1527

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหาร

โดย

นางสาวพนิดา วงศ์รัตนตรัย
นางสาววนิดา บ้านศาลเจ้า

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 22/3/96 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(รศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 20 เดือน มี.ค. พ.ศ. 39

ปพ.
พ1994
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14886

ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหาร

(Effect of Microwave Heating on Destruction of *Salmonella weltevreden* Inoculated in Foods)

T096999

นางสาวพนิดา วงศ์รัตนตรัย
นางสาววนิดา บ้านศาลเจ้า

ปพ.
พ199ป
2539

เลขทะเบียน 96999
วัน.เดือน.ปี - 5 มิ.ย. 2539

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนิดา วงศ์รัตนตรัย และ วนิดา บ้านศาลเจ้า. 2539. : ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหาร (Effect of Microwave Heating on Destruction of *Salmonella weltevreden* Inoculated in Foods). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. วิไล สนธิเพิ่มพูน, 61 หน้า.

การศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟ (TURBORA Model No. TRX 2499 ความถี่ 2450 MHz กำลังไฟฟ้าคลื่น 900 วัตต์) ในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหารปรุงสำเร็จ 4 ชนิด คือ แกงส้ม แกงจืด แกงกะทิ และแกงป่า ที่บรรจุในภาชนะเซรามิคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ความลึก 4 เซนติเมตร โดยจัดสภาวะการเปิดฝา ปิดฝา และปิดพลาสติคยืดรัด โดยให้ความร้อนที่ระยะเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ240 วินาที เพื่อหาสภาวะและเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการทำลายเชื้อ พบว่าในการให้ความร้อนตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิดปริมาณ 200 กรัมเป็นเวลา 120 วินาที สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวลงได้ถึง ร้อยละ 99.99 จากปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^6 เซลต่อกรัมอาหาร โดยที่อาหารในสภาวะการบรรจุต่างๆมีอุณหภูมิเฉลี่ยดังนี้ แกงส้ม 90, 91.5 และ 90.5 °C ตามลำดับ แกงจืด 88, 91.5 และ 92 °C ตามลำดับ แกงกะทิ 86, 89 และ 87.5 °C ตามลำดับ แกงป่า 91, 92 และ 90°C ตามลำดับ และที่เวลา 210 วินาที สามารถทำลายเชื้อได้ทั้งหมดในตัวอย่างอาหารคือแกงส้ม แกงป่าในทุกสภาวะการบรรจุ และแกงกะทิที่สภาวะการปิดฝา ซึ่งมีอุณหภูมิดังนี้ แกงส้ม 95, 97 และ 96°C ตามลำดับ แกงป่า 93.5, 94, และ 94.5°C ตามลำดับ แกงกะทิ 94.5 °C ในขณะที่แกงจืดและแกงกะทิที่สภาวะการเปิดฝาและปิด พลาสติคยืดรัดต้องใช้เวลาในการให้ความร้อน 240 วินาทีจึงสามารถทำลายเชื้อได้ทั้งหมด โดยที่อุณหภูมิของอาหารเป็นดังนี้ แกงจืด 95, 96 และ 97 °C ตามลำดับ แกงกะทิ 93.5 และ 94.5 °C ตามลำดับ สำหรับการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการทำลายเชื้อที่สภาวะการปิดภาชนะต่างๆกัน พบว่าที่เวลาในการให้ความร้อนเท่ากัน ที่สภาวะการปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัดให้ผลในการทำลายเชื้อดังกล่าวได้ดีกว่าสภาวะเปิดฝา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันในตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิด

พนิดา วงศ์รัตนตรัย

วนิดา บ้านศาลเจ้า ---------- 27/3/39

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การเสนอปัญหาพิเศษและจัดทำรายงานฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีได้นั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์วิไล สนธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำชี้แนะและตอบข้อสงสัย การตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของต้นฉบับให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ อดิศร เสวตวิวัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมซึ่งได้เสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์มากมายในระหว่างการดำเนินการทดลอง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในทุกแขนงวิชาตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ชั้นอนุบาล ประถม มัธยม อุดมศึกษาจนกระทั่งสำเร็จเป็นบัณฑิต ขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จซึ่งคอยเป็นที่ปรึกษาที่อบอุ่นและกำลังใจที่เข้มแข็งมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ การทำปัญหาพิเศษเสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากเพื่อนๆภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

พนิดา วงศ์รัตนตรัย
วนิดา บ้านศาลเจ้า
มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญแผนภูมิ	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 อาหารปรุงสำเร็จรูป	2
2.2 ลักษณะของแบคทีเรีย Salmonella	3
2.3 เตาอบไมโครเวฟ	11
2.4 ผลของไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร	18
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	25
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 การตรวจนับจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์	29
4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	29
4.3 การศึกษาผลการทำลาย *S.weltevreden* ในอาหารโดยไมโครเวฟ	30
4.4 การตรวจยืนยันโคโลนีของ *S.weltevreden* ที่เจริญบน PCA	32
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	
ก. สหสัมพันธ์ของเวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร	51
ข. จำนวนโคโลนีของ *S. weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารที่เวลาในการให้ความร้อนต่าง ๆ กัน	52
ค. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร พ.ศ. 2536 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ง. การตรวจวิเคราะห์ *Salmonella* spp. ในอาหาร	56
จ. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้	58
ประวัติผู้เขียน	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประเภทของการใช้งานระบบไมโครเวฟกับอาหาร	14
2	ผลการตรวจนับจำนวนเซลของ *S.weltevreden* ในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์	29
3	อุณหภูมิของอาหาร 4 ชนิดที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆกันโดยไมโครเวฟ	35
4	จำนวนเซลของ *S.weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆกันโดยไมโครเวฟ	40
5	ล็อกการิทึมของจำนวนเซลของ *S.weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆกัน	41
6	ประสิทธิภาพการทำลาย *S.weltevreden* ในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ	46
7	สหสัมพันธ์ของเวลาที่ให้ความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร	51
8	จำนวนโคโลนีของ *S.weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกันโดยไมโครเวฟ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของผนังเซลล์ของ Salmonella	6
2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของของเหลว	23
3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการให้ความร้อนและเปอร์เซนต์การทำลาย *Salmonella* spp.	24
4	ลักษณะโคโลนีที่เจริญบน PCA	33
5	ลักษณะโคโลนีที่เจริญบน SS Agar	33
6	ผลที่เกิดขึ้นในหลอดอาหาร TSI Slant	34
7	ผลที่เกิดขึ้นในหลอดอาหาร LIA Slant	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	อุณหภูมิของแกงส้มที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	36
2	อุณหภูมิของแกงจืดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	37
3	อุณหภูมิของแกงกะทิที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	38
4	อุณหภูมิของแกงป่าที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	39
5	ผลการทำลาย *S.weltevreden* ในแกงส้มที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	42
6	ผลการทำลาย *S.weltevreden* ในแกงจืดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	43
7	ผลการทำลาย *S.weltevreden* ในแกงกะทิที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	44
8	ผลการทำลาย *S.weltevreden* ในแกงป่าที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 : บทนำ

ในสภาวะที่เร่งรีบและต้องแข่งขันกับเวลาเช่นในปัจจุบันนี้ ทำให้มนุษย์พยายามแสวงหาสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆเพื่อช่วยให้ประหยัดเวลามากที่สุด ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมานี้ "ไมโครเวฟ" ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อจุดประสงค์ในการประกอบอาหาร ตั้งแต่ภายในครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรมหรือแม้กระทั่งการใช้ไมโครเวฟเพื่ออุ่นอาหารปรุงสำเร็จก่อนนำมารับประทานก็เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดพลังงาน แต่ด้วยเหตุที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนสั้นมากเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆจึงทำให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลายเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ อันได้แก่ *Salmonella* spp.ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค Salmonellosis และสามารถปนเปื้อนลงสู่อาหารได้ง่ายเมื่อการประกอบและเก็บรักษาอาหารเป็นไปอย่างไม่ถูกสุขลักษณะ ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลาย *Salmonella* spp. จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจและเป็นการเสนอ แนวทางการใช้ประโยชน์จากไมโครเวฟได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังก่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นในความปลอดภัยของอาหารปรุงสำเร็จที่ผ่านการอุ่นให้ร้อนโดยไมโครเวฟภายใต้ระยะเวลาและสภาวะที่เหมาะสม โดยที่ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการทำลาย *S. weltevreden* ที่ปนเปื้อนในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ ซึ่งในจำนวน *Salmonella* spp. ทั้งหมดพบว่าเชื้อสปีชีส์ดังกล่าวนี้มีการระบาดมากในประเทศไทยและภูมิภาคเขตร้อนชื้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการทำลายเชื้อนี้ในอาหารภายใต้สภาวะการปิดภาชนะต่างๆกัน ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษเรื่อง "ประสิทธิภาพของการใช้ไมโครเวฟในการทำลาย *S. weltevreden* ในอาหาร" มีดังนี้

