมันที่มีน้ำหนักเท่ากับน้ำ ไขมันต้องการความร้อนเพียงครึ่งเดียวของน้ำความร้อนจำเพาะจะขึ้นกับอุณหภูมิโดยเฉพาะในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C เพียงเล็กน้อยนั้น ความร้อนจำเพาะจะมีค่าสูงมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นรอบๆ จุดเยือกแข็งของอาหารและผลของความร้อนแฝงที่ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนสภาวะทางกายภาพระหว่างน้ำและน้ำแข็ง ดังนั้นปริมาณพลังงานที่ต้องใช้จะเพิ่มขึ้นถ้าให้ความร้อนแก่อาหารแช่เยือกแข็งด้วยไมโครเวฟเนื่องจากผลของความร้อนแฝงหล่านี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คุณสมบัติไดอิเล็กทริกของอาหาร คุณสมบัตินี้เป็นตัวกำหนดว่าอาหารหรือวัตถุจะสามารถดูดซับไมโครเวฟได้ดีเพียงใด ซึ่งมีความสำคัญมากต่อผู้ผลิตอาหารซึ่งใช้กับกระบวนการที่ใช้ไมโครเวฟ ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กทริกที่แสดงเป็นตัวเลขดังที่กล่าวมาแล้ว มีอยู่ 3 ค่า ได้แก่ ค่า dielectric constant (ε') ค่า dielectric loss factor (ε'') และค่า dielectric loss tangent (tan δ) ซึ่งถ้าค่าเหล่านี้สูงขึ้น แสดงว่าวัตถุจะร้อนได้ดีขึ้น ค่า ε' เป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่จะเก็บพลังงานไมโครเวฟ ส่วน ε'' แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัตถุที่จะกระจายพลังงานออกไปเป็นความร้อน เมื่อเราต้องการวิเคราะห์การให้ความร้อนแก่อาหาร เรามักใช้ค่า tan δ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่ยอมให้พลังงานไมโครเวฟทะลุทะลวงผ่านไปได้ โดยคุณสมบัติไดอิเล็กทริกจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร เช่น คาร์ไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เกลือ และปริมาณน้ำ เป็นต้น

2.10 ผลของไมโครเวฟต่อจุลินทรีย์

U.S.FDA. (2015) รายงานว่าพลังงานที่ถูกดูดซับจากไมโครเวฟจะทำให้อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น และพอเพียงที่จะทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งในการพาสเจอไรซ์และสเตอริไลซ์ และมีรายงานการศึกษาจำนวนมากที่พิสูจน์แล้วว่าผลจากความร้อน (thermal effect) เป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำลายจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามในการใช้กระบวนการไมโครเวฟในช่วงแรก พบว่ามีข้อถกเถียงเกี่ยวกับผลที่ไม่ได้เกิดจากความร้อน (athermal หรือ non-thermal effects) อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนในเรื่องนี้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการวัดอุณหภูมิและเวลาที่แน่นอนในกระบวนการไมโครเวฟยังไม่สามารถกระทำได้ ในการศึกษาผลของไมโครเวฟในการทำลายจุลินทรีย์โดยที่ยังไม่คำนึงถึงผลที่ไม่ได้เกิดจากความร้อน พบว่ากลไกในการลดลงของจุลินทรีย์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกระบวนการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม และในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษที่ต้านทานไมโครเวฟ (microwave resistant foodborne pathogens)

Banik และคณะ (2003) รายงานว่าไมโครเวฟสามารถก่อให้เกิดผลทางชีวภาพ (biological effects) ได้โดยขึ้นอยู่กับความแรงของคลื่น (strength) ความถี่ (frequencies) รูปแบบของคลื่น (wave forms) การปรับความถี่ (modulation) และระยะเวลาที่สัมผัสกับไมโครเวฟ (duration of exposure) โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล ในการใช้ไมโครเวฟเพื่อสเตอริไลซ์อาหารได้มีข้อสรุปที่แตกต่างกัน 2 ประการในเรื่องของสาเหตุในการทำลายจุลินทรีย์ โดยคาดว่าเกิดจากความร้อนที่เกิดขึ้นโดยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว และเกิดจากผลร่วมกันระหว่างความร้อนที่เกิดขึ้นและผลจากสนามไฟฟ้า (electric field) และเป็นการยากที่จะหาข้อสรุปที่ชัดเจนเนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในระหว่างการใช้ไมโครเวฟนั้นกระทำได้ยาก อย่างไรก็ตามได้มีการคิดวิธีใหม่ในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในระหว่างการให้ไมโครเวฟ และจากการทดลองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* โดยใช้ความร้อนแบบวิธีดั้งเดิม และการใช้ไมโครเวฟพบว่าที่

เอกสารนี้ถูกสงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 35 °C นั้น ไม่พบการตายของจุลินทรีย์ ในขณะที่การใช้อุณหภูมิ 45, 47 และ 50 °C พบว่าอัตราการตายของเชื้อนี้โดยการใช้ไมโครเวฟมีค่าสูงกว่าอัตราการตายของเชื้อเมื่อให้ความร้อนแบบวิธีดั้งเดิมที่อุณหภูมิเดียวกัน ถึงแม้ว่านักวิจัยจะไม่สามารถระบุกลไกที่ชัดเจนในเรื่องดังกล่าวที่เกี่ยวข้องกับผลที่ไม่ได้เกิดจากความร้อนได้ แต่สันนิษฐานไว้ว่าไมโครเวฟเป็นสาเหตุให้เกิดการเร่งการเคลื่อนที่ของอิออน (ions) ทำให้เกิดการชน (collide) กับโมเลกุลอื่นๆ หรืออาจเกิดจากสารประกอบที่มีขั้ว (dipoles) เกิดการหมุนตัว (rotate) อย่างรวดเร็วตามการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าสลับ (alternating electric field) (2,450 ล้านครั้งต่อวินาที) จึงเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างระดับทุติยภูมิ (secondary) และตติยภูมิ (tertiary structure) ของโปรตีนที่อยู่ภายในตัวจุลินทรีย์

2.11 ผลของไมโครเวฟต่อองค์ประกอบอาหาร

สายสนม (2543) รายงานว่าไมโครเวฟมีผลต่อส่วนประกอบของอาหารแตกต่างกันออกไป ในกรณีของโปรตีนจากเนื้อสัตว์ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ในปริมาณสูง จะมีความเหนียวมากเมื่อนำมาทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากเป็นการให้ความร้อนที่รวดเร็วเกินไปจนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไม่มีโอกาสที่จะสลายตัว จึงมีความเหนียวมากกว่าการใช้ความร้อนแบบดั้งเดิม อาหารประเภทไข่ที่กระเทาะเปลือกออกแล้วจะทำให้สุกด้วยไมโครเวฟได้อย่างรวดเร็ว ในส่วนของน้ำตาลในการทำน้ำเชื่อมหรือลูกกวาด การใช้ไมโครเวฟจะสามารถทำให้เกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน แต่สำหรับเกลือแกงและเกลือในรูปอื่นๆ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในน้ำและในอาหารจะทำให้การดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ต่ำ มีผลทำให้เกิดความร้อนได้ช้ากว่า Fellows (2000) รายงานว่าการใช้ไมโครเวฟเพื่อลวก (blanch) และพาสเจอไรซ์อาหาร พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) ที่สูงในระดับที่ทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ ซึ่งเป็นผลให้ลดการสูญเสียสารอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อน (heat sensitive) ลงได้ (ยกตัวอย่างเช่น ในการลวกแครอทด้วยไมโครเวฟพบว่าจะไม่เกิดการสูญเสียแคโรทีน ในขณะที่การลวกด้วยไอน้ำ (steam blanching) และน้ำร้อน (water blanching) จะสูญเสียแคโรทีนปริมาณ 28 และ 45% ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามในการศึกษาในอาหารอื่นๆ บางชนิดพบว่าผลการทดลองมีความแปรปรวนสูงมากจนไม่อาจสรุปได้ชัดเจนว่าการใช้ไมโครเวฟจะเกิดการสูญเสียสารอาหารน้อยกว่ากระบวนการให้ความร้อนโดยวิธีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร (ธีรพร, 2551)

การใช้ไมโครเวฟในกระบวนการแปรรูปโดยส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับการใช้ความร้อนวิธีดั้งเดิม ซึ่งข้อดี และข้อเสียของการใช้ไมโครเวฟมีดังนี้

ข้อดี

1. เพิ่มความสะดวกและเป็นแหล่งของความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างมีความยืดหยุ่นและควบคุมได้ง่าย เป็นการทำความร้อนที่รวดเร็วกว่าวิธีการทำความร้อนดั้งเดิม
2. อาหารมีความสะอาด
3. สามารถทำความร้อนให้แก่อาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดที่แยกการทำความร้อนได้
4. เป็นการทำความร้อนที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากอากาศที่อยู่รอบ ๆ และเตาไมโครเวฟไม่ถูกทำให้ร้อน อัตราส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าใช้ได้มากถึง 40 - 50% ในเตาไมโครเวฟที่ใช้คลื่นความถี่ 2,450 MHz
5. ช่วยประหยัดพื้นที่เนื่องจากอัตราการทำความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จะเทียบเท่ากับอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยวิธีดั้งเดิมแต่ไมโครเวฟมีขนาดเล็กกว่า
6. เป็นวิธีการทำความร้อนที่รวดเร็วกว่า ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการเก็บผลิตภัณฑ์
7. การทำความร้อนโดยไมโครเวฟมีลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้ร่วมกับวิธีการทำความร้อนแบบอื่นๆ เพื่อที่จะทำให้ได้อุณหภูมิสูงตามต้องการ เช่น การทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้า
8. ช่วยลดขั้นตอนการผลิตและลดความเสียหาย
9. เนื่องจากไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากภายในอาหาร ทำให้การกระจายของอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอกว่าและไม่ทำให้เกิดความร้อนที่สูงเกินไปที่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ในทางตรงกันข้ามการดูดซับพลังงานไมโครเวฟซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้องค์ประกอบของอาหารบางอย่างร้อนขึ้นได้เร็วกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งการที่อุณหภูมิของอาหารมีความสูงต่ำไม่เท่ากัน ทำให้สามารถใช้คุณสมบัตินี้ในการทำความร้อนแก่อาหารที่มีความแตกต่างกันได้ในเวลาเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

1. เนื่องจากการดูดซับพลังงานไมโครเวฟของอาหารขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันมาก จะมีรูปแบบของอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากเมื่อทำความร้อนโดยไมโครเวฟ อาหารที่เกิดความร้อนไม่สม่ำเสมอมีสาเหตุมาจากลักษณะเฉพาะตัวของอาหาร ขนาดและรูปร่าง ดังนั้นโอกาสในการเกิดความร้อนที่สูงเกินไปจึงมักเกิดขึ้นที่บริเวณมุมหรือขอบในขณะที่อาจจะเกิดความร้อนน้อยกว่าที่ต้องการในบริเวณใจกลางอาหารที่มีขนาดชิ้นใหญ่

2. เป็นการลงทุนที่สูง แมกนีตรอนเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ที่ทำความร้อนวิธีดั้งเดิม

3. เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน เป็นผลให้ยากต่อการบำรุงรักษาสำหรับบุคคลที่ขาดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไมโครเวฟ

4. ไมโครเวฟเพียงลำพังไม่สามารถย่างหรือทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้

5. ต้องการมาตรการรักษาความปลอดภัยที่แตกต่างไปจากการทำความร้อนโดยวิธีดั้งเดิม

การ tempering เป็นวิธีการให้ความร้อนกับอาหารแช่เยือกแข็งเพื่อคืนสภาพเดิม เพียงแต่เพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่อาหารยังคงรูปพอที่จะนำมาตัดแต่งหรือนำมาบดได้ (อุณหภูมิประมาณ –4 °C) ซึ่งยังไม่ถึงขั้นการละลายน้ำแข็ง (thawing) โดยไมโครเวฟจะช่วยลดระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิและส่วนมากใช้ที่คลื่นความถี่ 915 MHz เนื่องจากสามารถทะลุทะลวงได้ดีกว่า ข้อดีของ tempering คือทำให้ตัดชิ้นอาหารได้ง่ายขึ้น ลดต้นทุนในการแช่เย็นในขณะที่รออาหารแช่เยือกแข็งละลาย ลดต้นทุนการแช่เย็น ลดการเสื่อมเสียของอาหาร และลด drip loss กระบวนการมีความยืดหยุ่นในการใช้และการควบคุม ทำให้สามารถควบคุมสุขลักษณะของอาหารได้ดีกว่า รวมทั้งลดพื้นที่ในการเก็บอาหารลงได้

ตัวอย่างการ tempering เช่น ในการละลายอาหารแช่เยือกแข็งจะใช้เวลาประมาณ 5 นาที โดยไม่ต้องแยกเอาภาชนะบรรจุออกจากอาหาร อาหารจะเกิด drip loss น้อยมาก เปรียบเทียบกับอาหารที่ละลายน้ำแข็งโดยวิธีดั้งเดิม ปกติจะใช้เวลาตั้งแต่ 2 - 5 วัน และจะเกิด drip loss มากถึง5% ของน้ำหนักอาหาร