❶ เพื่อศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการทำลาย *S. weltevreden* ในอาหารต่างชนิดกันโดยใช้ไมโครเวฟ

❷ เพื่อเปรียบเทียบสภาวะการปิดภาชนะที่ใช้บรรจุอาหารเพื่ออุ่นในไมโครเวฟซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำลาย *S. weltevreden* ในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 : วารสารปริทัศน์

2.1 อาหารปรุงสำเร็จรูป

อาหารปรุงสำเร็จรูปซึ่งมีจำหน่ายตามหาบเร่แผงลอย มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย สามารถรับประทานได้ทันที มีชนิดอาหารมากมายให้เลือก จึงทำให้อาหารประเภทนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตผู้คนในกรุงเทพมหานคร และในเมืองใหญ่ที่มีความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ แต่ปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารก็จัดเป็นสิ่งสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความรู้น้อย และยากจนจึงอาจขาดความระมัดระวังในการเตรียมอาหารอย่างถูกสุขลักษณะ นอกจากนี้การที่มีสุขภาพอนามัยไม่ดีเท่าที่ควร ยังอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และเกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมทั้งมีอันตรายแก่ผู้บริโภคได้

มีผู้บริโภคจำนวนมากได้รับประโยชน์จากอาหารจำพวกนี้ ในอาฟริกาและเอเชีย ค่าใช้จ่ายของคนในเมืองร้อยละ 15-50 จะถูกจับจ่ายในเรื่องของการซื้ออาหารประเภทนี้ (มาลัย และคณะ, 2536) ประชาชนยินยอมที่จะจ่ายเงินจำนวนนี้แลกกับความสะดวกที่ได้รับ ถ้าผู้บริโภคมีขีดจำกัดในเรื่องของเวลาและรายได้ ผู้บริโภคก็จะหันมาเลือกอาหารริมถนนเป็นส่วนมาก ซึ่งดีกว่าจะเข้าครัวเอง ไม่ว่าจะมองความคุ้มค่าในแง่ของเวลา แรงงาน ค่าใช้จ่าย สำหรับวัตถุดิบ เชื้อเพลิง และอุปกรณ์เครื่องครัว เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนอาหารชนิดเดียวกัน การปรุงอาหารเองที่บ้านจะแพงกว่าการซื้ออาหารปรุงสำเร็จจากหาบเร่แผงลอยอย่างเห็นได้ชัด แต่ปัญหาทางด้านการปนเปื้อนในอาหารก็เป็นสิ่งที่ควรระวังโดยเฉพาะปัญหาในเรื่องการปนเปื้อนจากจุลิทรีย์ จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารหาบเร่แผงลอย พบว่าอาหารคาวที่ผ่านความร้อนอย่างทั่วถึง เช่น แกงส้ม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างอาหาร (Total Plate Count. - TPC) 10^{1}-10^{5} CFU/g และในแกงเขียวหวานไก่มีปริมาณ 10^{2}-10^{5} CFU/g โดยการเปรียบเทียบการตรวจพบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ประเภทซึ่งได้แก่ อาหารคาวที่ผ่านความร้อนเพียงเล็กน้อย,อาหารคาวที่ผ่านความร้อนอย่างทั่วถึง,อาหารหวาน และเครื่องดื่ม พบว่าอาหารคาวที่ผ่านความร้อนอย่างทั่วถึงมีปริมาณของ *Salmonella* spp. 3.5 % ในขณะที่อาหารชนิดอื่นตรวจไม่พบ (มาลัย และคณะ, 2536) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม้จะเป็นอาหารที่ผ่านความร้อนอย่างทั่วถึงแล้วก็ตาม ก็ยังไม่สามารถวางใจได้ว่าเป็นอาหารที่ปลอดภัยต่อการบริโภคถ้าหากอาหารนั้นมีการวางทิ้งไว้เป็นเวลานานพอสมควร และหากเป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้โดยไม่ต้องทำให้สุกใหม่ ๆ ดังนั้นจึงควรที่จะให้ความร้อนแก่อาหารเหล่านี้อีกครั้งก่อนทำการบริโภคเพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะของแบคทีเรีย Salmonella

แบคทีเรีย Salmonella เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ (food-borne disease) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งอยู่ใน Family Enterobacteriaceae ซึ่งมีสายพันธุ์ต่าง ๆ กันมากกว่า 2000 ซีโรไทป์ แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีรูปร่างเป็นแท่งสั้น ขนาดประมาณ 0.5 * 1-3 μ ติดสีแกรมลบ หรือติดสีแดงเมื่อทำการย้อมเซลล์โดยวิธีแกรม เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีลักษณะเหมือนแบคทีเรีย *Escherichia coli* สามารถเจริญได้ทั้งในที่มีอากาศและมีอากาศน้อย (facultative anaerobe) ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนไหวได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่รอบเซลล์ บางสายพันธุ์ไม่มีแฟลกเจลลาที่อยู่รอบเซลล์จึงไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ บางชนิดมีแคปซูล เชื้อ Salmonella สามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบพื้น ๆ โดยทั่วไป สามารถสร้างกรดจากน้ำตาลกลูโคสและเมนิทอลได้ แต่ไม่สามารถสร้างกรดจากน้ำตาลซูโครส แลคโทส และซอร์โบส ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟอสเฟต แบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่สามารถสร้างอินโดล และไม่สามารถย่อยสลายยูเรีย มีปฏิกริยาออกซิเดส (oxidase) เป็นลบ ส่วนใหญ่สามารถใช้ซิเตรทเป็นแหล่งของคาร์บอนเพียงอย่างเดียวในอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่ละสายพันธุ์และซีโรไทป์มีความสามารถในการสร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แตกต่างกัน (บุญเทียม, 2537) Salmonella แบ่งออกเป็นซีโรไทป์ต่าง ๆ ตามคุณลักษณะของแอนติเจน (H, O และ Vi)

คุณสมบัติทางเซรุ่มวิทยาในการจัดกลุ่มแบคทีเรีย Enterobacteriaceae

แบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae ต้องอาศัยคุณลักษณะของแอนติเจนบนผิวเซลล์ แอนติเจนเหล่านี้จัดออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แอนติเจน O,K และ H

<u>แอนติเจน O</u>

แบคทีเรียแกรมลบทุกชนิดประกอบด้วย ลิโพโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide : LPS) เป็นองค์ประกอบของเมมเบรนชั้นนอก ท็อกซินบางชนิด เช่น เอนโดท็อกซิน เป็น LPS ที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน : lipid A, core และแอนติเจน O (ดังภาพที่ 1) จากการที่องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ประกอบด้วย น้ำตาลต่างชนิดเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟาหรือเบต้าไกลโคซิดิค (α หรือ β glycosidic linkage) และการมีหรือไม่มีหมู่อะซิทิล (acetyl group) ซึ่งมีมากมายหลายชนิด จึงทำให้แบคทีเรียกลุ่ม enterobacteriaceae แบ่งออกเป็นหลายสกุล หลายซีโรไทป์ โดย Salmonella ประกอบด้วยแอนติเจน O ประมาณ 64 แบบ

บางครั้งการบ่มเพาะเชื้อในห้องปฏิบัติการตลอดเวลา อาจทำให้แบคทีเรียบางสายพันธุ์เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม (mutation) ทำให้สูญเสียความสามารถในการสังเคราะห์แอนติเจน O หรือทำให้ตำแหน่งที่สัมผัสกันระหว่างแอนติเจน O กับ core region ขาดหายไป การเกิดความผิดปกตินี้เป็นผลให้เปลี่ยนจากโคโลนีเรียบ (smooth colony) เป็นโคโลนีหยาบ (rough colony) หรือเรียกว่า มีการเปลี่ยนแปลงจาก S transformation ไปเป็น R transformation และที่น่าสนใจ คือ กลุ่ม R mutant จะสูญเสียคุณสมบัติในการก่อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนติเจน K

แอนติเจน K พบอยู่ในส่วนแคปซูล หรือเอนวีโลป และปกคลุมแอนติเจน O ไว้ ฉะนั้น ถ้าแบคทีเรียมีแอนติเจน K จะยับยั้งการเกิดการเกาะกลุ่ม (agglutination) ของแอนติเจน O และแอนติเจน K ส่วนใหญ่ แอนติเจน K สามารถถูกทำลายหรือกำจัดออกไป โดยการต้มในน้ำเดือด

แอนติเจน H

แอนติเจนชนิดนี้พบในแบคทีเรียที่เคลื่อนที่ได้ เนื่องจากโปรตีนนี้เป็นส่วนประกอบของแฟลกเจลล่า อย่างไรก็ตามสมาชิกในกลุ่ม Salmonella จะสามารถเปลี่ยนแปลงแอนติเจน H ในรูปแบบที่แตกต่างกันกลับไปกลับมาได้ แอนติเจนที่มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่าเรียกว่าแอนติเจน phase I และยังเขียนด้วยอักษรตัวเล็ก (a,b,c และอื่น ๆ) แต่สำหรับแอนติเจน phase II ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงน้อยกว่า ให้เขียนเป็นตัวเลข กลไกการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแอนติเจนเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีนส์ โดยที่ Salmonella มียีนส์ 2 ชุด คือ H_1 ซึ่งประกอบด้วยรหัสสำหรับการสังเคราะห์ phase I flagella antigen และ H_2 ประกอบด้วยรหัสสำหรับการสังเคราะห์ phase II flagella antigen การถอดรหัสของยีนส์ H_2 จะต้องเกิดขึ้นร่วมกับการแสดงออกของยีนส์ *rhl* ซึ่งเป็นรหัสสำหรับ repressor ซึ่งมีบทบาทยับยั้งการแสดงออกของยีนส์ H_1

ในการแบ่งเซลล์ทุก ๆ 103-105 รอบ ส่วนของคู่เบสที่มีความยาวประมาณ 900 คู่ที่ประกอบด้วย promoter สำหรับยีนส์ H_2 ยีนส์กลุ่มนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า site-specific inversion เป็นผลทำให้หยุด หรือยับยั้งการถอดรหัสของทั้งยีนส์ H_2 และ *rhl* เมื่อไม่มีผลผลิตของยีนส์ *rhl* เกิดขึ้น จะมีการถอดรหัสของยีนส์ H_1 เกิดขึ้นจนกว่ากลุ่มยีนส์ (900 base-pair region) ดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนแปลง (inversion) อีกครั้ง จึงจะเป็นผลให้มีการแสดงออกของยีนส์ H_2 และ *rhl* เกิดขึ้น

เมื่อได้ผลการทดสองทางเซรุ่มวิทยา ทำให้สามารถเขียนอยู่ในรูปของแอนติเจนได้ สำหรับ *Salmonella togo* 4, 12 : I, w : 1,6 หมายถึง ซีโรไทป์ของ Salmonella ประกอบด้วย O antigen 4 และ 12 มี phase 1 H antigen I และ w, และ phase 2 H antigen 1 และ

TRIBE SALMONELLAE

แบคทีเรีย ' Tribe" Salmonellae ประกอบด้วย 1 สกุล คือ Salmonella คุณสมบัติที่สำคัญของ Salmonella คือ

KIA หรือ TSI : Alkaline slant/ acid deep, H_2S +, gas	+
Indole	-
Simmon's citrate	+
Lysine decarboxylase	+
Motility	+
Malonate	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENUS SALMONELLA

เชื้อ Salmonella ก่อให้เกิดโรคในคน และสัตว์ได้ เช่น *Salmonella typhi* ก่อให้เกิดโรคเฉพาะในคนเท่านั้น โรคที่เกิดขึ้นมี Enteric fever (typhoid, paratyphoid) โรคทางเดินอาหารอักเสบเฉียบพลัน การติดเชื้อในกระแสโลหิต และการติดเชื้อในอวัยวะภายในเฉพาะที่

แบคทีเรียสกุล Salmonella เป็นแบคทีเรียสกุลใหญ่ สามารถจำแนกเชื้อโดยใช้คุณสมบัติแอนติเจน และแบคเทอริโอฟาจ ได้กว่า 1900 ชนิด Kauffman และ White ได้แบ่งเชื้อเป็น 41 กลุ่มจาก A-Z และ 51-65 โดย O-Ag และอาศัย H-Ag, Vi แบ่งได้เป็นซีโรไทป์ต่างๆ กว่า 2200 ชนิด เนื่องจากมีการใช้ชื่อมากมายนับพันชื่อ ปัจจุบัน CDC ได้แบ่งเป็น *Salmonella typhi* , *S. choleraesuis*, *S. paratyphi A* และ Salmonella ซีโรไทป์ อื่น ๆ และ Center for Diseases Control(CDC) ได้ปรับปรุงให้รายงานในกลุ่ม Salmonella เป็น ซีโรไทป์แทนการบอกชื่อสปีชีส์ แต่จะต้องใช้ antisera เป็นจำนวนมากและยุ่งยากทำให้ทางห้องปฏิบัติการทางคลีนิค (Clinical lab) ต่าง ๆ ไม่อาจแยกแยะ Salmonella จนถึงซีโรไทป์ที่เฉพาะเจาะจง (specific serotype) ได้ จึงมักแบ่งออกเป็นซีโรกรุ๊ป(sero group) แต่อย่างไรก็ตามให้แบ่งเป็น *S. typhi*, *S. choleraesuis*, *S. paratyphi A* ได้เพราะมีความสำคัญทางคลีนิค ส่วน Salmonella อื่น ๆ ให้บอกเป็นซีโรกรุ๊ป ; ซีโรไทป์ (serogroup ; serotype) ตัวอย่างเช่น Salmonella ซีโรไทป์ *typhimurium*, *Arizona* นั้น เรียกเป็น Salmonella ซีโรไทป์ 47 : r : 3

อย่างไรก็ดี มีผู้เสนอว่าสมควรจัด Salmonella เป็นสปีชีส์เดียวเท่านั้น แต่เมื่อคำนึงถึงคุณสมบัติทางพันธุกรรม แบ่งเป็น 5 สปีชีส์ย่อย (subspecies) แต่อย่างไรก็ตาม จนถึงบัดนี้การให้ชื่อ และจัดแบ่งกลุ่มเซล Salmonella ก็ยังไม่ยุติ เพื่อหาสิ่งที่เหมาะสมและถูกต้องที่สุดเมื่อคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อทางพันธุกรรม และอื่น ๆ

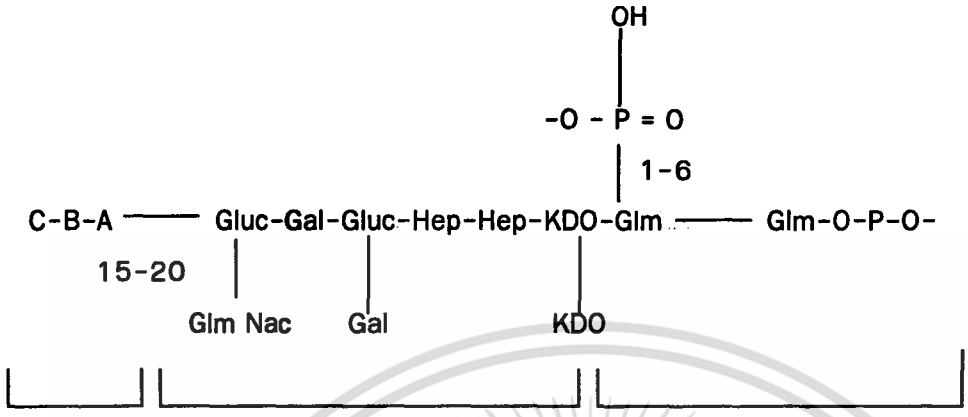
ลักษณะการเจริญเติบโต และปฏิกริยาทางชีวเคมี

เชื้อสกุลนี้เจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ เช่น MacConkey, EMB, SS และ DCA agar โคโลนีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร ลักษณะกลม ขอบเรียบ เป็นมัน ไม่มีสี (ไม่หมักย่อยน้ำตาลแลคโตส) ไม่ทึบแต่ไม่โปร่งแสง บางสายพันธุ์มีโคโลนีลักษณะเป็นเมือก

คุณสมบัติที่ส

K/AG+ หรือ K/AG- สายพันธุ์ส่วนใหญ่ผลิตก๊าซจากการหมักย่อยน้ำตาลกลูโคส และยังสามารถหมักย่อยน้ำตาลชนิดต่าง ๆที่ให้ผลต่างกัน การทดสอบอินโดล (-), มาโลเนท (-), ยูเรีย (-) และ lysine decarboxylase (+) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Glm - Glucosamine

KDO - Ketodeoxyoctonic acid

Hep - Heptose

Gluc - Glucose

Gal - Galactose

GlmNAc - N-acetyl glucosamine

A,B,C,D - Monosaccharides such as mannose, galactose, rhamnose, fucose, glucose, abequose, and colitose. these sugars exist in a repeating sequence of 15 to 20 units of 3 or 4 sugars