การทำแห้งอาหาร ได้มีการประดิษฐ์เครื่องทำแห้งที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการทำให้น้ำภายในชิ้นอาหารร้อนและระเหยออกมา เป็นวิธีที่พัฒนาการทำแห้งวิธีดั้งเดิมที่ใช้ระบบลมร้อนซึ่งมักมีผลต่อผลิตภัณฑ์ คือทำให้เกิด case hardening เนื่องจากในช่วงหลังของการทำแห้ง อัตราการระเหยน้ำจากด้านในของอาหารจะช้าลงเพราะความร้อนจะผ่านเข้าไปได้ช้าลง ตัวอย่างอาหารที่สามารถทำแห้งโดยไมโครเวฟ เช่น พาสต้า มะเขือเทศบด (tomato paste) หัวหอม ข้าวและอาหารขบเคี้ยวโดยใช้ร่วมกับเครื่องทำแห้งระบบลมร้อนเพื่อการถ่ายเทความชื้นที่บริเวณผิวหน้าของอาหารในการทำแห้งอาหารนั้น การใช้ไมโครเวฟจะลดต้นทุนการทำแห้งลงได้อย่างมาก ถ้าอาหารนั้นมีความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นก่อนการทำแห้งต่ำกว่า 20% และโดยทั่วไปค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานจะมีประมาณหนึ่งในสามของวิธีการทำแห้งดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น การทำแห้งพาสต้าพบว่าจะช่วยลดเวลาการทำแห้งลงได้ตั้งแต่ 1.5 - 8 ชั่วโมง และลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลง 20% รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวการดำเนินการประมาณ 20 - 25% และยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติของสีและเนื้อสัมผัสให้ดียิ่งขึ้น ช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และลดโอกาสที่จะเกิด case hardening ลงได้

การอบ (baking) ในการใช้ไมโครเวฟในการอบขนมปัง เค้ก และพาสตรี (pastry) ได้รับความนิยมอย่างสูง โดยสามารถใช้ได้ทั้งที่ความถี่สูงและต่ำ แต่ที่ความสูงจะมีข้อดีคือสามารถทะลุทะลวงได้มากกว่า และทำให้ส่วนตรงกลางของขนมอบได้รับความร้อนอย่างเพียงพอ ข้อเสียในการอบขนมอบด้วยไมโครเวฟคือไม่สามารถทำให้เกิดเปลือกสีน้ำตาล (crust) และเกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ ในบางกรณีทำให้องค์ประกอบของกลิ่นเกิดได้ไม่ดี โดยทั่วไปการใช้ไมโครเวฟมักใช้ร่วมกับการอบแบบดั้งเดิมซึ่งใช้แก๊สหรือคลื่นอินฟราเรดหรือการทอดในน้ำมันร้อน

การใช้ไมโครเวฟในการอบขนมปัง ทำให้สามารถผลิตขนมปังจากแป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนต่ำแต่มีปริมาณแอลฟาอะมัยเลส (α-amylase) สูง ปริมาณอะมัยเลสที่มีอยู่มากจะทำให้แป้งถูกย่อยในสภาวะการอบที่ปกติ เป็นผลให้โด (dough) น้อยลงและโดที่ได้มีคุณสมบัติยอมให้อากาศผ่านได้มากเกินไปจนปริมาตรขนมปังที่ได้มีค่าน้อย รวมทั้งโดยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อยทำให้มีความยืดหยุ่นต่ำและมีเนื้อสัมผัสที่เหนียว โดลักษณะนี้จะสามารถอบได้โดยวิธีดั้งเดิมเมื่อใช้ที่อุณหภูมิ 320 °C และใช้ไมโครเวฟ (ขนาด 896 MHz) ในเวลาเดียวกัน เนื่องจากการใช้ไมโครเวฟในการอบ ทำให้ส่วนผสมทั้งก้อนเกิดความร้อนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเอนไซม์แอลฟาอะมัยเลสจะถูกทำลายก่อนที่กิจกรรมของเอนไซม์จะเกิดมากจนเกินไป และก่อนการสร้างแก๊ส (คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ) ภายในโดจะถูกเร่ง ซึ่งมีผลทำให้ขนมปังที่ได้มีปริมาตรจำเพาะที่สูงกว่าแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่า

การควบคุมแมลง (insect control) การใช้คลื่นวิทยุหรือไมโครเวฟสามารถทำลายแมลงที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดธัญพืชชนิดต่าง ๆ ได้ โดยแมลงที่เป็นตัวเต็มวัยจะทนต่อไมโครเวฟมากกว่าพวกที่ยังไม่เจริญเต็มที่ ผลพลอยได้จากการใช้ไมโครเวฟกำจัดแมลง ได้แก่การที่เมล็ดธัญพืชมีความชื้นลดลงได้มีการศึกษาเปรียบเทียบการใช้รังสีแกมมา อินฟราเรด และไมโครเวฟ และการใช้หลายวิธีการร่วมกันในการทำลายแมลง *R. dominica* ในข้าวสาลีพบว่าสามารถลดปริมาณแมลงดังกล่าวได้ 54, 55 และ 42% เมื่อใช้รังสีแกมมา อินฟราเรดและไมโครเวฟตามลำดับ เมื่อใช้วิธีการร่วมระหว่างรังสีแกมมากับอินฟราเรด และรังสีแกมมากับไมโครเวฟ พบว่าจะสามารถลดจำนวนแมลงลงได้ถึง 95 และ 89% ตามลำดับ

การพาสเจอไรซ์และสเตอริไลซ์ (ผลต่อจุลินทรีย์) ในการใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอไรซ์และสเตอริไลซ์อาหารจะใช้อุณหภูมิแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการแปรรูปโดยใช้ความร้อนวิธีดั้งเดิม โดยอุณหภูมิที่ใช้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร ปริมาณของอาหาร รูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาชนะบรรจุแล้ว และเวลาที่คงไว้เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงตามที่ต้องการ (holding time) การสเตอริไลซ์อาหารด้วยไมโครเวฟ จะใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมากกว่าจุดเดือดของน้ำ จึงต้องใช้ความดันที่สูงขึ้นแต่ยังไม่มีการใช้มากนัก เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุต้องทนต่ออุณหภูมิและความดันภายในที่สูงซึ่งเกิดจากแก๊สในส่วนของ headspace โดยเฉพาะที่เกิดจากไอน้ำ

ในการศึกษาน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ด้วยวิธี HTST โดยใช้ไมโครเวฟที่สภาวะ 71.5 °C เป็นเวลา 59 วินาที (ใช้ไมโครเวฟขนาด 700 วัตต์) ซึ่งแม้ว่าจะให้ความร้อนจนถึง 65 วินาที และคงไว้อีก 15 วินาที พบว่าไม่สามารถทำลายเชื้อ *Sal. Typhimurium, E. coli* หรือ *Pseudomonas fluorescence* ลงได้ทั้งหมด หรือในการพาสเจอไรซ์นมโดยไมโครเวฟที่อุณหภูมิระหว่าง 62.8 และ 71.7 °C เป็นเวลา 4.5 – 5.0 นาที (ขึ้นกับกำลังของไมโครเวฟที่ใช้ 550 หรือ 700 วัตต์) แล้วนำไปแช่เย็นข้ามคืน ผลการทดลองพบว่าไม่สามารถลดจำนวนของเชื้อ *S. faecalis* ในน้ำนมลงได้ ซึ่งมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนน้ำนมโดยใช้อ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 62.8 °C เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งทำลายเชื้อนี้ลงได้

ในการศึกษาการให้ความร้อนแก่ไก่งวงที่เติมเชื้อ *Sal. Typhimurium, S. aureus* และ *C. perfringens* โดยไมโครเวฟภายใต้สภาวะมาตรฐาน (ทำให้สุกที่อุณหภูมิสุดท้าย 76.6 °C โดยความถี่ไมโครเวฟขนาด 2,450 MHz) พบว่าไม่สามารถทำลายเชื้อใดเชื้อหนึ่งให้หมดไปได้ และมีรายงานการศึกษาพบว่าการใช้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายใน ไม่น่าจะเป็นวิธีที่ปลอดภัยต่อการบริโภค เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียบริเวณพื้นผิวภายนอกในตัวอย่างไก่ที่ทำให้สุกโดยไมโครเวฟ มีมากกว่าในตัวอย่างไก่ที่ทำให้สุกโดยใช้เตาอบแบบธรรมดาโดยเหตุผลที่อธิบายว่าการที่ไมโครเวฟไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ในอาหารที่ผ่านไมโครเวฟได้นั้นเกิดเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความร้อนโดยไมโครเวฟนั้นสั้นมาก และสนามไมโครเวฟขาดความสม่ำเสมอในอาหาร ทำให้อุณหภูมิในแต่ละจุดในชิ้นอาหารไม่เท่ากัน และมีข้อแนะนำให้ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนห่อหุ้มอาหาร ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการภายในอาหารมีความสม่ำเสมอทั่วถึง และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ดียิ่งขึ้น

การศึกษาการใช้ไมโครเวฟในการสเตอริไลซ์อาหารหลายชนิดรวมทั้งใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเตรียมอาหาร เช่น ในการศึกษาการฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุอาหารทารก โดยนำขวดและจุกนมไปให้ความร้อนชื้นในเตาไมโครเวฟขนาด 600 วัตต์ ที่ความถี่ 2,450 MHz และนำภาชนะไปตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ ผลการทดลองพบว่าวิธีสเตอริไลซ์ภาชนะดังกล่าวโดยใช้ไมโครเวฟ ได้ผลดีต่อเมื่อต้มในไมโครเวฟเป็นเวลา 3 นาที ซึ่งวิธีนี้มีข้อได้เปรียบกว่าวิธีการสเตอริไลซ์ดั้งเดิมเพียงเล็กน้อยในการทำให้สุกและกระบวนการอื่นๆ ไมโครเวฟนิยมใช้ในการทำให้สุกก่อน (precook) ในผลิตภัณฑ์เบคอน (bacon) ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการหดตัวน้อยลงและมีความสม่ำเสมอ รวมทั้งมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง ได้มีการศึกษาผลของไมโครเวฟต่อเกลือไนไตรท์เปรียบเทียบกับวิธีการทอดแบบดั้งเดิมพบว่าปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรซามีน (nitrosamine) ที่เกิดจากการใช้ไมโครเวฟมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นมีการศึกษาการใช้ไมโครเวฟในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ รวมทั้งผลของการทำให้อาหารสุกโดยใช้ไมโครเวฟต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่าง ๆในอาหารหลายประเภทที่มีความแตกต่างกันออกไป

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

B. cereus เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมและในอาหารหลายชนิดรวมทั้งในผลผลิตสดทางการเกษตร เช่น สมุนไพร เครื่องเทศ ผักสด นม เนื้อสัตว์ และอื่นๆ อีกมากมาย (FSAI, 2011) และมีรายงานจากการศึกษาของ Valero และคณะ (2002) ที่ได้คัดแยกเชื้อ *B. cereus* จากผักสดและอาหารแช่เย็นที่ผ่านกระบวนการน้อยที่มีส่วนประกอบของผัก พบว่าในพริกไทยมีการปนเปื้อนของ *B. cereus* 100% จากตัวอย่างพริกไทยทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ในแตงกวาพบการปนเปื้อนจำนวน 3 ตัวอย่างจาก 9 ตัวอย่าง คิดเป็น 33.3% ในมะเขือเทศพบการปนเปื้อนจำนวน 9 ตัวอย่างจาก 10 ตัวอย่าง คิดเป็น 90% ในหัวหอมพบการปนเปื้อนจำนวน 1 ตัวอย่างจาก 7 ตัวอย่าง คิดเป็น 14.2% ในแครอทพบการปนเปื้อนจำนวน 3 ตัวอย่างจาก 7 ตัวอย่าง คิดเป็น 42.8% และในซูกินีพบการปนเปื้อนจำนวน 2 ตัวอย่างจาก 6 ตัวอย่าง คิดเป็น 33.3% และเมื่อทำการสำรวจหา *B. cereus* ในอาหารแช่เย็นที่ผ่านกระบวนการน้อยที่มีส่วนประกอบของผักคือ gazpacho พบการปนเปื้อนจำนวน 2 ตัวอย่างจาก 9 ตัวอย่าง คิดเป็น 22.2% salmorejo พบการปนเปื้อนจำนวน 4 ตัวอย่างจาก 9 ตัวอย่าง คิดเป็น 44.4% และ ajablanco พบการปนเปื้อนจำนวน 1 ตัวอย่างจาก 4 ตัวอย่าง คิดเป็น 25% นอกจากนี้ยังพบรายงานการปนเปื้อนของสปอร์ *B. cereus* ในอาหารแห้งหลายชนิดซึ่งเชื่อมโยงกับรายงานการเจ็บป่วยจากการบริโภคอาหารที่ทำจากแป้งหรือมีแป้งเป็นส่วนประกอบ เช่น ข้าว พาสต้า มันฝรั่ง ขนมอบ และก๋วยเตี๋ยว ซึ่ง 95% ของผู้ป่วยที่มีอาการจาก emetic endotoxin มีสาเหตุจากการบริโภคข้าวผัดมากที่สุด ขณะที่ผู้ป่วยที่มีอาการจาก diarrheal endotoxin มีสาเหตุการเจ็บป่วยการเชื่อมโยงจากการบริโภคผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ซุป ผัก ซอส ปรุงรส และนมหรือผลิตภัณฑ์นมที่มีสปอร์เหลือรอดจากกระบวนการพาสเจอไรซ์ (U.S. FDA, 2012; Jenson and Moir, 2003; Kramer and Gilbert, 1989; NZFSA , 2010a)

การยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหารโดยการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายชนิด เช่น baking, concentration, cooking, curing, drying, finish drying, freeze drying, pasteurizing, sterilizing, tempering and thawing จากการรวบรวมข้อมูลเรื่องผลของไมโครเวฟต่อเชื้อจุลินทรีย์ของ Valsechi และคณะ (2004) พบว่ามีการศึกษาเรื่องการใช้ไมโครเวฟเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารหลายชนิด เช่น turkeys, meats, milk, corn on the cob, chickens, frozen foods and potatoes ซึ่งผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไมโครเวฟสามารถถนอมอาหาร และลดเซลล์จุลินทรีย์ในอาหารได้ โดยมีรายงานว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ *B. cereus*, *Campylobacter jejuni*, *C. perfringens*, *E. coli*, *Enterococcus, Listeria monocytogenes, S. aureus* และ *Salmonella* ในอาหารด้วยไมโครเวฟได้ และผลการศึกษาผลของการพาสเจอไรซ์นมด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 68 °C เป็นเวลา 40 วินาที ด้วยไมโครเวฟขนาด 2.45 GHz พบว่าสามารถลด total CFU จาก 2,600,000/cm^3 เป็น 1,200/cm^3 และลด *E. coli* จาก 1,000/cm^3 ให้หมดได้ (Albert *et al.*, 2009) และพบว่าการพาสเจอไรซ์นมด้วยไมโครเวฟยังสามารถลดจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacterial count) ได้ไม่แตกต่างกับการพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (water bath) โดยสามารถลดจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacterial count) ลงได้ถึง 76.4 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการให้ความร้อน (Korzenszky *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยกล่าวว่าไมโครเวฟไม่มีผลโดยตรงต่อเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับการฉายรังสีหรือการแปรรูปด้วยด้วยความร้อนอื่นๆ อัตราการการถ่ายเทความร้อนสูงทำให้ใช้เวลาในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ในขั้นตอนการพาสเจอไรซ์หรือ สเตอริไลซ์สั้นลงและช่วยลดการสูญเสียสารอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อนได้ (วิไล, 2546; Goldblith and Wang, 1967; Fujikawa *et al.*, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบในการผลิตไวท์ซอส

1.	หัวหอม	ตลาดสดในเขตกรุงเทพมหานคร
2.	กระเทียม	ตลาดสดในเขตกรุงเทพมหานคร
3.	เนย ตราเบสฟู้ดส์	บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน
4.	แป้งสาลี ตราว่าว	บริษัท ยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด
5.	นมสด ตราเอฟแอนด์เอ็น แมคโนเลีย	บริษัท เอฟแอนด์เอ็น แดรี่ส์ (ประเทศไทย) จำกัด
6.	วิปปิ้งครีม ตรามิลเลค โกลด์	บริษัท เลคแลนด์ แดรี่ส์ กรุ๊ป
7.	เกลือ ตราปรุงทิพย์	บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
8.	ผงอโรมาต ตราคนอร์	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด
9.	พริกไทยขาวป่น ตราไร่ทิพย์	บริษัท ไทยซีเรียลส์เวิลด์ จำกัด
10.	น้ำสะอาด	

ครัวกลางร้านอาหารจัดซื้อวัตถุดิบจากห้างค้าปลีกโดยมีการรับเข้าวัตถุดิบทุก 1 สัปดาห์

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์

1.	ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) 30 °C และ 37 °C	Memmert	Switzerland
2.	ตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar air flow)	Bosstech	USA
3.	ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Heraeus	Germany
4.	อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	Memmert	Switzerland
5.	หม้อนึ่งความดันฆ่าเชื้อ (Autoclave)	Tomy	Japan
6.	เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex mixer)	Genie 2	USA
7.	เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	Memmert	Switzerland
8.	เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง (Balance)	Mettler	Switzerland
9.	เครื่องตีบดผสมอาหาร (Stomacher)	IUL	Spain
10.	เตาอบไมโครเวฟ (Microwave)	Samsung	Korea
11.	กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)	Nikon	Japan
12.	ชุดบันทึกอุณหภูมิ (Data logger)	T-TEC	Australia
13.	ตู้เย็น (Refrigerator)	Mitsubichi	Japan
14.	เตาแก๊ส		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. หม้อแสนเลส
16. ตะกร้อมือ และทัพพี
17. จานเพาะเชื้อ (petri dish)
18. ปิเปตแก้วขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
19. ตะแกรงเบอร์ 25 (Sieve No.25)
20. แท่งแก้วงอ (glass spreader)
22. หลอดทดลองมีฝาปิด (test tube)
23. หลอดดักก๊าซ (durham tube)
24. บีกเกอร์ (beaker)
25. ตะเกียงแอลกอฮอล์
26. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (rack)
27. ห่วงและเข็มเขี่ยเชื้อ (loop and needle)
28. ขวดแก้วพร้อมฝาปิดสนิทขนาด 7 ออนซ์

3.3 สารเคมี

1. Potassium dihydrogen orthophosphate	Merck	Germany
2. Crystal violet	Merck	Germany
3. Gram Iodine	Merck	Germany
4. Safranin O	Merck	Germany
5. 5% Malachite green	Merck	Germany
6. 95 % Ethanol		
7. น้ำกลั่น		

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA)	Oxoid	UK
2. Lactose Broth	Oxoid	UK
3. Lauryl Sulphate Tryptose Broth (LST)	Oxoid	UK
4. Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)	Oxoid	UK
5. EC Broth	Merck	Germany
6. Eosin Methylene Blue Agar (EMB)	Oxoid	UK
7. MR-VP medium	Oxoid	UK
8. Violet red bile Agar (VRBA)	Oxoid	UK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Simmon's citrate Agar	Oxoid	UK
10. Tryptic Soy Agar (TSA)	Difco	USA
11. Trypticase Soy Broth (TSB)	Difco	USA
12. Fortified Nutrient Agar (FNA)		
13. Compact dry X-BC	Nissui	Japan
14. Compact dry X-SA	Nissui	Japan
15. Compact dry X-SL	Nissui	Japan

3.5 จุลินทรีย์ทดสอบ

3.5.1 ชนิดของจุลินทรีย์ทดสอบ

B. cereus ที่ตรวจสอบและคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์จากไวท์ซอส โดยศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5.2 การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์

1. การเตรียมเซลล์ *B. cereus*

นำ *B. cereus* master stock จาก 3.5.1 มาเพาะเลี้ยงใน Tryptic Soy Agar (TSA) Slant บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (working stock) ทำการถ่ายเชื้อจำนวน 1 ลูป ลงใน Trypticase Soy Broth (TSB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ปริมาณเซลล์เริ่มต้นของ *B. cereus* ที่ $10^8 - 10^9$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

2. การเตรียมสปอร์ *B. cereus*

ถ่ายเชื้อ *B. cereus* working stock จาก 3.5.2 (1) จำนวน 1 ลูป ลงใน Fortified Nutrient Agar (FNA) Slant บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายเชื้อบนผิวหน้า FNA Slant ด้วยห่วงเขี่ยเชื้อแล้วนำไปต้มที่ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (water bath) แล้วทำให้เย็นลงทันที (heat shock) เพื่อทำลาย vegetative cells จะได้ปริมาณสปอร์เริ่มต้นของ *Bacillus cereus* ที่ $10^8 - 10^9$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร เก็บไว้ที่ 4 °C จนกว่าจะใช้งาน และสามารถตรวจการสร้างสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้สีย้อมสปอร์ 5% malachite green (ดัดแปลงวิธีการจาก Valero *et al.*, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การเก็บตัวอย่างและการส่งวิเคราะห์

1. การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่จะทำการเก็บตัวอย่างต้องมาจากชุดการผลิตเดียวกัน (batch) และผ่านการเตรียมเพื่อใช้ในการผลิต เช่น ตัวอย่างวัตถุดิบหัวหอมและกระเทียมต้องเป็นตัวอย่างที่ผ่านการล้างและสับแล้วเท่านั้น โดยการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่น้ำหนัก 500 กรัม ต่อตัวอย่าง ด้วยถุงพลาสติกซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ของครัวกลาง แล้วทำการขนส่งด้วยกล่องโฟมที่มีการใส่น้ำแข็งเพื่อการรักษาอุณหภูมิ

2. การส่งตัวอย่างวิเคราะห์

การส่งตัวอย่างวิเคราะห์จะทำการแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนวัตถุดิบ และส่วนผลิตภัณฑ์การส่งตัวอย่างวัตถุดิบ เช่น หัวหอม กระเทียม พริกไทยขาวป่น และแป้งสาลี จะทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสจะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 วัน ก่อนทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์

3.6 วิธีการทดลอง

3.6.1 ศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

1. ศึกษากระบวนการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสของครัวกลางร้านอาหารโดยวิธีสังเกตการณ์

2. ทำการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบหัวหอม กระเทียม พริกไทยขาวป่น แป้งสาลี และผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่บรรจุสำเร็จแล้วจากสายการผลิตของครัวกลางตาม 3.5.3 มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count; TVC), *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, Yeast and Mold, Coliform and *Escherichia coli* ด้วยวิธีมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online (U.S.FDA,2001a-e; U.S.FDA,2002) และ *Salmonella* spp. ด้วยวิธี ISO 6579: 2002

3. คัดเลือกจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีแนวโน้มในการปนเปื้อนและเหลือรอดสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ตรวจพบจาก 2. ที่ผ่านการคัดแยกและยืนยันความบริสุทธิ์ของจุลินทรีย์จากศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาเป็นจุลินทรีย์ทดสอบ (master) เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ศึกษาผลของการไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไวท์ซอส

ทำการผลิตไวท์ซอสตาม 2.1.2 แล้วใส่เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (maxim integrated, USA) พร้อมซอฟแวร์ (Temperature Technology, Australia) ที่กำหนดให้บันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที ในขวดแก้ว ขนาด 7 ออนซ์ แล้วบรรจุไวท์ซอส ปริมาตร 150 กรัม แล้วทำการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 600, 700 และ 800 วัตต์ ระดับพลังงานละ 6 ขวด เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้ Home microwave ยี่ห้อ SAMSUNG รุ่น ME117K ขนาดความจุ 20 ลิตร กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ความถี่คลื่นไมโครเวฟ 2,450 MHz ในการศึกษา ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพื่อหาความสัมพันธ์ของระดับพลังงาน และเวลาที่มีต่ออุณหภูมิของการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและระยะเวลาต่างๆ

3.6.3 ศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาในการลดปริมาณ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

1. จำลองการปนเปื้อนของเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับต่ำ (3 log CFU/ml) และระดับ Worst Case (6 log CFU/ml) ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ผลิตขึ้นตาม 2.1.2

2. บรรจุไวท์ซอสที่จำลองการปนเปื้อนปริมาตร 150 กรัม ในขวดแก้ว ขนาด 7 ออนซ์ แล้วพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 600, 700 และ 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที โดยใช้ไวท์ซอสจำนวน 6 ขวด ต่อการพาสเจอไรซ์ที่ระดับพลังงานและระยะเวลาต่างๆ

3. เปรียบเทียบการลดลงของปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับต่างๆ โดยทำการเตรียมตัวอย่างตาม Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online (U.S.FDA,2001a-e; U.S.FDA,2002; U.S.FDA,2014) แล้ววิเคราะห์ปริมาณ TVC ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, *S. aureus* ด้วย Compact dry X-SA (ภาคผนวก ข), *B. cereus* ด้วย Compact dry X-BC (ภาคผนวก ข), *Salmonella* spp. ด้วย Compact dry X-SL (ภาคผนวก ข) และ Coliform and *E. coli* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อตามวิธี Most Probable Number (MPN Method) ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสก่อนและหลังการเติมจุลินทรีย์ทดสอบทุกครั้ง

4. เลือกระดับพลังงานและระยะเวลาที่สามารถลดเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้โดยไม่ทำให้สูญเสียคุณลักษณะของไวท์ซอสมาทดสอบเพื่อศึกษาเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 ศึกษาผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

1. ศึกษาผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

1.1 จำลองการปนเปื้อนของเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับต่ำ (3 log CFU/ml) และระดับ Worst Case (6 log CFU/ml) ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ผลิตขึ้นตาม 2.1.2

1.2 บรรจุไวท์ซอสปริมาตร 150 กรัม ในขวดแก้ว ขนาด 7 ออนซ์ แล้วทำให้เย็นลงทันที สำหรับการบรรจุร้อน (Hot Fill; HF)

1.3 บรรจุไวท์ซอสที่คลายร้อน และเซ็ทตัวแล้วในขวดแก้ว ขนาด 7 ออนซ์ แล้วนำไปเก็บที่ 4 °C สำหรับการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) ทำการพาสเจอไรซ์ไวท์ซอสหลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟ (MW) ที่ระดับพลังงานและระยะเวลาที่เหมาะสมจาก 3.6.3 นำออกจากไมโครเวฟแล้วทิ้งไว้ 2 นาที ก่อนการลดอุณหภูมิตาม US.FDA (2013) และทำการพาสเจอไรซ์ไวท์ซอสหลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (water bath; WB) ที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกัน

1.4 เปรียบเทียบผลของการพาสเจอไรซ์ไวท์ซอสที่ทำการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) และการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟ (MW) ต่อคุณภาพทางกายภาพ (สี, ลักษณะปรากฏ) ทางเคมี (pH) ทางจุลินทรีย์ (TVC, *B. cereus*)

1.5 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (สี, ลักษณะปรากฏ) ด้วยวิธีการสังเกต และกรองผ่านตะแกรงเบอร์ 25 แล้ววิเคราะห์ % การสูญเสียของไวท์ซอสจากความร้อนของการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) และการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟ (MW)

1.6 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

1.7 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (TVC, *B. cereus*) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA และ Compact dry X-BC (ภาคผนวก ข)

2. ศึกษาผลของการพาสเจอไรซ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

เปรียบเทียบผลของการพาสเจอไรซ์ไวท์ซอสขนาด 150 กรัม จาก 3.6.4 (1) ที่จำลองการปนเปื้อนของเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/ml และระดับ 6 log CFU/ml ต่ออายุการเก็บรักษาของไวท์ซอสที่ทำการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) และการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟ (MW) โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ (สี, ลักษณะปรากฏ) ด้วยวิธีการสังเกต ทางเคมี (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทางจุลินทรีย์ (TVC, *B. cereus*) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือจำหน่ายเพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Compact dry X-BC (ภาคผนวก ข) ที่ 0, 7 และ 14 วัน ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ในขวดแก้วปิดสนิทขนาด 7 ออนซ์

3.6.5 ทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส และสปาเก็ตตี้ไวท์ซอสแฮมเห็ดจากผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ทำการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) และการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุด้วยไมโครเวฟ (MW) จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ที่ผ่านการอบรมด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) โดยตอบแบบสอบถามการให้คะแนนด้าน สี (Color) ลักษณะปรากฏ (Appearance) กลิ่น (Odor) กลิ่นรส (Flavor) รสชาติ (taste) เนื้อสัมผัส (texture) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) โดยใช้วิธี Scoring test ที่ 5 คะแนน (ภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

จากการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบหัวหอม กระเทียม พริกไทยขาวป่น แป้งสาลี จำนวนอย่างละ 9 ตัวอย่าง และผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส จำนวน 14 ตัวอย่าง จากสายการผลิตของครัวกลางมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC), Coliform and *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *Cl. perfringens* และ Yeast and Mold ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของหัวหอม กระเทียม พริกไทยขาวป่น แป้งสาลี และผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสอยู่ที่ 3.03±0.84, 2.30±0.05, 1.48±0.35, 1.03±0.04 และ 3.57±0.16 log CFU/g ตามลำดับ มีปริมาณ Coliform and *E. coli* <3 MPN/g และไม่พบการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. และ *Cl. perfringens* แต่ตรวจพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค 2 ชนิด คือ *B. cereus* และ *S. aureus* โดยปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดเป็น *B. cereus* ในวัตถุดิบหัวหอม จำนวน 5 ตัวอย่างที่ 3.49±0.16 log CFU/g รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส จำนวน 14 ตัวอย่างที่ 3.13±0.49 log CFU/g และแป้งสาลี จำนวน 2 ตัวอย่างที่ 1 log CFU/g ส่วนการปนเปื้อนของ *S. aureus* พบในวัตถุดิบหัวหอม จำนวน 3 ตัวอย่างที่ 1.46±0.15 log CFU/g นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของราในวัตถุดิบพริกไทยขาวป่น จำนวน 4 ตัวอย่างที่ 1.00±0.72 log CFU/g ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์เป้าหมายที่เลือกคือ *B. cereus* เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบการปนเปื้อนในวัตถุดิบในปริมาณสูงทำให้มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนและเหลือรอดจากกระบวนการผลิตสู่ผลิตภัณฑ์และอาจเป็นสาเหตุให้ตรวจพบการปนเปื้อนของ *B. cereus* ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสดังผลการทดลอง และเมื่อพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามบัญชีหมายเลข 3) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณ *B. cereus* ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค เนื่องจาก *B. cereus* ที่เหลือรอดมีโอกาสที่สปอร์จะงอกและเพิ่มจำนวนจนทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

ตัวอย่าง	จำนวนจุลินทรีย์ (log CFU/g)						
	TVC	*B. cereus*	*S. aureus*	Coliform & *E. coli* (MPN/ml)	*Salmonella* spp.	*Cl. perfringens*	Yeast &Mold
หอมหัวใหญ่	3.03±0.84	3.49±0.16	1.46±0.15	<3	ND	N/A	None
กระเทียม	2.30±0.05	None	None	<3	ND	N/A	None
พริกไทยขาวป่น	1.48±0.35	None	None	<3	ND	N/A	1.00±0.72
แป้งสาลี	1.03±0.04	1.00±0.00	None	<3	ND	N/A	None
ไวท์ซอส	3.57±0.16	3.13±0.49	None	<3	ND	None	None

ND หมายถึง ตรวจไม่พบใน 25 กรัม

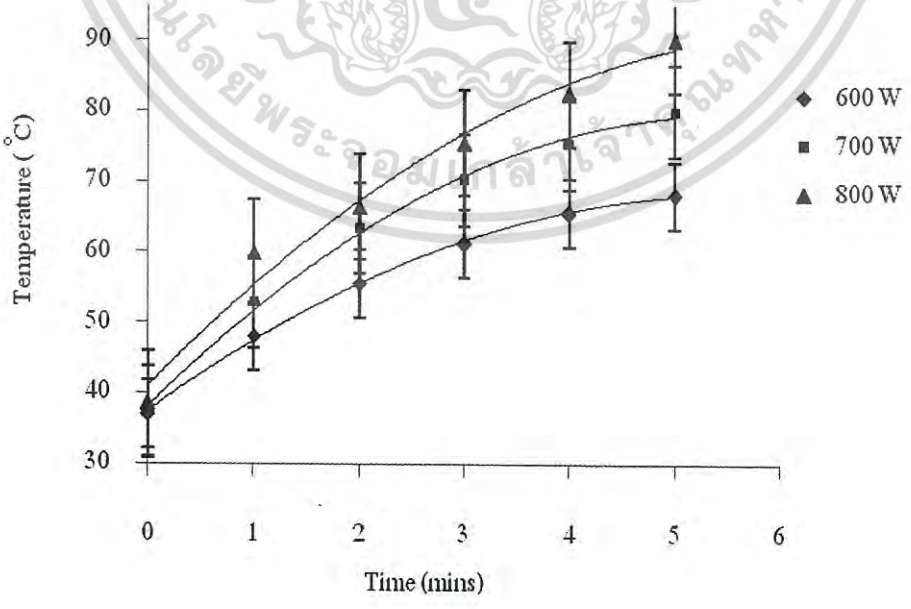
N/A หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

4.2 ผลการศึกษา Temperature profile ของเตาอบไมโครเวฟ

จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลาที่ระดับพลังงานต่างๆ ภายในเตาอบไมโครเวฟ โดยการใส่เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสระหว่างทำการไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที ที่ระดับพลังงาน 600, 700 และ 800 วัตต์ พบว่าอิทธิพลของระดับพลังงานและระยะเวลา ในการไมโครเวฟมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของไวท์ซอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าที่ระดับพลังงานสูงกว่าจะใช้ระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิสั้นกว่าเมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน และที่ระดับพลังงานเดียวกันแต่ใช้ระยะเวลาในการไมโครเวฟนานขึ้นจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับการวิจัยของ Zhang และ Hayward (2006) และ Liu และ Yu (2006) สามารถสร้างเป็นกราฟและตารางแสดงผลการไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของไวท์ซอสดังแสดงในภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ตามลำดับ

จากปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์พบว่าช่วงอุณหภูมิที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ (Danger zone) อยู่ในช่วง 5 – 60 °C และจุลินทรีย์เริ่มลดจำนวนลงหลังจากให้ความร้อนที่ 60 □ C ขึ้นไป โดยพบว่าที่ 80 °C ขึ้นไปสามารถทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ (นภาพร, 2558) และจากข้อมูล Temperature profile พบว่าที่ระดับพลังงาน 600 วัตต์ เข้าถึงอุณหภูมิ 60 °C ได้ที่ระยะเวลา 3 นาที ดังนั้นจึงเลือกทำการศึกษาที่ 1, 3 และ 5 นาที ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 4.1 Temperature profile ของเตาอบไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไวท์ซอส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	600 วัตต์	700 วัตต์	800 วัตต์
0	$^{A}37.08\pm0.03^{a}$	$^{A}37.27\pm0.30^{a}$	$^{B}38.55\pm0.40^{a}$
1	$^{A}48.13\pm0.45^{b}$	$^{B}52.99\pm0.29^{b}$	$^{C}59.96\pm0.57^{b}$
2	$^{A}55.61\pm0.50^{c}$	$^{B}63.46\pm0.26^{c}$	$^{B}66.51\pm0.31^{c}$
3	$^{A}61.28\pm0.29^{d}$	$^{B}70.31\pm0.29^{d}$	$^{C}75.58\pm0.04^{d}$
4	$^{A}65.60\pm0.50^{e}$	$^{B}75.47\pm0.29^{e}$	$^{C}82.50\pm0.10^{e}$
5	$^{A}68.12\pm0.03^{f}$	$^{B}80.11\pm0.05^{f}$	$^{C}90.22\pm0.20^{f}$

ตัวอักษร a-f ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)
ตัวอักษร A-C ที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

4.3 การศึกษาระดับพลังงาน และระยะเวลาในการลดปริมาณของ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสโดยการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบในการผลิตไวท์ซอสพบว่าวัตถุดิบหัวหอม, กระเทียม, พริกไทยขาวป่น และแป้งสาลี มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 1.93 ± 0.84, 1.04 ± 0.02, 1.95 ± 0.35 และ 1.03 ± 0.02 log CFU/g ตามลำดับ โดยพบการปนเปื้อนของ *S. aureus* ในวัตถุดิบหัวหอมและพริกไทยขาวป่นที่ 1.48 ± 0.82 และ 1.13 ± 0.05 log CFU/g ตามลำดับ และพบการปนเปื้อนของ Coliform ในวัตถุดิบหัวหอมและกระเทียมที่ 75 และ 15 MPN/g ตามลำดับ โดยไม่พบการปนเปื้อนของ *B. cereus, E. coli* และ *Salmonella* spp. สำหรับผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสก่อนการเติมจุลินทรีย์ทดสอบพบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1 log CFU/g และไม่พบจุลินทรีย์อื่นๆ เนื่องจากมีการผ่านความร้อนในกระบวนการผลิตทำให้จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในวัตถุดิบถูกกำจัดไป

เมื่อศึกษาการลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g และในระดับ 6 log CFU/g ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสแล้วพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 600, 700 และ 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที ผลการศึกษาพบว่าการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟสามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนลงได้จนถึงสามารถทำลายเซลล์และสปอร์ได้หมด(0 log CFU/g) โดยสามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเซลล์และสปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นทั้งในระดับ 3 log CFU/g และในระดับ 6 log CFU/g ดังแสดงในตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเซลล์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g

เวลา (นาที)	จำนวนเซลล์ (log CFU/g)		
	600 วัตต์	700 วัตต์	800 วัตต์
0 [ns]	3.32 ± 0.02^{c}	3.32 ± 0.02^{c}	3.32 ± 0.02^{b}
1	$^{C}3.14\pm0.06^{b}$	$^{B}2.95\pm0.03^{b}$	$^{A}2.17\pm0.07^{a}$
3	$^{B}2.77\pm0.05^{a}$	$^{A}1.00\pm0.00^{a}$	None
5	None	None	None

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

ตัวอักษร a-c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร A-C ที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.4 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเซลล์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 6 log CFU/g

เวลา (นาที)	จำนวนเซลล์ (log CFU/g)		
	600 วัตต์	700 วัตต์	800 วัตต์
0 [ns]	6.11 ± 0.02^{d}	6.11 ± 0.02^{c}	6.11 ± 0.02^{c}
1 [ns]	5.60 ± 0.04^{c}	5.51 ± 0.08^{b}	5.49 ± 0.07^{b}
3	$^{C}3.87\pm0.05^{b}$	$^{B}2.50\pm0.12^{a}$	$^{A}2.13\pm0.02^{a}$
5	2.59 ± 0.13^{a}	None	None

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

ตัวอักษร a-d ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร A-C ที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g

เวลา (นาที)	จำนวนสปอร์ (log CFU/g)		
	600 วัตต์	700 วัตต์	800 วัตต์[ns]
0[ns]	3.28 ± 0.07^{d}	3.28 ± 0.07^{c}	3.28 ± 0.07
1	$^{A}3.02\pm0.01^{c}$	$^{A}3.04\pm0.02^{b}$	$^{B}3.39\pm0.08$
3	$^{B}2.10\pm0.17^{b}$	$^{A}1.00\pm0.00^{a}$	None
5	1.00 ± 0.00^{a}	None	None

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

ตัวอักษร a-c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร A-C ที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.6 ผลการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการลดปริมาณสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับ 6 log CFU/g

เวลา (นาที)	จำนวนสปอร์ (log CFU/g)		
	600 วัตต์	700 วัตต์	800 วัตต์
0[ns]	6.60 ± 0.43^{b}	6.60 ± 0.43^{b}	6.60 ± 0.43^{b}
1[ns]	6.63 ± 0.05^{b}	6.63 ± 0.37^{b}	6.44 ± 0.20^{b}
3[ns]	3.80 ± 0.16^{a}	3.49 ± 0.18^{a}	3.61 ± 0.12^{a}
5	3.60 ± 0.05^{a}	None	None

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

ตัวอักษร a-b ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g ได้ 0.18, 0.55 และ 3.32 log CFU/g โดยสามารถลดปริมาณสปอร์ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับเดียวกันได้ 0.26, 1.18 และ 2.28 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับการลดปริมาณการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g สามารถลดเซลล์ที่จำลองการปนเปื้อนได้ 0.51, 2.24 และ 3.52 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนการลดปริมาณสปอร์ที่ระดับการปนเปื้อนเดียวกันพบว่าสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนลงได้ 2.80 และ 3.00 log CFU/g ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที ตามลำดับ

ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 1 และ 3 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ *B. cereus* ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g ได้ 0.37 และ 2.32 log CFU/g และสามารถลดปริมาณสปอร์ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับเดียวกันได้ 0.24 และ 2.28 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับการลดปริมาณการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g สามารถลดปริมาณเซลล์ที่จำลองการปนเปื้อนลงได้ 0.59 และ 3.61 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนการลดปริมาณสปอร์ที่ระดับการปนเปื้อนเดียวกันพบว่าสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนได้ 3.11 log CFU/g ที่ระยะเวลา 3 นาที โดยสามารถกำจัดเซลล์และสปอร์ได้หมด (0 log CFU/g) ทั้ง 2 ระดับการปนเปื้อนด้วยระยะเวลา 5 นาที

สำหรับระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 1 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g ได้ 1.15 log CFU/g และลดปริมาณเซลล์และสปอร์ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 0.62 log CFU/g และ 0.16 log CFU/g ที่ระยะเวลาเดียวกัน และที่ระยะเวลา 3 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ที่จำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g ได้หมด (0 log CFU/g) และลดที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 3.97 และ 2.99 log CFU/g ตามลำดับ โดยสามารถกำจัดเซลล์และสปอร์ได้หมด (0 log CFU/g) ทั้ง 2 ระดับการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 5 นาที สอดคล้องกับ Park และคณะ (2006) อ้างใน Jankovic และคณะ (2014) ซึ่งรายงานว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz สามรถกำจัดสปอร์ของ *B. ceruse* ได้หมดที่ระยะเวลา 4 นาทีขึ้นไป