ภาพที่ 1 : โครงสร้างของผนังเซลล์ของ Salmonella ที่ประกอบด้วยลิโพโพลีแซคคาไรด์ (Lipopolysaccharide : LPS) ชนิดที่เป็นเอนโดท็อกซิน (endotoxin) โดยโครงสร้างของ LPS ของแบคทีเรียแกรมลบจะมีความแตกต่างระหว่างสกุลน้อยมาก แต่สำหรับแบคทีเรียทุกสกุลประกอบด้วย 3 ส่วน ดังกล่าวข้างบน โดยที่ hydroxy group อิสระของ glucosamines ใน lipid A ทุกตัวเชื่อมต่อกับกรดไขมันต่างชนิด (ไม่ได้แสดงในรูป) และความแตกต่างทางเซรุ่มวิทยาสายพันธุ์ต่างๆ ในแบคทีเรียแต่ละสกุล ขึ้นกับชนิดของน้ำตาลที่เชื่อมต่อกับส่วนของ O-antigen

ที่มา : นันทนา (2537)

คุณสมบัติของแอนติเจน

แอนติเจนของ Salmonella มี 3 ชนิดใหญ่คือ

1. แอนติเจน O เป็นสายประกอบลิโพโพลีแซคคาไรด์ อยู่ในผนังเซลล์ มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน (100 °C นาน 2.5 ชั่วโมง) แอลกอฮอล์ และกรดอ่อน ๆ ได้ดี มีประมาณ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด ให้ชื่อเรียงลำดับเลขอารบิคจาก 1 2 3 4 ... ไปเรื่อย ๆ Salmonella ซีโรไทป์หนึ่ง ๆ อาจมีแอนติเจน O มากกว่า 1 ชนิด แอนติบอดี้ต่อแอนติเจน O เป็นชนิด IgM

2. แอนติเจน H เป็นสารประกอบโปรตีน ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน (100 °C นาน 30 นาที) แอลกอฮลล์และกรดต่าง ๆ ชนิดของแอนติเจนมีชื่อเรียงตามตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษ a b c.ไปถึง z และตัวเลขอารบิค 1 2 3 4 5 6 และ 7 Salmonella ซีโรไทป์ หนึ่ง ๆ อาจมีแอนติเจน H มากกว่า 1 ชนิด แอนติเจนอาจอยู่ในเฟสที่ 1 (phase 1) หรือในเฟสที่ 2 หรือในทั้ง 2 เฟส แอนติเจนในเฟสหนึ่งอาจบดบังมิให้เชื้อเกาะกลุ่มกับในแอนติซีรัมของอีกเฟสหนึ่ง แอนติบอดี้ต่อแอนติเจน H เป็นชนิด IgG

3. แอนติเจน Vi (Virulence or Capsular antigen) เป็นส่วนของแคปซูล ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน (60 °C นาน 1 ชั่วโมง) กรด และฟีนอล แอนติเจน Vi อาจบดบังแอนติเจน O ทำให้เชื้อไม่เกาะกลุ่มกันในแอนติซีรัม สายพันธุ์ส่วนใหญ่ของ *Salmonella typhi* และ *S. paratyphi C* มีแอนติเจน Vi มักทำให้เกิดอาการของโรครุนแรงกว่า เชื้อที่ไม่มีแอนติเจนนี้ แคปซูลของเซลล์แบคทีเรียจะป้องกันการถูกเก็บกินของเม็ดเลือดขาว และทนต่อการทำลายของสารต้านแบคทีเรียในซีรัม

ยีนส์สำหรับแอนติเจน O,H และ Vi อาจมีการผ่าเหล่าทำให้แอนติเจนหายไปได้ เชื้อหลายสกุล เช่น Arizona, Citrobacter, Escherichia. อาจมีปฏิกิริยาไขว้กันของซีรัมต่อเชื้อ Salmonella

Kauffmann และ White ได้จัดแบ่งเชื้อในสกุลนี้ออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามชนิดของแอนติเจน คือ ABCD...ถึง Z และกลุ่มหมายเลข 52 ซีโรไทป์ ของเชื้อในแต่ละกลุ่ม จำแนกตามชนิดของแอนติเจน H ในปัจจุบันพบว่ามีประมาณ 2,000 ซีโรไทป์

การแยกเชื้อจากตัวอย่างที่เกิดจาก Salmonella ควรทำในเวลาที่เหมาะสม เช่น ในกรณีผู้ป่วยมีอาการไข้ Enteric fever และการพบเชื้อในกระแสเลือดเป็นเรื่องสำคัญที่สุด การตรวจพบเชื้อทางอุจจาระไม่เป็นข้อบ่งชี้เสมอไป เพราะคนนั้นอาจเป็นพาหะก็ได้ แต่จะสำคัญในกรณีลำไส้อักเสบ หรือท้องร่วง

การตรวจจากอุจจาระในกรณีมีโรคอุจจาระร่วงระบาดมักใช้ selective media เพื่อความรวดเร็ว ในการจำแนกชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ใช้เป็น Selenite F broth หรือ Tetrathionate broth ซึ่งจะยับยั้งการเจริญของ Coliform bacilli ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อ (plating media) มักใช้ Salmonella-Shigella (SS) agar หรือ Bismuth Sulfite agar ในกรณีที่สงสัยที อาจทำการทดสอบคุณสมบัติการเกาะกลุ่ม (agglutination) ได้ทันที

การใช้วิธีทางเซรุ่มวิทยา(serology) ที่สำคัญ คือ Widal test ใน Enteric fever เป็นการตรวจสอบซีรัมของผู้ป่วยว่ามีแอนติบอดี้ต่อแซลโมเนลลาด้วยวิธีการเกาะกลุ่ม (agglutination test) การตรวจหาแอนติบอดี้ต้องทำอย่างน้อยสองครั้ง ให้เห็นไตเตอร์ชัดเจน และไตเตอร์ขั้นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำให้เราสงสัยว่าเป็นไข้ไทฟอยด์คือ O=1 : 160, H = 1:300 เพราะในคนไทยปกติพบ O-agglutinin ถึง 1:80 และ H -agglutinin 1:100 การแปลผลใช้ O แอคกลูตินินไตเตอร์เป็นหลัก การเจาะเลือดห่างกัน 1 สัปดาห์ ถ้าไตเตอร์ขั้นต่ำมีค่าดังกล่าวแล้วและไตเตอร์สูงขึ้นในการเจาะครั้งที่สอง (เพิ่มให้ถึง 4 เท่า) ก็ค่อนข้างชัดเจนว่าเป็นไข้ไทฟอยด์ แต่การได้ผลลบก็ไม่ได้เป็นข้อบ่งชี้ว่าไม่ใช่ไข้ไทฟอยด์ เพราะในประเทศไทยพบผลลบได้สูง ซึ่งบางครั้งสูงถึงร้อยละ 60 นอกจากนั้นถ้าเราเจาะเลือดตรวจตั้งแต่ตอนต้น (ในช่วงสัปดาห์แรก) ก็อาจไม่พบเช่นกัน Diazo Reaction ใช้ Diazo reagent ทำปฏิกิริยากับปัสสาวะ หรืออาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อไทฟอยด์จะได้สีแดง วิธีนี้ไม่ค่อยเฉพาะเจาะจงแต่ทำได้ง่ายในที่ไม่มีอุปกรณ์ ปัจจุบันไม่นิยมทำ (นันทนา, 2537)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของSalmonellaในอาหาร (Doyle,1989)

1. อุณหภูมิ

โดยทั่วไปแบคทีเรีย Salmonella ส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิในช่วง 5-45 °C หรือ 47 °C แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญคือ 37 °C การเจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่านั้นขึ้นอยู่กับ serovar และสายพันธุ์ อัตราการเจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C จะช้ามาก และอาจถูกทำลายในอาหารที่มีค่า a_w สูงโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำสุดที่ 74 °C โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างความต้านทานความร้อนและค่า pH, a_w

2. เกลือ

เกลือใช้กันโดยทั่วไปในการป้องกันการเสื่อมเสียของจุลินทรีย์ โดยเกลือจะจับน้ำอิสระที่จำเป็นในการเจริญของแบคทีเรีย และผลคือเป็นการลดค่า a_w ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียรูปร่างของเซล (Plasmolysis) ขัดขวางปฏิกริยาของเอนไซม์ ซึ่งการเจริญเติบโตของเชื้อ Salmonella โดยทั่วไปจะถูกยับยั้งโดยเกลือเข้มข้นร้อยละ 3-4

3. ค่า pH

ช่วง pH ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย Salmonella อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 แต่สามารถเจริญได้ในช่วง pH จาก 4.5-9.0 และโดยทั่วไปจะมีเจริญที่ pH ต่ำกว่า 5 และ ค่า pH ที่ต่ำกว่า 4.1 เกิดการยับยั้งและอาจทำให้ตายได้

4 . ค่า water activity (A_w)

โดยทั่วไปแบคทีเรีย Salmonella สามารถเจริญในอาหารที่มีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.945-0.999

แหล่งที่พบและการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรีย Salmonella