จากการทดลองสรุปได้ว่าที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g สามารถจัดการให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามบัญชีหมายเลข 3) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ. 2543 ได้ด้วยระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 68.12±0.03 °C ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที ด้วยอุณหภูมิเฉลี่ย 70.31±0.29 และ 80.11±0.05 °C ตามลำดับ และระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที ด้วยอุณหภูมิเฉลี่ย 75.58±0.04 และ 90.22±0.20 °C ตามลำดับ และพบว่าไวท์ซอสมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 °C เมื่อทิ้งไว้ 2 นาที หลังการให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนด้วยไมโครเวฟตามระยะเวลาที่กำหนดจึงทำให้สามารถลดจุลินทรีย์ที่จำลองการปนเปื้อนลงได้ สอดคล้องกับ วิไล (2546) และนภาพร (2558) ว่าจำนวนจุลินทรีย์เริ่มลดลงหลังจากให้ความร้อนที่ 60 °C ขึ้นไป และที่ 80 °C ขึ้นไปสามารถทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ได้

เมื่อพิจารณาผลของความร้อนจากการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟพบว่าระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที ทำให้คุณลักษณะทางกายภาพของไวท์ซอสเสียหายโดยทำให้ผิวหน้าของไวท์ซอสแห้งเป็นวงกว้างและมีสีเข้มกว่าระดับพลังงานอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าพบว่าระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที มีอัตราค่าไฟฟ้าสูงกว่าระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที ดังนั้นจึงเลือกระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที ในการทดลองต่อไป โดยเลือกอุณหภูมิ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาเดียวกันกับระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที สำหรับการทดลองพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิ และเลือกระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที เป็นตัวแทนระดับพลังงานและระยะเวลาสูงสุดในการจัดการเซลล์และสปอร์ทั้ง 2 ระดับการปนเปื้อนลงได้หมด (0 log CFU/g) โดยมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

4.4 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

4.4.1 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

จากการทดลองผลิตไวท์ซอสและจำลองการปนเปื้อนเซลล์และสปอร์ *B. cereus* ที่ระดับ 3 log CFU/g และระดับ 6 log CFU/g แล้วพาสเจอไรซ์ด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อศึกษาผลของกระบวนการพาสเจอไรซ์ที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของไวท์ซอสโดยเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพ และ จุลินทรีย์ ของไวท์ซอสที่มีการผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ (NP) การบรรจุร้อน (Hot Fill; HF) การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) ที่อุณหภูมิ 71± 2 °C เป็นเวลา 3 นาที และการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 และ 5 นาที (MW1, MW2) ผลการทดลองพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสไม่แตกต่างกันเมื่อสังเกตด้วยสายตา ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และเมื่อนำไวท์ซอสที่ผลิตได้จากวิธีการต่างๆมากรองผ่านตะแกรงเบอร์ 25 พบว่าผลจากวิธีการที่ต่างกันทำให้เกิดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการผลิตแบบเดิม (NP) มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้อยที่สุดคิดเป็น 0.53±0.02% รองลงมาเป็นการบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที (MW1) การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) และการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที (MW2) คิดเป็น 0.73±0.01, 1.10±0.07, 1.71±0.18 และ2.05±0.16% ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการพาสเจอไรซ์ต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์พบว่าวิธีการพาสเจอไรซ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่จำลองการปนเปื้อนลงได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการผลิตแบบเดิม (NP) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เซลล์ของ *B. cereus* และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้ 1.27, 0.43 และ 0.19 log CFU/g ตามลำดับ และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 2.51, 1.98 และ 1.93 log CFU/g ตามลำดับ การบรรจุร้อน (HF) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เซลล์ของ *B. cereus* และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้ 1.16, 0.44 และ 0.21 log CFU/g ตามลำดับ และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 2.12, 1.28 และ 1.77 log CFU/g ตามลำดับ วิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ (WB) 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เซลล์ของ *B. cereus* และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้ 0.97, 0.53 และ 0.15 log CFU/g ตามลำดับ และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 2.22, 1.70 และ 1.60 log CFU/g ตามลำดับ วิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เซลล์ของ *B. cereus* และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้ 2.12, 2.04 และ 1.98 log CFU/g ตามลำดับ และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 3.31, 3.21 และ 2.76 log CFU/g ตามลำดับ และวิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที (MW2) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เซลล์ของ *B. cereus* และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้หมด (0 log CFU/g) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เมื่อพิจารณาผลของการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟกับวิธีการผลิตแบบเดิม การบรรจุร้อน และการพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที พบว่าการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลาทั้ง 3 และ 5 นาที มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการปนเปื้อนของ *B. cereus* ได้สูงกว่าทุกวิธีการผลิตที่กล่าวมาข้างต้น แต่ก็ทำให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะทางกายภาพสูงกว่าเช่นกันเมื่อเทียบกับวิธีการผลิตแบบเดิม จึงนำไปสู่การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของความร้อนต่อคุณลักษณะของไวท์ซอสที่พาสเจอร์ไรซ์ด้วยวิธีการต่างๆ

Treatment	% การสูญเสีย
NP	0.53 ± 0.02^{a}
HF	0.73 ± 0.01^{a}
WB	1.71 ± 0.18^{c}
MW1	1.10 ± 0.07^{b}
MW2	2.05 ± 0.16^{d}

ตัวอักษร a-d ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

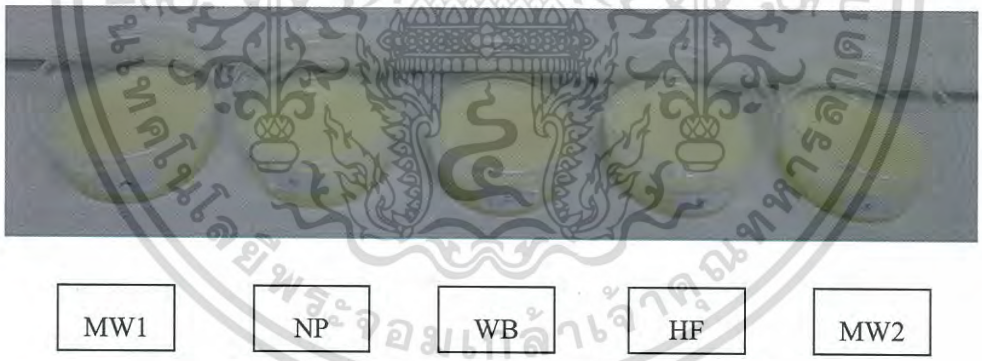
NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71± 2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที



ภาพที่ 4.2 สีของไวท์ซอสที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ด้วยวิธีการต่างๆ

NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71± 2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของกระบวนการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์

ตัวอย่าง	pH	ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ (log CFU/g)					
		TVC		*B. ceruse* cells		*B. ceruse* spore	
		3 log CFU/g	6 log CFU/g	3 log CFU/g	6 log CFU/g	3 log CFU/g	6 log CFU/g
Control	6.60	3.53 ± 0.11^{c}	6.69 ± 0.05^{d}	3.13 ± 0.08^{c}	6.10 ± 0.06^{d}	3.42 ± 0.08^{c}	6.22 ± 0.09^{d}
NP	6.64	2.26 ± 0.95^{b}	4.18 ± 0.11^{b}	2.70 ± 0.28^{b}	4.12 ± 0.27^{b}	2.00 ± 0.01^{b}	3.10 ± 0.21^{b}
HF	6.61	2.37 ± 0.25^{b}	4.57 ± 0.56^{c}	2.70 ± 0.45^{b}	4.81 ± 0.64^{c}	2.22 ± 0.21^{b}	3.77 ± 0.49^{bc}
WB	6.63	2.55 ± 0.11^{b}	4.47 ± 0.92^{c}	2.60 ± 0.59^{b}	4.40 ± 0.62^{c}	2.28 ± 0.28^{b}	3.62 ± 1.13^{c}
MW1	6.61	1.41 ± 0.64^{a}	3.38 ± 0.59^{a}	1.09 ± 0.11^{a}	2.89 ± 0.71^{a}	1.45 ± 0.57^{a}	3.46 ± 0.14^{a}
MW2	6.62	None	None	None	None	None	None

ตัวอักษร a-d ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

Control หมายถึง ไวท์ซอสที่จำลองการปนเปื้อนแล้ว (ใช้เป็นปริมาณเริ่มต้น)

NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71±2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

4.4.2 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

จากการทดลองโดยนำเซลล์ และสปอร์ *B. cereus* มาจำลองการปนเปื้อนที่ระดับ 3 log CFU/g และระดับ 6 log CFU/g ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ทำการผลิตขึ้นก่อนนำไปผ่านกระบวนการผลิตด้วยวิธีการผลิตแบบเดิม (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) ที่อุณหภูมิ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที และการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ (MW1, MW2) แล้วเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ 0, 7 และ 14 วัน ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ในขวดแก้วปิดสนิท ผลการทดลองพบว่าการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที (MW2) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเนื่องจากสามารถจัดการการปนเปื้อนลงได้หมด (0 log CFU/g) ส่วนวิธีการอื่นๆมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน โดยพบว่าที่ระยะเวลา 14 วัน ไวท์ซอสที่ผลิตแบบเดิม (NP) การบรรจุร้อน (HF) การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) ที่อุณหภูมิ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที และการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที (MW1) เกิดการเสื่อมเสียคุณลักษณะสำหรับการบริโภคจึงไม่ทำการวิเคราะห์ต่อไป

จากการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์ใน 3.6.1 (1) พบว่าไวท์ซอสที่ผลิตจากครัวกลางมีอายุการเก็บรักษานาน 2 วัน เมื่อทำทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าการผลิตแบบเดิมมีอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน ซึ่งมากกว่าการผลิตในครัวกลาง ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมกระบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกและเตรียมวัตถุดิบให้มีความเหมาะสม มีการดูแลความสะอาดของสถานที่ผลิต และอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสอ รวมทั้งควบคุมการปฏิบัติงานและบุคลากรให้มีสุขลักษณะและสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์ จากการทดลองในห้องปฏิบัติการสรุปได้ว่าการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที ทำให้ไวท์ซอสมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไวท์ซอสแบบเดิมทั้งที่ทำการผลิตจากครัวกลาง และทำการผลิตในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา

Treatment	วัน	TVC		*B. cereus* cells		*B. cereus* spore	
		3 log CFU/g	6 log CFU/g	3 log CFU/g	6 log CFU/g	3 log CFU/g	6 log CFU/g
NP	0	2.26±0.95	4.18±0.11	2.70±0.28	4.12±0.27	2.00±0.01	3.10±0.21
	7	1.29±0.14	3.59±0.49	1.26±0.14	3.30±0.55	2.62±0.57	3.00±0.00
	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
HF	0	2.37±0.25	4.57±0.56	2.70±0.45	4.81±0.64	2.22±0.21	3.77±0.49
	7	1.43±0.03	3.48±0.53	1.04±0.08	3.51±0.21	2.65±0.64	3.30±0.33
	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
WB	0	2.55±0.11	4.47±0.92	2.60±0.59	4.40±0.62	2.28±0.28	3.62±0.13
	7	1.36±0.14	3.75±0.87	1.17±0.19	3.31±0.12	2.70±0.78	3.30±0.57
	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MW1	0	1.41±0.64	3.38±0.59	1.09±0.11	2.89±0.71	1.45±0.57	3.46±0.14
	7	1.08±0.09	3.08±0.08	None	2.02±0.04	1.03±0.08	3.04±0.04
	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MW2	0	None	None	None	None	None	None
	7	None	None	None	None	None	None
	14	None	None	None	None	None	None

None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

N/A หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

NP หมายถึง การผลิตแบบดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71± 2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสระหว่างการเก็บรักษา

Treatment	วัน	pH	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ
NP	0	6.64	มีสีขาวนวล	มีกลิ่นของหัวหอม และอโรมาตแรง	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน
	7	6.61	มีสีขาวขึ้น	กลิ่นหัวหอมแรงขึ้นแต่กลิ่นอโรมาต ลดลง มีกลิ่นของเนย และแป้งสาลี	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน
	14	6.60	มีสีขาวสว่าง	กลิ่นหัวหอมลดลงเล็กน้อย และมีกลิ่นอับ	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านบนเหลวเป็นน้ำ ด้านล่างเป็นเมือกข้น
HF	0	6.62	มีสีขาวนวล	มีกลิ่นของหัวหอมและกลิ่นอโรมาตแรง	ข้นมากแต่เป็นเนื้อเดียวกัน
	7	6.69	มีสีขาวขึ้น	กลิ่นของหัวหอมแรงกว่ากลิ่นอโรมาต มีกลิ่นแป้งสาลี	ข้นมากขึ้นแต่เป็นเนื้อเดียวกัน
	14	6.63	มีสีขาวสว่าง	กลิ่นหัวหอมลดลงเล็กน้อย และมีกลิ่นอับ	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านบนเหลวเป็นน้ำ ด้านล่างเป็นเมือกข้น
WB	0	6.60	มีสีขาวนวล	มีกลิ่นของหัวหอม เนย และกลิ่นอโรมาตแรง	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน บริเวณก้นขวดมีสีเข้มกว่าบริเวณด้านบน
	7	6.67	มีสีขาวขึ้น	กลิ่นหัวหอมและแป้งสาลีแรงกว่ากลิ่นอโรมาต และมีกลิ่นอับเล็กน้อย	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกันแต่ออกเหลวกว่าวิธีอื่นๆ และมีเนยที่ผิวหน้าและรอบๆขวด
	14	6.60	มีสีขาวสว่าง	กลิ่นหัวหอมลดลง และมีกลิ่นอับแรง และหืน	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านบนเหลวเป็นน้ำ ด้านล่างเป็นเมือกข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

Treatment	วัน	pH	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ
MW1	0	6.62	มีสีขาวนวล	มีกลิ่นของหัวหอมและกลิ่นอโรมาตแรง	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน ผิวหน้าแห้งเล็กน้อย
	7	6.60	มีสีขาวขึ้น	กลิ่นหัวหอมแรงขึ้น กลิ่นอโรมาตลดลง เล็กน้อย มีกลิ่นของเนยและแป้งสาลี	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน ผิวหน้าแห้งเล็กน้อย
	14	6.65	มีสีขาวสว่าง	กลิ่นหัวหอมและอโรมาต ลดลง	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านบนเหลวเป็นน้ำ ด้านล่างเป็นเมือกข้น
MW2	0	6.62	มีสีขาวนวล	มีกลิ่นของหัวหอม และกลิ่นอโรมาตแรง	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน ผิวหน้ามีลักษณะแห้ง
	7	6.58	มีสีขาวขึ้น	กลิ่นหัวหอมแรง กลิ่นอโรมาตลดลง มีกลิ่นของเนยและแป้งสาลี	เนียนข้นเป็นเนื้อเดียวกัน ผิวหน้ามีลักษณะแห้ง
	14	6.66	มีสีขาวสว่าง	กลิ่นหัวหอมและอโรมาต ลดลง	ค่อนข้างเหลว มีการคืนตัวของซอส เกิดชั้นน้ำบนผิวหน้าซอสสูงประมาณ 2 มิลลิเมตร

NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71$\pm$2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสทั้ง 5 วิธีการผลิตมีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนอยู่ในระดับดี มีคะแนนเฉลี่ย 4.37±0.56 คะแนน คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไวท์ซอสที่พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที (MW2) มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.93±0.74 คะแนน คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไวท์ซอสที่พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที (MW1) ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับดีที่คะแนนเฉลี่ย 4.30±0.70 คะแนน ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของวิธีการอื่นมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวมพบว่าไวท์ซอสที่พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที (MW1) ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับดีที่คะแนนเฉลี่ย 4.30±0.65 คะแนน รองลงมาเป็นการบรรจุร้อน (HF), การผลิตแบบเดิม (NP), การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB)และการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที (MW2) มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับปานกลางที่คะแนนเฉลี่ย 3.87±0.68 , 3.83 ±0.75 ,3.60±0.89 และ 3.40±0.77 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อนำไวท์ซอสที่ผลิตขึ้นไปผัดกับเส้นสปาร์เก็ตตี้, แฮม และเห็ด พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันด้วยคะแนน 4.50±0.53 คะแนน และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางและดี โดยไวท์ซอสที่พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที (MW1) ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดอยู่ในระดับดีที่คะแนนเฉลี่ย 4.10±0.74 คะแนน รองลงมาเป็นการผลิตแบบเดิม (NP) และการบรรจุร้อน (HF) ที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมที่คะแนนเฉลี่ย 4.00±0.67 คะแนนเท่ากัน ส่วนการพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (WB) มีลักษณะเหลวกว่าไวท์ซอสที่พาสเจอไรซ์ด้วยวิธีการอื่นทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมน้อยที่สุดที่คะแนนเฉลี่ย 3.40±0.70 คะแนน และไวท์ซอสที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที (MW2) มีลักษณะข้นมากเมื่อผัดกับเส้นสปาร์เก็ตตี้แล้วทำให้มีลักษณะค่อนข้างแห้งจึงได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมเฉลี่ย 3.70±0.95 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไวท์ซอส

Treatment	คะแนนการยอมรับ						
	สี ns	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	กลิ่นรส	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
NP	4.37±0.56	4.33±0.55^{c}	3.37±0.85^{a}	3.60±0.81^{a}	3.80±0.81	3.93±0.78^{bc}	3.83±0.75^{b}
HF	4.37±0.56	4.17±0.79^{bc}	3.73±0.64^{b}	3.83±0.79^{a}	3.83±0.70	3.97±0.67^{bc}	3.87±0.68^{b}
WB	4.37±0.56	3.77±0.94^{b}	3.73±0.64^{b}	3.80±0.81^{a}	3.80±0.81	3.73±0.94^{b}	3.60±0.89^{ab}
MW1	4.37±0.56	3.93±0.94^{bc}	4.40±0.50^{c}	4.40±0.50^{b}	3.87±0.64	4.30±0.70^{c}	4.30±0.65^{c}
MW2	4.37±0.56	2.93±0.74^{a}	4.17±0.65^{c}	3.90±1.03^{a}	3.87±0.86	3.20±1.03^{a}	3.40±0.77^{a}

ตัวอักษร a-c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71± 2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

ตารางที่ 4.12 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเก็ตตี้ไวท์ซอสแฮมเห็ด

Treatment	คะแนนการยอมรับ						
	สี ns	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	กลิ่นรส ns	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส ns	การยอมรับโดยรวม ns
NP	4.50±0.53	4.60±0.52^{c}	3.50±0.71^{a}	4.00±0.67	4.10±0.74	4.00±0.67	4.00±0.67
HF	4.50±0.53	4.60±0.52^{c}	3.70±0.48^{a}	4.10±0.57	4.00±0.67	4.10±0.74	4.00±0.67
WB	4.50±0.53	3.10±0.57^{a}	3.70±0.57^{a}	4.30±0.48	4.40±0.52	3.60±1.07	3.40±0.70
MW1	4.50±0.53	4.60±1.07^{c}	4.50±0.53^{b}	4.50±0.53	4.40±0.70	4.10±0.88	4.10±0.74
MW2	4.50±0.53	3.70±0.67^{b}	3.90±0.82^{a}	4.00±0.88	4.30±0.92	3.60±1.07	3.70±0.95

ตัวอักษร a-c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

NP หมายถึง การผลิตแบบเดิมซึ่งไม่มีการพาสเจอไรซ์หลังการบรรจุ

HF หมายถึง การบรรจุร้อน

WB หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 71± 2 °C, 3 นาที

MW1 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 3 นาที

MW2 หมายถึง การพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ 700 วัตต์, 5 นาที

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาจุลินทรีย์ก่อโรคในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสพบว่า *B. cereus* เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีแนวโน้มในการปนเปื้อนสูงสุด โดยพบว่ามีการปนเปื้อนของ *B. cereus* ในวัตถุดิบหัวหอมสูงถึง 3.5 log CFU/g และอาจเป็นสาเหตุให้มี *B. cereus* ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ 3.1 log CFU/g ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามบัญชีหมายเลข 3) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ. 2543 ทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้

ผลการศึกษาการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพบว่าระดับพลังงานและระยะเวลาในการไมโครเวฟมีผลทำให้อุณหภูมิของการพาสเจอไรซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสามารถลดปริมาณเซลล์ และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสได้ โดยที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g สามารถจัดการให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ด้วยระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที และระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 และ 5 นาที เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ของการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟกับวิธีการอื่นพบว่าการผลิตแบบเดิมสามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้น้อยกว่า 1 log CFU/g และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 2 log CFU/g วิธีการบรรจุร้อน สามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้น้อยกว่า 1 log CFU/g และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 1.3 และ 1.8 log CFU/g ตามลำดับ วิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้น้อยกว่า 1 log CFU/g และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 1.7 และ 1.6 log CFU/g ตามลำดับ วิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 3 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g ได้ 2 log CFU/g ตามลำดับ และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้ 3.2 และ 2.8 log CFU/g ตามลำดับ และวิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟด้วยระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ และสปอร์ของ *B. cereus* ที่ระดับการปนเปื้อน 3 log CFU/g และลดการปนเปื้อนที่ระดับ 6 log CFU/g ได้หมด (0 log CFU/g) โดยเมื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟกับวิธีการอื่นๆพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสไม่มีความแตกต่างกันเมื่อสังเกตด้วยสายตา เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นการสูญเสียของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าการผลิตแบบเดิมมีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้อยที่สุด รองลงมาเป็นการบรรจุร้อนโดยพบว่าทั้ง 2 วิธี มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้อยกว่า 1% ส่วนการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที มีเปอร์เซ็นการสูญเสียคิดเป็น 1% การพาสเจอไรซ์ด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 71±2 °C เป็นเวลา 3 นาที มีเปอร์เซ็นการสูญเสียคิดเป็น 1.7% และการ พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นการสูญเสียคิดเป็น 2% เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดในระดับดีด้วย 4.3 คะแนน เมื่อนำไปผัดกับเส้นสปาเก็ตตี้ แฮม และเห็ดพบว่ามีการยอมรับโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามบัญชีหมายเลข 3) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 200) พ.ศ.2543 กำหนดให้ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 500 ใน 1 กรัม (2.70 log CFU/g) และจากการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของ *B. cereus* สูงสุดที่ 3.5 log CFU/g ดังนั้นสำหรับการทดลองนี้ระดับพลังงาน และระยะเวลาที่สามารถจัดการเซลล์และสปอร์ของ *B .cereus* ในผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสปริมาตร 150 กรัม ที่พาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ความถี่ 2,450 MHz ให้ปลอดภัยได้ คือ 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 5 นาที 700 และ 800 วัตต์ ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 3 นาที ขึ้นไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

แม้จะสามารถจัดการ *B .cereus* ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้แต่ก็ควรมีการควบคุมกระบวนการผลิตให้ถูกสุขลักษณะภายใต้หลักเกณฑ์การผลิตที่ดี (GMP) ควรมีการควบคุมการปนเปื้อนตั้งแต่วัตถุดิบ โดยควรมีการคัดเลือกและลดการปนเปื้อนในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบอย่างเหมาะสม และควรมีการจัดสถานที่ผลิตให้เอื้อต่อการปฏิบัติงาน สะอาด แยกพื้นที่และอุปกรณ์ที่ใช้อย่างชัดเจน รวมทั้งควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงานให้สะอาดอยู่เสมอ และควบคุมกระบวนการผลิตให้ถูกสุขลักษณะ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหากต้องการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยไมโครเวฟในผลิตภัณฑ์อื่น เนื่องจากปัจจัยด้านองค์ประกอบและคุณลักษณะของอาหาร ปริมาตรอาหาร บรรจุภัณฑ์ที่ใส่อาหาร และความถี่ของไมโครเวฟที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ที่มีความแตกต่างกันมีผลทำให้ความสามารถในการพาสเจอร์ไรซ์แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟก่อนการใช้งานเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

นภาพร เชี่ยวชาญ. 2558. จุลชีววิทยาและความปลอดภัยอาหาร. เอกสารประกอบคำสอน. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นฤมล ตปนียะกุล และวาสนา คงสุข. 2557. คลอสตริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://rldc.anamai.moph.go.th, สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2558

บุษกร อุตรภิชาติ. 2550. จุลชีววิทยาอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. โครงการส่งเสริมการผลิตเอกสารวิชาการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยลัยทักษิณ, สงขลา

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. 2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.fda.moph.go.th, สืบค้นเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม 2559.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 200. 2543. เรื่อง ซอสในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.fda.moph.go.th, สืบค้นเมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม 2557.

ปาริฉัตร สวงโท. 2547. การพัฒนาชุดทดสอบกระดาษอย่างรวดเร็วสำหรับวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยูนิลีเวอร์ฟู้ดโซลูชั่นส์. 2557. แม่ซอสหัวใจแห่งความอร่อยของจานตะวันตก.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.unileverfoodsolutions.co.th, สืบค้นวันที่ 17 มกราคม 2558

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. มปป. การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 16 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2551. การบริหารจัดการจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ธีรพร กงบังเกิด. 2551. การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหาร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก conf.agi.nu.ac.th/agmis/download/publication/204_file.pdf, สืบค้นเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2558.

สาวิตรี วทัญญูไพศาล. 2550. จุลชีววิทยาอาหาร. เอกสารประกอบคำสอน, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2543. การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร. หน้า 173 – 195. ใน "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร". พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Albert, C.S., Z. Mandoki, Z. Csapo-Kiss and J. Csapo. 2009. The effect of microwave pasteurization on the composition of milk. Acta Universitatis Sapientiae Alimentaria, 2, 2 (2009), p. 153–165.

Banik, S., S. Bandyyopadhya and S. Ganguly. 2003. Bioeffects of microwave – a brief review. Bioresource Technology 87: 155 – 159.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2014. *Clostridium perfringens*. [Online] Available at http://www.cdc.gov, Accessed October 13, 2015.

Choma, C., M.H. Guinebretiere, F. Carlin, P. Schmitt, P.Velge, P.E. Granum and C. Nguyen-The. 2000. Prevalence, Characterization and Growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables. Journal of Applied Microbiology 88: 617 – 625.

Ehling-Schulz, M., M. Guinebretiere, A. Monthan, O. Berge, M. Fricker and B. Svensson. 2006. Toxin gene profiling of enterotoxic and emetic *Bacillus cereus*. FEMS Microbiology Letters 260(2): 232–240.

Fellows, P. J. 2000. Dielectric, ohmic and infrared heating. In Food Processing Technology: Principles and Practice. P.J. Fellows (ed.). Woodhead Publishing, Cambridge, p. 365–384.

Fermanian, C., C. Lapeyre, J. Fremy and M. Claisse. 1997. Diarrhoeal toxin production at low temperatures by selected strains of *Bacillus cereus*. Journal of Dairy Research 64:551–559.

Finlay, W.J.J., N.A. Logan and A.D. Sutherland. 2000. *Bacillus cereus* produces most emetic toxin at lower temperatures. Letters in Applied Microbiology 31: 385–389.

Food Safety Watch. 2013. *Salmonella*. [Online] Available at http://www.foodsafetywatch.org, Accessed October 20, 2015.