แบคทีเรีย Salmonella พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม และในสัตว์หลายชนิด โดยอยู่ตามทางเดินอาหารของสัตว์จำพวกนกและสัตว์เลื้อยคลาน ในแม่น้ำลำคลองและอยู่ในอาหารแห้งได้นาน นอกจากนี้ยังพบในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ปีกและไข่ โดยการได้รับเชื้อนี้อาจจะได้รับเชื้อโดยตรงจากคนและสัตว์ที่เป็นโรค เชื้อจากอุจจาระจะผ่านลงสู่แหล่งน้ำซึ่งคนหรือสัตว์ที่กินน้ำหรือกินอาหารที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อนี้ก็จะได้รับเชื้อโรคหรือได้รับเชื้อที่มากับฝุ่นละอองจากมูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่นเนื้อสัตว์ ไข่ มีโอกาสมากที่จะถูกปนเปื้อนด้วยเชื้อนี้ที่ติดมากับอุจจาระของสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีเชื้อ Salmonella หลายชนิดที่เมื่ออยู่ในร่างกายของสัตว์แล้วสัตว์ไม่แสดงอาการเป็นโรคแต่แต่จะเป็นพาหะของโรคโดยจะขับถ่ายอุจจาระที่มีเชื้อนี้ ออกมาเมื่อถ่ายทอดสู่คนทำให้คนแสดงอาการของโรคที่รุนแรงได้ นอกจากนี้ยังอาจได้รับเชื้อทางอ้อมจากการรับประทานอาหารที่ผ่านการปรุงที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ผู้ปรุงอาหารที่มีเชื้อโรคนี้ก็เป็นตัวการที่สำคัญในการทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคผ่านทางอาหารไปสู่ผู้อื่น (บุญเทียม, 2537) ซึ่งเชื้อใน genus Salmonella นี้สายพันธุ์ที่พบในทวีปเอเชียนี้ได้แก่ *S. weltevreden* ซึ่งพบได้น้อยในทวีปอื่น ๆ เช่นในอเมริกา (Doyle, 1989) และพบสายพันธุ์นี้ในประเทศไทยด้วย โดยในปี 2528 WHO National Salmonella and Shigella Centre ซึ่งให้บริการในการตรวจยืนยันเชื้อโรคลำไส้ และแยกชนิดแก่หน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐบาลและเอกชนทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาครวม 52 แห่ง จำนวนเชื้อที่ส่งมาทั้งสิ้น 6,050 สายพันธุ์ซึ่งแยกเป็นชนิดต่างๆ โดยเชื้อ Salmonella ได้ตรวจยืนยันรวม 3,387 สายพันธุ์ แยกได้เป็น 90 ซีโรไทป์ และชนิดที่พบมากคือ *S. weltevreden* ซึ่งพบทั้งสิ้น 416 สายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 12.28

โรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากแบคทีเรีย Salmonella

สาเหตุ

มีปัจจัย 4 ประการหลักในการเกิดการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากแบคทีเรีย Salmonella ที่เรียกว่า Salmonellosis คือ การใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ไม่ถูกต้อง, เวลาที่ใช้ในการปรุงอาหารไม่เพียงพอ, การใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนในการประกอบอาหาร, และการกลับมาปนเปื้อนภายหลังจากกระบวนการผลิต (cross-contamination) และปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายอย่าง (Cliver, 1990) ซึ่งในอาหารปรุงสำเร็จรูปมักเกิดขึ้นภายหลังจากปรุงเสร็จแล้ว การปนเปื้อนจากผักที่ใช้โรยหน้า จากสุขลักษณะในการประกอบอาหารที่ไม่ดีพอทั้งนี้ผู้ประกอบอาหารอาจเป็นพาหะของเชื้อได้

อาการ

อาการหลักของโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากแบคทีเรีย Salmonella ที่ไม่ใช่โรคไทฟอยด์ คือ ปวดท้อง ท้องเสียถ่ายอุจจาระไม่มีเลือด มีไข้ คลื่นไส้ อาเจียน และอ่อนเพลีย ซึ่งอาการจะปรากฏภายหลังจากได้รับอาหารที่มีเชื้อประมาณ 8-72 ชั่วโมง โดยทั่วไปตรวจไม่พบเชื้อนี้ในเลือดแต่จะพบเชื้อได้จากอาเจียนและอุจจาระของผู้ป่วยซึ่งมีเชื้ออยู่ 10^6-10^9 เซลล์ต่อกรัม โดยพบมากในเด็กอายุน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งอาการของโรคที่ไม่ใช่ไทฟอยด์ไม่รุนแรงนักนอกจากผู้ป่วยมีโรคอื่นเช่น โลหิตจาง โรคตับ โรคเอดส์ อาจเกิดอาการรุนแรงได้ ซึ่งปริมาณเชื้อที่ได้รับที่ทำให้เกิดโรคนั้นขึ้นกับหลายปัจจัยเช่น ความรุนแรงของสายพันธุ์, อายุของผู้ได้รับเชื้อ, และภูมิคุ้มกันของผู้ได้รับเชื้อ ถ้าผู้ป่วยมีร่างกายอ่อนแอหรือมีโรคอื่นอยู่แล้วโอกาสเกิดโรคก็มีมาก โดยหลักแล้วปริมาณที่ทำให้เกิดโรคได้ต้องได้คือต้องได้รับเชื้อมากกว่า 10^6 เซลล์ต่อกรัม (Infection Dose)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเป็นพาหะ

การเป็นพาหะของเชื้อแบคทีเรีย Salmonella คือการที่ผู้เป็นพาหะมีเชื้อแบคทีเรียอยู่ในร่างกายแต่ไม่แสดงอาการ โดยเชื้อแบคทีเรียจะปนเปื้อนอยู่กับอุจจาระของผู้เป็นพาหะซึ่งปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนก่อนที่จะได้รับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะนั้นมีประมาณ 10^1-10^8 เซลล์ต่อกรัม เป็นระยะเวลานานถึง 6 เดือน โดยส่วนใหญ่ผู้เป็นพาหะมักเป็นเพศหญิงและมีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป แต่การใช้ยาปฏิชีวนะ ampicilin เป็นระยะเวลานานสามารถกำจัดช่วงการเป็นพาหะได้ นอกจากนี้การรับประทานนมหมักที่ใช้ เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (acidophilus milk) ก็มีรายงานว่าสามารถลดช่วงระยะของการเป็นพาหะได้เช่นกัน (Doyle, 1989)

การป้องกัน

มีหลายวิธีในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย Salmonella ปนเปื้อนในอาหาร ประการแรกคือป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อเข้าไปในวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มาจากสัตว์ซึ่งอาจปนเปื้อนกับอุจจาระของสัตว์ที่ไม่ได้ผ่านความร้อนที่จะทำลายเชื้อ Salmonella ได้ ดังนั้นผู้ผลิตอาหารจำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้วัตถุดิบที่ไม่ผ่านความร้อนเพียงพอที่จะทำลายเชื้อ Salmonella เป็นพิเศษ ประการต่อไปคือการควบคุมเชื้อ Salmonella ในอาหารโดยใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อในระหว่างกระบวนการประกอบอาหาร เช่นการใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ เป็นต้น

การป้องกันการปนเปื้อนภายหลังจากกระบวนการผลิตอาหารเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย Salmonella มีหลายอย่างที่ต้องพิจารณา อย่างแรกคือต้องมั่นใจว่าผู้ประกอบอาหารมีสุขลักษณะที่ดีในการประกอบอาหาร โดยให้ความรู้และคอยควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ประกอบอาหารจะไม่เป็นตัวนำเชื้อโรคกลับมาปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว อย่างที่สอง ต้องมั่นใจว่าภาชนะที่ใช้ในการประกอบอาหารต้องสะอาดและถูกสุขลักษณะ โดยตรวจสอบดูแลการทำความสะอาดของภาชนะที่ใช้ และจำเป็นต้องแยกเครื่องมือเครื่องใช้ที่ใช้กับวัตถุดิบและใช้กับอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนหรือปรุงสุกแล้วเพื่อหลีกเลี่ยงการกลับมาปนเปื้อนของเชื้อลงในอาหารอีก

วิธีอื่นที่จะป้องกันการปนเปื้อนของของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการให้ความร้อนแล้วคือการแยกบริเวณของการประกอบอาหาร ซึ่งควรแยกพื้นที่ที่ใช้กับวัตถุดิบออกจากพื้นที่ที่ใช้ในการประกอบอาหารซึ่งจะไม่เกิดการกลับมาปนเปื้อนได้อีก และควรป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจากสิ่งแวดล้อม ในระหว่างกระบวนการประกอบอาหารและภายหลังจากเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมเชื้อแบคทีเรีย Salmonella โดยการยับยั้งการเจริญเติบโตในระหว่างการเก็บอาหารโดยการเก็บรักษาอาหารไว้ในตู้เย็น ซึ่งตามหลักอาหารควรถูกทำให้เย็นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิน้อยกว่า 7 °C และนำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4 °C (Cliver, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เตาอบไมโครเวฟ