Food Safety Authority of Ireland (FSAI). 2011. *Bacillus cereus*. Microbial Factsheet Series. [Online] Available at https://www.fsai.ie/WorkArea/DownloadAsset. aspx?id=10919, Accessed January 19, 2015.

Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). 2013. *Bacillus cereus*. [Online] Available at http://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/Bacillus%20cereus.pdf, Accessed January 19, 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fujikawa, H., H. Ushioda and Y. Kudo. 1992. Kinetics of *Escherichia coli* destruction by microwave irradiation. Applied and Environmental Microbiology 58 (3): 920– 924.

Granum, P.E. 2007. *Bacillus cereus*. Ch 20. In Food Microbiology: Fundamentals and frontiers. Doyle MP and Beuchat LR (eds.). 3rd ed, ASM Press, Washington D.C., p. 445–455.

Goepfert, J.M., W. M. Spira and H.U. Kim. 1972. *Bacillus cereus*: Food poisoning organism. A Review. Journal of Milk and Food Technology 35: 213-226

Goldblith, S.A. and D.I.C. Wang. 1967. Effect of microwaves on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. Journal of Applied Microbiology 15:1371-1375.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 1996. *Bacillus cereus*. Ch 2. In Microorganisms in food 5: Microbiological specifications of food pathogens. Blackie Academic and Professional, London, p. 20–35.

International Standards Organization. 2002. ISO - Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for detection of *Salmonella* spp. 6579.

Jenson, I., and C.J. Moir 2003. *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species. Ch 14. In Foodborne microorganisms of public health significance. Hocking A.D (ed.). 6th ed, Australian Institute of Food Science and Technology (NSW Branch), Sydney, p. 445–478.

Korzenszky, P., P. Sembery and G. Geczi. 2013. Microwave milk pasteurization without food safety risk. Potravinarstvo. 7 (1): 45-48.

Kramer, J.M., and R.J. Gilbert. 1989. *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species. Ch 2. In Foodborne bacterial pathogens. Doyle MP. (ed.). Marcel Dekker, New York, p. 21–70.

Liu, X., and G. Yu. 2006. Combined effect of microwave and activated carbon on the remediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soil. Chemosphere 63: 228–235.

Mudgett, R. 1986. Microwave properties and heating characteristics of foods. Food Technology 40: 84-93.

New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). 2010a. *Bacillus cereus*. [Online] Available at http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Bacillus_Cereus-Spore_Forming.pdf, Accessed October 21, 2015.

New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). 2010b. *Clostridium perfringens*. [Online] Available at http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Clostridium_Perfringens-Associated_With.pdf, Accessed October 21, 2015.

Park, D.K., G. Bitton, and R. Melker. 2006. Microbial inactivation by microwave radiation in the home environment. Journal of Environ Health 69: 17-24.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rosenberg, U., and W. Boegl. 1987. Microwave pasteurization, sterilization, blanching and pest control in the food industry. Food Technology 41: 92 – 99.

Rosenthal, I. 1992. Microwave Radiation. In Electromagnetic Radiations in Food Science. Rosenthal, I. (ed.). Springer-Verlag, Berlin, p. 115 – 154.

Singh, R. P., and D. R. Heldman. 2001. Microwave Heating. In Introduction to Food Engineering. 3rd ed, Academic Press, London, p. 306 – 331.

Jankovic, S.M., M.Z. Milosev and M.L.J. Novakovic. 2014. The effects of microwave radiation on microbial cultures. Hospital pharmacology 1(2): 102-108.

Sutherland, A.D., and A.M. Limond. 1993. Influence of pH and sugars on the growth and production of diarrhoeagenic toxin by *Bacillus cereus*. Journal of Dairy Research 60: 575–580.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2001a. BAM - Aerobic plate count. Chapter 3. [Online] Available at http://www.fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2001b. BAM - *Bacillus cereus*. Chapter 14. [Online] Available at http://www. fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2001c. BAM - *Clostridium perfringens*. Chapter 16. [Online] Available at http://www.fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2001d. BAM - *Staphylococcus aureus*. Chapter 12. [Online] Available at http://www.fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2001e. BAM - Yeasts, Molds and Mycotoxins. Chapter 18. Available at http://www.fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2002. BAM - Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. Chapter 4. [Online] Available at http://www.fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2012. Bad bug book: Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook. 2nd ed., Silver Spring, p. 93-96. [Online] Available at http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ CausesOfIllnessBadBugBook/ucm2 006773.htm., Accessed October 2, 2016.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2013. Food Code 2013. U.S. Public Health Service. [Online] Available at http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/ RetailFoodProtection/FoodCode/UCM374510.pdf, Accessed November 21, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2014. BAM – *Salmonella* spp. Chapter 5. [Online] Available at http://www. fda.gov. Accessed May 29, 2014.

U.S. Food and Drug Administration (U.S.FDA). 2015. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies : microwave and radio frequency processing. [Online] Available at http://www.fda.gov. Accessed September 10, 2015.

Valsechi, O.A., J. Horii and D. Angelis. 2004. The effect of microwaves on microorganisms. Arquivos do Instituto Biologico., Sao Paulo, 71(3): 399-404.

Valero, M., L.A. Hernandez-Herrero, P.S. Fernandez and M.C. Salmeron. 2002. Characterization of *Bacillus cereus* isolated from fresh vegetables and refrigerated minimally processed foods by biochemical and physiological tests. Food Microbiology 19: 491-499.

Zhang, X., and D.O. Hayward. 2006. Applications of microwave dielectric heating in environment-related heterogeneous gasphase catalytic systems. Inorganica Chimica Acta 359: 3421–3433.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ก.1.1 Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

- Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) 40 g
- น้ำกลั่น 1 L

ทำการชั่งอาหารละลายในน้ำกลั่น 1 Lนำหลอดดักก๊าซ (durham tube) ใส่ในหลอดที่มีฝาเกลียวปิด แล้วดูดอาหารใส่ลงในหลอด ปริมาตร 10 ml และปิดฝาจากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที ค่า pH ของอาหาร: 7.2±0.2

ก.1.2 Butterfield's Phosphate buffered

- Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) 34.0 g
- NaOH 1N 175 ml
- น้ำกลั่น 1 L

ชั่ง Potassium dihydrogen orthophosphate ละลายในน้ำกลั่น 500 ml และปรับค่า pH (7.2±0.2) โดยเติม 1N NaOH 175 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L นำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นเมื่อจะนำมาใช้ให้นำ stock Buffered มา 1.25 ml เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 L เทใส่ขวดหรือหลอดที่มีฝาปิด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที นำไปใช้งานตามปกติ

ก.1.3 Fortified Nutrient Agar (FNA)(For spore production)

- Beef extract 3.0 g
- Peptone 5.0 g
- Dextrose 0.1 g
- Agar 15.0 g
- Sodium chloride (NaCl) 8.0 g
- Calcium chloride ($CaCl_2$) 0.06 g
- Ammonium sulfate ($(NH_4)_2SO_4$) 0.08 g
- Manganese sulfate monohydrate ($MnSO_4\ H_2O$) 0.05 g
- Ferrous sulfate heptahydrate($FeSO_4.\ 7H_2O$) 0.0005 g
- Manganese chloride tetrahydrate ($MnCl_2.4H_2O$) 0.008 g
- Magnesium sulfate ($MgSO_4$) 0.2 g
- Copper Sulphatepenta-hydrate ($CuSO_4.5H_2O$) 0.005 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Zinc Sulfate Heptahydrate($ZnSO_4.7H_2O$) 0.005 g
- น้ำกลั่น 1 L

ผสมองค์ประกอบทั้งหมดรวมกัน แล้วต้มจนวุ้นละลาย ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 16 x 150 ml ปริมาตรหลอดละ 5 ml ปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

ก.1.4 EC Broth

- EC Broth 37 g
- น้ำกลั่น 1 L

ชั่ง EC broth ละลายในน้ำกลั่น 1 L นำหลอดดักก๊าซ (durham tube) ใส่ในหลอดที่มีฝาเกลียวปิด แล้วดูดอาหารใส่ลงในหลอด ปริมาตร 10 ml และปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

ก.1.5 Lactose Broth (LB)

- Lactose broth 13 g
- น้ำกลั่น 1 L

ชั่ง Lactose broth ละลายในน้ำกลั่น ใส่ขวด ขวดละ 225 ml ปิดฝาแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

ก.1.6 Lauryl TryptoseBroth (LST)

- Lauryl Tryptose Broth 35.6 g
- น้ำกลั่น 1 L

ชั่งอาหาร LST 35.6 g ใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่น 1 L คนให้ละลาย ใส่หลอดดักก๊าซ (durham tube) ในหลอดที่มีฝาเกลียวปิด แล้วดูดใส่ลงในหลอด ปริมาตร 10 ml และปิดฝา แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาทีค่า pH ของอาหาร: 6.8±0.2

ก.1.7 Levin's Eosin MethyleneBlueAgar(EMB)

- EMB 36 g
- น้ำกลั่น 1 L

ชั่งอาหาร EMB 36 g ใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่น 1 L นำไปต้มจนเดือดและ Agar ละลายหมด นำไปเทใส่ขวดที่มีฝาปิด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 นาที แล้วนำออกมาตั้งวางไว้รอจนอุณหภูมิของอาหารลดลง จึงนำมาเทใส่จานเพาะเชื้อประมาณ 20 ml ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัวแล้วจึง นำไปใช้งาน ค่า pH ของอาหาร: 7.1±0.2

ก.1.8 Plate Count Agar

- Plate Count Agar	22.5	g
- น้ำกลั่น	1	L

ชั่ง Plate Count Agar ใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1 L นำไปต้มให้ความร้อนจนกระทั่งเดือด และวุ้นละลายนำไปเทใส่ขวดอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ แล้วปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาทีค่า pH ของอาหาร: 7.0±0.2

ก.1.9 Trypticase Soy Agar (TSA) สำหรับวิเคราะห์เชื้อ *B. cereus*

- Trypticase peptone (Tryptone)	15	g
- Phytone peptone (soytone)	5.0	g
- Sodium chloride (NaCl)	5.0	g
- Agar	12	g
- น้ำกลั่น	1	L

ผสมองค์ประกอบทั้งหมดรวมกัน แล้วต้มจนวุ้นละลาย ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในขวดปิดฝา นำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

ก.1.10 Trypticase Soy Broth (TSB) สำหรับวิเคราะห์เชื้อ *B. cereus*

- Trypticase peptone (Tryptone)	15	g
- Phytone peptone (soytone)	5.0	g
- Sodium chloride (NaCl)	5.0	g
- D (+) glucose	2.5	g
- di-Potassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	2.5	g
- น้ำกลั่น	1	L

ผสมองค์ประกอบทั้งหมดรวมกัน แล้วต้มจนวุ้นละลาย ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในขวดปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 วิธีการเตรียมสารเคมี

ก.2.1 5% Malachite green

- Malachite green 0.5 g
- น้ำกลั่น 10 ml

ชั่ง Malachite green 0.5 g ละลายในน้ำกลั่น แล้วถ่ายใส่ขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท

ก.2.2 70% Ethanol

- 95 % Ethanol
- น้ำกลั่น
- volumetric flask ขนาด 200 ml

ตวง 95 % Ethanol 147.37 ml ด้วยบีกเกอร์แล้วถ่ายใส่ volumetric flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 200 ml แล้วถ่ายใส่ foggy เพื่อใช้งาน

ก.3 วิธีย้อมสปอร์

1. Smear เชื้อบนแผ่นกระจกปล่อยให้แห้ง แล้ว fix ด้วยความร้อน
2. หยด malachite green staining solution (5%) ให้ท่วมรอย smear
3. ลนใต้แผ่นกระจกด้วยไฟอ่อนๆ หรืออังด้วยไอน้ำ จนขอบของหยดสีเริ่มแห้ง
4. หยด Malachite green staining solution (5%) ซ้ำ และทำตามข้อ 3.
5. ล้างสีเขียวออก โดยนำไปผ่านน้ำประปา แล้วซับให้แห้ง
6. ย้อมทับด้วย Safranin O นาน 30 วินาที
7. ล้างแผ่นกระจก โดยนำไปผ่านน้ำประปา ซับและปล่อยให้แห้ง
8. ส่องกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 100 เท่า ภายใต้ oil immersion

การอ่านผล

สปอร์ติดสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีใช้ Compack dry และการแปรผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์จุลินทรีย์ด้วย Compact Dry และการแปลผล

ข.1.1 การวิเคราะห์ *S. aureus*

Compact Dry X-SA เป็นจานเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (ready to use plate) สำหรับการตรวจหาจำนวน *S. aureus* ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ และ chromogenic substrates โดยจะปรากฏเป็นโคโลนีสีฟ้า/ฟ้า-เขียว

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

การเตรียมตัวอย่างอาหารที่เป็นของแข็ง

-เตรียมตัวอย่างตาม International standards เช่น BAM หรือ AOAC

-ผสมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีบดตัวอย่าง

-ปีเปตส่วนที่เป็นของเหลวจำนวน 1 ml. เพื่อนำไปทดสอบต่อไป (ควรเจือจางถ้าจำเป็น)

<u>การถ่ายตัวอย่างลง plate</u>

-ปีเปตตัวอย่าง 1 ml.

-เปิดฝา plate หยดตัวอย่างลงตรงกลาง plate ตัวอย่างจะกระจายตัวอัตโนมัติ

-ปิดฝา plate วาง plate คว่ำและนำเข้าตู้บ่ม โดยสามารถวางซ้อนกันได้ไม่จำกัด

<u>การบ่มเชื้อ</u>

อุณหภูมิ : 37±1°C / ระยะเวลา 24±2 ชั่วโมง

<u>การแปลผล</u>

-นับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏจากด้านหลังของ plate โดยใช้พื้นหลังที่เป็นสีขาว หรือ Standard colony counter

-จำนวนสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียส=โคโลนีสีฟ้า/ฟ้า-เขียว

-ถ้าโคโลนีมากกว่า 300 โคโลนี สามารถนับได้โดยการประมาณค่า โดยนับจำนวนโคโลนีจากตารางจำนวน 34 ช่องหรือมากกว่าจากนั้นหาค่าเฉลี่ยโคโลนีต่อ 1 ช่อง แล้วจึงคูณด้วย 20 (พื้นที่ของการเจริญเติบโตของเชื้อเป็นพื้นที่ 20 ตร.ซม.) จะได้จำนวนโคโลนีโดยประมาณจากการทดสอบ

<u>การเก็บรักษา</u>

-เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (1-30°C)

-ซองที่เปิดใช้แล้วให้พับปากซองและปิดด้วยเทปกาว เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (1-30°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1.2 การวิเคราะห์ *B. cereus*

Compact Dry X-BC เป็นจานเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับการตรวจหาจำนวน *B. cereus* ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ และ chromogenic substrates โดยจะปรากฏเป็นโคโลนีสีฟ้า หรือสีฟ้าอมเขียว

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

เตรียมตัวอย่างตาม International standards เช่น BAM หรือ AOAC

ใส่บัฟเฟอร์ลงในตัวอย่าง และผสมตัวอย่างด้วย Stomacher จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวจำนวน 1 ml. มาเพื่อทดสอบต่อไป (กรณีจำเป็น ควรเจือจางตัวอย่าง)

<u>วิธีทดสอบ</u>

1.เปิดฝา Compact Dry Plate และหยดตัวอย่าง 1 ml. ลงบนกลางแผ่น

2.ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างกระจายตัวไปทั่วทั้งแผ่นโดยอัตโนมัติ ประมาณ 2-3 วินาที

3.ปิดฝา และเขียนข้อมูลที่ต้องการลงบน Plate

4.วาง Plate คว่ำและนำเข้าตู้บ่ม โดยสามารถวางซ้อนกันได้ไม่จำกัด

<u>การบ่มเชื้อ</u>

บ่มเป็นเวลา 24 ชม. ที่35$\pm$2 °C

<u>การแปลผล</u>

สามารถนับจำนวนโคโลนีมากกว่า 300โคโลนี สามารถนับได้โดยการประมาณค่า โดยนับจำนวนโคโลนีจากตารางจำนวน 3-4 ช่องหรือมากกว่า จากนั้นหาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีต่อ 1 ช่อง แล้วจึงคูณค่าเฉลี่ยด้วย 20 (พื้นที่ของการเจริญเติบโตของเชื้อเป็นพื้นที่ 20 ตร.ซม.) จะได้จำนวนโคโลนีโดยประมาณของการทดสอบ

<u>การเก็บรักษา</u>

ซองที่ยังไม่ได้เปิด : เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (+1 – 30°C)

ซองที่เปิดใช้แล้ว: พับปากซองและปิดด้วยเทปกาว เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (+1 -30°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1.3 การวิเคราะห์ *Salmonella* spp.

Compact Dry X-SL เป็นจานเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป สำหรับการตรวจสอบ *Salmonella* spp. โดยใช้หลักการในการตรวจสอบจาก Medium Alkalization ทำให้เกิดปฏิกิริยา lysine decarboxylase, การเกิดสีจาก Hydrogen Sulfide และ Motility ของ *Salmonella* spp.

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

เตรียมตัวอย่างตาม International standards เช่น BAM หรือ AOACใส่บัฟเฟอร์ลงในตัวอย่าง และผสมตัวอย่างด้วย Stomacher

<u>วิธีทดสอบ</u>

1.นำถุงใส่ตัวอย่างไปบ่มเป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง ที่ 35±2°C

2.นำตัวอย่างที่ผ่านการบ่ม จำนวน 0.1 มล. หยดลงบน Compact Dry X-SL โดยให้มีระยะห่างจากขอบประมาณ 1 ซม.

3.หยดน้ำสะอาดที่ปราศจากเชื้อ (sterilized water) 1 มล0 ในด้านตรวกันข้ามที่มีการหยดตัวอย่าง

4.ทิ้งไว้ให้กระจายตัวไปทั่วแผ่นโดยอัตโนมัติ ประมาณ 2-3 วินาที

5.ปิดฝา และเขียนข้อมูลที่ต้องการลงบน Plate

4.วาง Plate คว่ำและนำเข้าตู้บ่ม โดยสามารถวางซ้อนกันได้ไม่จำกัด

<u>การบ่มเชื้อ</u>

บ่มเป็นเวลา 24 ชม. (20-24 ชั่วโมง) ที่42±1°C

<u>การแปลผล</u>

<u>กรณีให้ผลบวก</u>

-โคโลนีสีดำ หรือสีเขียว อาจแยกเป็นโคโลนีชัดเจนหรือรวมกัน และมีการเปลี่ยนแปลงสีของ medium โดยรอบเป็นสีเหลือง

-กรณีที่มีโคโลนีเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จะเห็นโคโลนีรวมกันหรือเป็นจุดสีดำหรือสีเขียว และ medium มีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั่วทั้งplate

<u>กรณีให้ผลลบ</u>

-ไม่มีการเปลียนแปลงสีของ medium หรืออาจเปลี่ยนเป็นสีแดง หรือแดงม่วง และไม่ปรากฏโคโลนีสีดำหรือเขียว

ข้อควรระวัง

-ในกรณีที่มี *Pseudommonas* หรือ *Proteus* ในตัวอย่างอาหาร อาจทำให้สีของ medium เปลี่ยนเป็นสีเหลืองในบริเวณแคบและจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเชื้อบน Compact Dry X-SL ไปทดสอบต่อ (Isolation / Confirmation tests)

Isolation:สามารถทำการทดสอบต่อได้โดยเลือกโคโลนีสีดำ หรือสีเขียว แล้วใช้แท่งเหล็กปลายกลม (loop) เขี่ยลงบน MLCB agar (หรืออาจเลือกจากบริเวณที่ mediumเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้เช่นกัน)

Confirmation :ทำตาม conventional confirmayion test procedure ต่อไป

การเก็บรักษา

ซองที่ยังไม่ได้เปิด : เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (+1 – 30°C)

ซองที่เปิดใช้แล้ว: พับปากซองและปิดด้วยเทปกาว เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (+1 -30°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

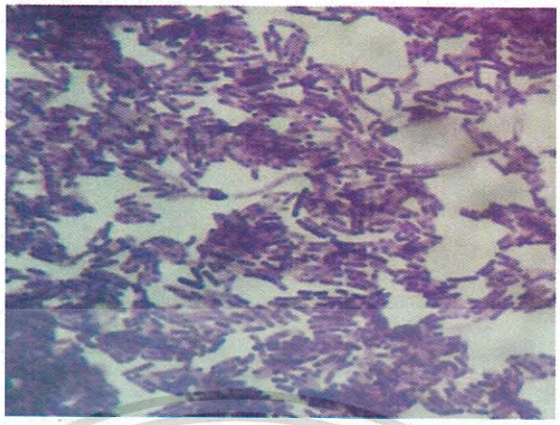
ค.1 ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 ผลของการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟต่ออุณหภูมิ และการลดลงของ *B. ceruse*

ระดับพลังงาน (วัตต์) : เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	*B. ceruse* cells		*B. ceruse* spore	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3 log CFU/g	6 log CFU/g	3 log CFU/g	6 log CFU/g
Control	37.63 ± 0.19	3.32 ± 0.02	6.11 ± 0.02	3.28 ± 0.07	6.60 ± 0.43
600 : 1	48.13 ± 0.45	3.14 ± 0.06	5.60 ± 0.04	3.02 ± 0.01	6.63 ± 0.05
600 : 3	61.28 ± 0.29	2.77 ± 0.05	3.87 ± 0.05	2.10 ± 0.17	3.80 ± 0.16
600 : 5	68.12 ± 0.03	None	2.59 ± 0.13	1.00 ± 0.00	3.60 ± 0.05
700 : 1	52.99 ± 0.29	2.95 ± 0.03	5.51 ± 0.08	3.04 ± 0.02	6.63 ± 0.37
700 : 3	70.31 ± 0.29	1.00± 0.00	2.50 ± 0.12	1.00 ± 0.00	3.49 ± 0.18
700 : 5	80.11 ± 0.05	None	None	None	None
800 : 1	59.96 ± 0.57	2.17 ± 0.07	5.49 ± 0.07	3.39 ± 0.08	6.44 ± 0.20
800 : 3	75.58 ± 0.04	None	2.13 ± 0.02	None	3.61 ± 0.12
800 : 5	90.22 ± 0.20	None	None	None	None

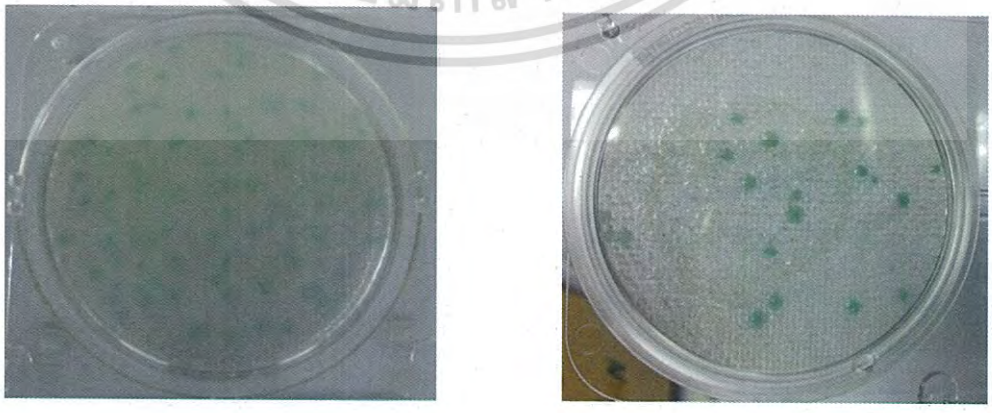
None หมายถึง ตรวจไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}

ค.2 ภาพแสดงผลการทดลอง



ภาพที่ ค.2.1 เซลล์ของ *B. ceruse* ที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส

ภาพที่ ค.2.2 สปอร์ของ *B. ceruse* ที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ไวท์ซอส



ภาพที่ ค.2.3 โคโลนีของ *B. ceruse* บน Compack dry X-BC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 นาที 1 นาที 3 นาที 5 นาที

ภาพที่ ค.2.4 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 600 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที

0 นาที 1 นาที 3 นาที 5 นาที

ภาพที่ ค.2.5 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที

0 นาที 1 นาที 3 นาที 5 นาที

ภาพที่ ค.2.6 ผลิตภัณฑ์ไวท์ซอสที่ระดับพลังงาน 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของไวท์ซอส

วันที่..... รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ (Attribute)	ระดับคะแนน						หมายเหตุ
	5	4	3	2	1	0	
สี (Color)							
ลักษณะปรากฏ (Appearance)							
กลิ่น (Odor)							
กลิ่นรส (Flavor)							
รสชาติ (Taste)							
เนื้อสัมผัส (Texture)							
การยอมรับโดยรวม (Overall acceptance)							

<u>คำอธิบาย</u>

ระดับคะแนน 5 = ดีที่สุด

4 = ดี

3 = ปานกลาง

2 = น้อย

1 = น้อยที่สุด

0 = ไม่ยอมรับ

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของไวท์ซอสแฮมเห็ด

วันที่..... รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ (Attribute)	ระดับคะแนน						หมายเหตุ
	5	4	3	2	1	0	
สี (Color)							
ลักษณะปรากฏ (Appearance)							
กลิ่น (Odor)							
กลิ่นรส (Flavor)							
รสชาติ (Taste)							
เนื้อสัมผัส (Texture)							
การยอมรับโดยรวม (Overall acceptance)							

<u>คำอธิบาย</u>

ระดับคะแนน 5 = ดีที่สุด

4 = ดี

3 = ปานกลาง

2 = น้อย

1 = น้อยที่สุด

0 = ไม่ยอมรับ

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะที่ดีของไวท์ซอส

สี (Color)	ต้องมีสีขาวนวล ขาวครีม ขาวสว่าง ไม่เหลือง ไม่น้ำตาล จากสัมผัสความร้อนมากเกินไป
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	มีความเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ผิวหน้าและตัวซอสไม่จับกันเป็นก้อน ไม่มีเม็ด/แผ่นแป้งสุกปนในซอส
กลิ่น (Odor)	ได้กลิ่นหอมของครีมและเครื่องเทศ ไม่มีกลิ่นไหม้ หรือกลิ่นแป้งอับ แป้งสุก **จากการดมด้วยจมูก**
กลิ่นรส (Flavor)	ได้กลิ่นหอมของครีมและเครื่องเทศ ไม่มีกลิ่นไหม้ หรือกลิ่นแป้งอับ แป้งสุก **เป็นกลิ่นที่ได้รับผ่านปากและลำคอ** เป็นลักษณะของ after test หรือ mouth feel
รสชาติ (Taste)	จืด เค็ม มัน **ไม่ขม ไม่ไหม้ ไม่เปรี้ยว**
เนื้อสัมผัส (Texture)	เนียนละเอียด ข้น ไม่เหลวเป็นน้ำ ไม่มีเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกวิสรา พิศพันธุ์

วัน เดือน ปี เกิด 16 กันยายน พ.ศ. 2530

ที่อยู่ 359/6 หมู่ 9 ต.นาจักร อ.เมืองแพร่ จ.แพร่ 54000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรบัญฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2553-2555	ฝ่ายประกันคุณภาพ บริษัท นำเชา (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2555-2556	นักวิชาการผลิตภัณฑ์อาหาร ฝ่ายตรวจโรงงาน กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง
พ.ศ. 2556-ปัจจุบัน	นักวิชาการผลิตภัณฑ์อาหาร ฝ่ายวิจัยและพัฒนาการเก็บรักษาสัตว์น้ำ กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้