เตาอบไมโครเวฟเป็นเตาที่ใช้พลังงานจากคลื่นทำให้อาหารสุกโดยไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์เหมือนคลื่นวิทยุทั้งระบบ AM FM และ CM เช่นเดียวกับการทำงานของจอภาพโทรทัศน์ คลื่นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็ก ซึ่งจะถูกส่งผ่านตัวอาหาร และทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือน เกิดการเสียดสี เกิดความร้อนขึ้นในตัวของมันและสุกด้วยตัวมันเองโดยในขณะที่หุงต้มด้วยเตาไมโครเวฟ พลังคลื่นจะไม่รบกวนเครื่องรับใด

การทำงานของคลื่นไมโครเวฟ

1. **Reflection** หรือการสะท้อนกลับ เมื่อเตาโมโครเวฟทำงานจะส่งคลื่นออกมาที่ตัวอาหารถ้าภาชนะที่ใช้เป็นโลหะ จะเกิดการสะท้อนกลับเพราะไม่สามารถถูกดูดคลื่นเอาไว้ได้

2. **Transmission** หรือการส่งผ่าน อำนาจของคลื่นสามารถผ่านทะลุภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระดาษ และพลาสติกได้ เพราะฉะนั้นตัวพลาสติกจะไม่ร้อนนอกเสียจากตัวอาหารจะทำให้มันร้อนได้ เพราะตัวของมันเองไม่มีปฏิกิริยาที่สะท้อนกลับ และดูดซึมคลื่นเอาไว้ได้เลย ภาชนะชนิดนี้จึงใช้ได้ดีในเตาอบไมโครเวฟ

3. **Absorption** หรือการดูดซึม อาหารทุกอย่างจะประกอบไปด้วยน้ำและจะดูดเอาพลังคลื่นไมโครเวฟเอาไว้ พลังคลื่นไมโครเวฟจะทำให้อาหารสุกและดูดเอาน้ำในตัวอาหารไว้ด้วย การส่งคลื่น 2,450,000,000 ครั้งต่อวินาที

โครงสร้างภายในเตาไมโครเวฟประกอบไปด้วยส่วนสำคัญคือแมกนีตรอน (Magnetron) แอนเทนนา (Antenna) ท่อนำคลื่น (Waveguide) และใบพัด (Stirrer) การทำงานเริ่มจากเมื่อเตาอบไมโครเวฟรับพลังงานไฟฟ้าแล้ว พลังงานดังกล่าวจะไปกระตุ้นใน แมกนีตรอนผลิตคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวนำของคลื่นไมโครเวฟ และคลื่นไมโครเวฟนี้จะถูกส่งออกจากแอนเทนนาไปยังท่อนำคลื่นและจะเป็นตัวนำคลื่นไมโครเวฟไปยังใบพัด ที่ทำหน้าที่ส่งกระจายคลื่นไมโครเวฟไปทั่วห้องอบของเตา และเนื่องจากผนังของเตาอบไมโครเวฟทำจากโลหะจึงเกิดการสะท้อนกลับไปกลับมาในทิศทาง ต่าง ๆ กันตามที่ออกแบบไว้เพื่อให้การกระจายของคลื่นไมโครเวฟเป็นไปอย่างทั่วถึงทุกพื้นที่ในช่องอบอาหาร และในที่สุดคลื่นไมโครเวฟก็จะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารดูดซับไมโครเวฟเข้าไป จะทำให้อนุภาคบวกและลบในอาหารสั่นสะเทือนเป็นผลให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย โมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่เสียดสีกันทำให้เกิดความร้อนขึ้น อาหารจะสุกอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอาหารที่มีน้ำมากจะสุกและร้อนเร็วยิ่งขึ้น อาหารที่ทำให้สุกโดยวิธีนี้จะกินเวลารวดเร็วกว่าการใช้ความร้อนธรรมดา 10-20 เท่า ดังนั้นคุณค่าของอาหารจะคงอยู่ไม่สูญเสียไป โดยทั่วไปแล้วคลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านเข้าผิวอาหารลึกราว 1-2 นิ้ว ทั้งนี้ขึ้นกับความหนาแน่นของเนื้ออาหาร ส่วนที่ลึกกว่านี้เกิดความร้อนจากการนำความร้อนจากส่วนผิวเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟ

แม้ว่ามีภาชนะที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟโดยเฉพาะ แต่เราไม่จำเป็นต้องซื้อทั้งหมด เพราะภาชนะบางชนิดที่มีอยู่ก็ใช้ได้ เพียงแต่ทดสอบดูว่าภาชนะนั้น ๆ สามารถที่จะใช้กับเตาอบไมโครเวฟได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ และการใช้ภาชนะควรเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้

ขนาดและรูปร่างของภาชนะ

ถ้าภาชนะที่ใช้ลึกเกินไป จะใช้เวลานานในการทำให้อาหารตรงกลางสุกและอาหารที่อยู่ริมหรือขอบภาชนะจะสุกเกินไปหรือไหม้ได้ ถ้าภาชนะตื้นเกินไป อาหารจะสุกเร็ว แต่ริม ๆ จะไหม้ ดังนั้นการเลือกภาชนะจึงเป็นสิ่งสำคัญ สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้จะทำให้เข้าใจดีขึ้น

เครื่องแก้วที่ทนต่อความร้อนเหมาะที่จะใช้กับเตาอบไมโครเวฟ เช่น ไพเร็กซ์ คอร์นนิงแวร์ เครื่องเคลือบเซรามิค และเครื่องปั้นดินเผา เช่น แก้วตวง ถ้วยคัสตาร์ด จานพาย ซึ่งโดยมากจะเป็นผลิตภัณฑ์ของไพเร็กซ์หรือคอร์นนิ่งแวร์

ถ้วย จาน ที่เราใช้ประจำวันบางชนิดสามารถใช้กับเตาอบไมโครเวฟได้ (ประหยัด, 2534) แต่ต้องตรวจสอบดูก่อนโดยนำภาชนะที่ต้องการทดสอบใส่ในเตาอบไมโครเวฟ แล้วเปิดเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที ถ้าภาชนะนั้นร้อนแสดงว่าไม่ปลอดภัยสามารถใช้กับเตาอบไมโครเวฟได้ แต่เพื่อความแน่ใจควรตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบจาน (สุมาลี และวินัย, 2534)

โดยทั่วไปสามารถแบ่งภาชนะบรรจุอาหารนี้ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. Transmit ได้แก่ แก้ว พลาสติก และถุงกระดาษ กระเบื้อง เซรามิค ซึ่งเป็นพวกที่ยอมให้พลังงานผ่านได้ และให้ร้อนโดยตรงแก่อาหาร
2. Susceptor (โลหะเคลือบบนโพลีเอสเทอร์) สามารถเปลี่ยนพลังงานจากโมโครเวฟเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้อาหารกรอบและเป็นสีน้ำตาล
3. Reflect microwave ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ จะเห็นได้ว่าเมื่อ 5 ปีก่อน โลหะเป็นวัตถุต้องห้ามสำหรับเตาอบไมโครเวฟ เพราะเชื่อว่าโลหะจะสะท้อนคลื่นโมโครเวฟจนผิดคุณลักษณะที่ต้องการ โดยอาจไปบังทิศทางการสะท้อนคลื่นไมโครเวฟทำให้ไม่ถูกกับอาหารที่ต้องการปรุงทำให้อาหารไม่สุกและเกิดเป็นพิษได้ในภายหลัง ทั้งนี้เนื่องจากแมกนีตรอน ทำด้วยหลอดแก้ว และหลอดนี้จะเสียง่ายถ้ามีความร้อนสูงเกินไป ดังนั้นถ้าภาชนะบรรจุอาหารเป็นโลหะจะเกิดการ สะท้อนกลับ (Reflection) พลังงานความร้อนจะไปสะสมอยู่ที่แมกนีตรอนมากไป แต่ในปัจจุบันแมกนีตรอนทำด้วยเซรามิคและโลหะซึ่งถ้ามีการเปิดเครื่องของเตาอบไมโครเวฟทำงานติดต่อกันนานถึง 350 ชั่วโมง แมกนีตรอน จึงจะชำรุด ในกรณีนี้จึงสามารถใช้ภาชนะที่เป็นโลหะได้เพราะโอกาสที่จะใช้เวลานานติดต่อกันดังกล่าวมีน้อยมาก (สันติ, 2534)

รายละเอียดของภาชนะ

ภาชนะที่เหมาะสม คือ แก้ว กระเบื้อง พลาสติก และกระดาษ ถ้าเป็นอาหารที่มีไขมันสูงควรใช้ภาชนะที่เป็นแก้ว

อลูมินั่มฟอยล์ เป็นวัสดุโลหะที่ใช้ในเตาอบไมโครเวฟได้ โดยที่อลูมินั่มฟอยล์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติเหมือนโลหะชนิดอื่น คือกั้นคลื่นไมโครเวฟไม่ให้เข้าสู่อาหาร แต่ไม่ทำให้เกิดประกายไฟในเตาอบและไม่ทำลายหลอดแมกนีตรอน ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยอลูมินั่มฟอยล์ ช่วยทำให้อาหารสุกสม่ำเสมอ และยังปลอดภัย ไม่มีผลต่อคุณภาพของอาหาร สามารถลดขนาดหรือขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามต้องการ ไม่ละลายหรือเป็นเถ้าในเตาอบไมโครเวฟ เพราะสามารถทนความร้อนและความเย็นได้จากช่วง 100 °C - 400 °C

ฟิลม์พลาสติก นิยมใช้ปิดบนภาชนะเวลาหุงต้มอาหารบางชนิดที่ไม่ต้องการให้สูญเสียน้ำ เช่นการนึ่งผัก เป็นต้น

กระดาษทิชชู หรือกระดาษเช็ดหน้าหรือเช็ดมือ ก็นิยมใช้ปิดอาหารประเภทที่ต้องการให้สูญเสียน้ำเวลาทำความร้อน

ภาชนะพลาสติก ควรเลือกภาชนะที่ทำด้วยพลาสติกทนความร้อนและไขมัน เช่น โพลีเอธิลีนเทอเรพทาเลต พลาสติกลามิเนตที่ประกอบด้วยโพลีคาร์บอเนตกับโพลีอิเธอริมีน พลาสติกที่ทำด้วยเมทีลเมนทีนโคโพลีเมอร์ อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้ภาชนะพลาสติกที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 °C เพราะยังไม่มีการประเมินความปลอดภัยของการใช้อุณหภูมินี้ โดยเฉพาะภาชนะพลาสติกที่ทำด้วยที่ทำด้วยโพลีเอธีลีน ไม่ควรใช้กับเตาอบไมโครเวฟเลยเพราะไม่ทนความร้อนและไขมันและยังอาจทำให้เกิดความร้อนมากเกินไปที่ขอบหรือมุมทำให้อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ

ภาชนะแก้วเซรามิค เนื้อวัสดุละเอียดแน่น ไม่มีรูพรุน ทำความสะอาดง่าย ทนต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิกระทันหัน แต่กระจายความร้อนไม่สม่ำเสมอ ทำให้อาหารติดไหม้ได้ มีราคาแพง (วิสิฐ, 2534)

การอุ่นอาหารด้วยเตาไมโครเวฟมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ก่อนนำอาหารเข้าเตา ต้องจัดวางอาหารดังนี้ อาหารชิ้นโตหรือหนามากวางไว้ขอบริมด้านนอก ส่วนชิ้นเล็ก ๆ วางไว้ตรงกลาง เกลี่ยอาหารให้เสมอกันเพื่อช่วยให้ความร้อนกระจายทั่วถึงและรวดเร็ว

2. ปิดภาชนะด้วยกระดาษไข ฝาแก้ว หรือแผ่นพลาสติกทนความร้อน เพื่อช่วยรักษาความชุ่มชื้นของอาหารและเก็บความร้อนให้คงอยู่

3. อาหารที่เหลือค้างที่เก็บไว้ในตู้เย็น ควรปฏิบัติดังนี้

   3.1 เมื่อนำอาหารใส่ในเตาแล้วตั้งเวลาครึ่งเดียวก่อน

   3.2 นำอาหารออกมาคนให้เข้ากัน แล้วนำเข้าเตา โดยตั้งเวลาส่วนที่เหลือต่อ

4. เมื่อนำอาหารออกจากเตาแล้ว ไม่ควรเปิดฝาทันทีรอประมาณ 2 นาทีจึงเปิดฝาและเสริฟทันที

การให้ความร้อนในระบบไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหาร (วัชรินทร์, 2531)

ในปัจจุบันเตาอบระบบไมโครเวฟกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายในครัวเรือน เนื่องจากความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการให้ความร้อนกับอาหารที่เหนือกว่าระบบอื่น ๆ อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก นักวิจัยจากทั่วทุกมุมโลกต่างให้ความสนใจศึกษาค้นคว้า และพัฒนากรรมวิธีใหม่ ๆ ในการนำความร้อนจากไมโครเวฟมาใช้งานกับอาหาร

การให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้ระบบไมโครเวฟเริ่มเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1950 โดยประสบความสำเร็จในการอบแห้งชิ้นมันฝรั่ง (potato chips) หลังจากนั้นก็ได้มีการปรับปรุงการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีเพื่อนำไปใช้กับอาหารชนิดอื่น ๆ และใช้ในขบวนการอื่น ๆ ซึ่งได้สรุปรวบรวมกรรมวิธีและผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทของการใช้งานระบบไมโครเวฟกับอาหาร

กรรรมวิธี	ผลิตภัณฑ์
ละลายน้ำแข็ง (thawing tempering)	เนื้อสัตว์ ปลา หมู
ทำให้สุก (cooking)	เบคอน พายเนื้อ ไส้กรอก มันฝรั่ง ปลาซาร์ดีน ไก่
อบแห้ง (Drying)	พาสต้า (Pasta) หอมหัวใหญ่ ไข่แดง ของกินเล่น(Snack foods) สาหร่ายทะเล (Seaweed)
อบแห้งภายใต้ระบบสูญญากาศ (Vacumm Drying)	น้ำส้มคั้น เมล็ดพันธุ์พืช
อบแห้งภายใต้สภาพเยือกแข็ง (Freeze Drying)	เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้
ฆ่าเชื้อบางส่วน (Pasteurization)	ขนมปัง โยเกิต
ฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ (Sterilization)	อาหารบรรจุในซอง (Pouch-packed Foods)
อบ (Baking)	ขนมปัง โดนัท
คั่ว (Roasting)	ถั่ว โกโก้ กาแฟ
ลวก (Blanching)	ข้าวโพด มันฝรั่ง ผลไม้
เคี่ยว (Rendering)	มันหมู ไขมัน(tallow)

ที่มา : วัชรินทร์ (2531)

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของระบบไมโครเวฟที่เหนือกว่าระบบการให้ความร้อนแบบอื่น ๆ พอจะสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็ว ในระบบไมโครเวฟจะสามารถให้ความร้อนแก่อาหารได้เร็วกว่าระบบอื่นๆ มากโดยใช้เวลาเพียง 1 ใน 4 ของเวลาปกติหรือน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสม่ำเสมอของการให้ความร้อน ระบบไมโครเวฟจะทำให้เกิดความร้อนอย่างทั่วถึงในเนื้ออาหารมากกว่าวิธีอื่น และจะไม่ทำให้เกิดการไหม้ที่ผิว อย่างไรก็ตามอาจมีตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจทำให้เกิดการกระจายความร้อนในเนื้ออาหารไม่สม่ำเสมอ

3. คุณภาพของอาหาร โดยทั่วไปคุณภาพของอาหารที่ผ่านระบบไมโครเวฟจะดีกว่าการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่น เนื่องจากความสม่ำเสมอของการให้ความร้อน จะทำให้ไม่เกิดการแข็งตัวที่ผิว (case hardening) ตลอดจนลดการสูญเสียสารอาหารบางชนิดที่สามารถถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน

4. การให้ความร้อนเฉพาะจุด ความร้อนจากระบบไมโครเวฟจะเกิดต่อเมื่อมีการเข้าไปในเนื้ออาหาร ทำให้ไม่มีความร้อนสูญเสียไปในบรรยากาศ ยังผลให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบไมโครเวฟให้ความร้อนกับอาหารโดยการส่งถ่ายคลื่นสัญญาณที่มีความถี่สูงซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เมื่อกระทบกับอาหารและถ่ายพลังงานเข้าไป พลังงานนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยโมเลกุลของอาหาร (จากการ Dipolar rotation) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$PV = K f E^2 \varepsilon''$$

PV = พลังงานความร้อนที่เกิดในอาหาร
K = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วย
E = ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า
f = ค่าความถี่คลื่นของระบบไมโครเวฟ
ε'' = ค่า dielectric loss factor หรือสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนพลังงานจากความเข้มสนามไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน

นอกจากนี้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของอาหาร อาจคำนวณได้จากสูตร

$$\frac{K' f E^2 \varepsilon''}{\rho c}$$

ρ = ความหนาแน่นของอาหารต่อหน่วยปริมาณ
c = ค่าความร้อนจำเพาะของอาหาร
k' = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนแปลง

จะเห็นได้ว่าตัวแปรในสมการทั้งสองขึ้นอยู่กับระบบการส่งไมโครเวฟและคุณสมบัติของอาหารด้วยโดยค่าความถี่และความเข้มของสนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับระบบไมโครเวฟ แต่ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ε'') ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนจำเพาะขึ้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับชนิดของอาหาร นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารที่ได้จากระบบไมโครเวฟ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาก่อนที่จะสามารถผลิตอาหารให้ออกมาดีได้ คือ

ก. ค่าความถี่ ความถี่ที่ใช้ในระบบไมโครเวฟมีอยู่ 2 ความถี่คือ 915 และ 2,450 MHz ความถี่ที่ใช้จะมีผลต่อระดับความลึกในการเจาะเข้าในเนื้ออาหารของไมโครเวฟ เพื่อให้เกิดความร้อนอย่างทั่วถึง โดยปกติค่าความถี่ต่ำ (915 MHz) จะสามารถให้ความร้อนได้ลึกกว่า นอกจากนี้ค่าความถี่ยังมีผลต่อสัมประสิทธิของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอาหารแต่ละชนิด ซึ่งผลนี้จะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของอาหาร

ข. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า หรือกำลังไฟฟ้าของระบบไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในช่วง 5-100 กิโลวัตต์ ค่ากำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะช่วยเร่งการให้ความร้อนกับอาหาร ดังนั้นจึงนิยมปรับกำลังไฟฟ้าของระบบเพื่อควบคุมความเร็วในการทำให้อาหารร้อน อย่างไรก็ดีการเร่งความเร็วมากเกินไปอาจมีผลเสีย เช่น น้ำในอาหารไม่สามารถระบายออกด้วยการระเหยได้ทัน ทำให้เกิดการเสียหายต่อผลิตภัณฑ์

ค. ค่าความชื้นในอาหาร น้ำเป็นตัวแปรสำคัญในการดูดซึมพลังงานสูง ทำให้สามารถให้ความร้อนแก่อาหารได้

ง. ความหนาแน่นของอาหาร โดยปกติอากาศเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ดังนั้นอาหารที่โปร่งหรือพองซึ่งมีอากาศแทรกอยู่มาก จะทำให้ร้อนได้ช้า แต่สำหรับระบบไมโครเวฟอากาศไม่มีผลกระทบต่อการทำให้เนื้ออาหารร้อน ดังนั้นในการอบขนมปังด้วยไมโครเวฟจะกินเวลาเพียง 1 ใน 3 ของเวลาปกติหรือน้อยกว่า

จ. อุณหภูมิของอาหาร อุณหภูมิมีผลต่อระบบไมโครเวฟหลายกรณี ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิการเปลี่ยนพลังงานอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของอาหาร เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในระหว่างการทำให้อาหารร้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษาถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงนี้สำหรับอาหารชนิดต่าง ๆ

2. น้ำแข็งในอาหารแช่แข็ง มีผลอย่างมากในการเปลี่ยนพลังงานของน้ำเย็นกับน้ำแข็งแตกต่างกันมากถึงร้อยละ 200 เนื่องจากความโปร่งใสของน้ำแข็งทำให้การดูดซึมความร้อนไม่ดีพอ เพื่อง่ายต่อการควบคุมเราจึงนิยมละลายน้ำแข็งในอาหารแช่แข็งให้อุณหภูมิที่ได้ต่ำกว่าจุดหลอมละลาย (thawing point) เท่านั้น (เพื่อสะดวกต่อการจัดการอาหารนั้น ๆ ต่อไป)

3. อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารควรทราบหรือถูกกำหนดไว้ เพื่อง่ายต่อการปรับกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมสำหรับการระบุอุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการเมื่อเสร็จสิ้นขบวนการ

ฉ. รูปทรงของอาหาร ลักษณะรูปทรงของอาหารที่นำมาผ่านระบบไมโครเวฟ มีความสำคัญ ดังนี้

1. ขนาด ถ้าขนาดของชิ้นอาหารนั้นใหญ่มาก โดยเฉพาะความหนาจะทำให้คลื่นไมโครเวฟเข้าไปไม่ถึงจุดกึ่งกลาง ยังผลให้เกิดความร้อนไม่ทั่วทั้งชิ้น ถ้าความหนาของชิ้นใกล้เคียงกับความสามารถของคลื่นไมโครเวฟที่จะบรรลุถึงได้ จะทำให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางความหนาของชิ้นมีอุณหภูมิสูงที่สุด การเลือกขนาดความถี่ที่เหมาะสมจะช่วยได้โดย ถ้าเป็นอาหารที่มี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชิ้นหนาควรใช้ความถี่ 915 MHz กำลังไฟฟ้าของระบบก็มีส่วนช่วย แต่ถ้าเป็นไปได้ควรเลือกขนาดของอาหารที่เหมาะสมกับความถี่ที่ใช้

2. รูปร่าง อาหารที่มีรูปร่างขนาดกว้างยาวเท่ากันทั้งชิ้น จะถูกทำให้ร้อนได้สม่ำเสมอกว่า ควรหลีกเลี่ยงรูปร่างที่มีขอบแหลมหรือมีมุม ซึ่งจะไหม้ได้ อาหารทรงกลมจะดีกว่าทรงเหลี่ยม ในกรณีที่จำเป็น อาหารที่มีรูปร่างไม่เท่ากันทั้งชิ้น เช่น น่องไก่ อาจช่วยได้บ้างโดยการลดกำลังไฟฟ้าและยืดเวลาการอบออกไป

ช. ค่าการนำไฟฟ้า ในการเกิดความร้อนด้วยระบบไมโครเวฟ เชื่อกันว่าเกิดจาก การจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วบวกและขั้วลบ (Dipolar rotation) ของอณูในอาหาร ซึ่งสัมพันธ์กันกับค่าการนำไฟฟ้าของอาหารนั้น ดังนั้นถ้าเราเพิ่มการนำไฟฟ้า (เช่น เติมเกลือ) ให้กับอาหาร อาจช่วยเร่งการให้ความร้อนแก่อาหารนั้น ๆ ได้ แต่ก็อาจมีผลต่อความสามารถในการเจาะลึกเข้าในเนื้ออาหารของคลื่นไมโครเวฟ และทำให้การให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอได้

ซ. ค่าการนำความร้อน จะมีผลกับอาหารชิ้นใหญ่ โดยที่คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถเจาะลึกพอที่จะทำให้ถึงจุดกึ่งกลางของอาหารร้อนสม่ำเสมอได้ หรือเมื่องต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้อาหารร้อนนาน ในกรณีที่ใช้เวลาน้อย ค่าการนำความร้อนจะไม่ค่อยมีผลนัก

ญ. ค่าความร้อนจำเพาะ สำหรับกรณีที่อาหารนั้น ๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนพลังงานความร้อนต่ำ ค่าความร้อนจำเพาะจะมีส่วนช่วยให้การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นไปด้วยดี การควบคุมค่าความร้อนจำเพาะเป็นเทคนิคหนึ่งในการให้ความร้อนกับอาหารที่หลายองค์ประกอบ โดยจัดสัดส่วนขององค์ประกอบให้มีค่าความร้อนจำเพาะใกล้เคียงกัน

เนื่องจากตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนสำหรับอาหารต่างชนิด และบางตัวแปรมีรูปแบบความสัมพันธ์ต่อกันที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการพัฒนาระบบไมโครเวฟกับอาหารชนิดต่าง ๆ จึงต้องมีการค้นคว้าวิจัยอย่างมาก เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดี ปัจจุบันมีรายงานการวิจัยจากทั่วโลก เช่น บราซิล แคนาดา สาธารณรัฐประชาชนจีน อียิปต์ เยอรมัน อิสราเอล อิตาลี ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย สวีเดน สวิสเซอร์แลนด์ อเมริกา อังกฤษ และยูโกสลาเวีย จากรายงานปี 1985 พบว่ามีการจดทะเบียนในสหรัฐอเมริกากว่า 100 กรรมวิธี

แต่การนำระบบไมโครเวฟมาใช้จริงในอุตสาหกรรมอาหาร จะพบว่า ยังมีอัตราการเพิ่มที่น้อยมาก จะมีก็เพียงบางกรรมวิธีที่เป็นที่นิยม เช่นการละลายน้ำแข็งในเนื้อสัตว์ (tempering) การอบแห้งพาสต้า และการทำให้เบคอนสุก นอกจากปัญหาด้านราคาและตัวแปรเทคนิคต่างๆ แล้ว สาเหตุที่ระบบไมโครเวฟในอุตสาหกรรมยังไม่ประสบผลสำเร็จนัก อาจสืบเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่ 3 ประการ ดังนี้

1. สัญญาการสร้างระหว่างผู้ผลิตและระบบกับผู้ใช้ เนื่องจากการคิดค้นกรรมวิธีใหม่ที่มีความยากลำบาก ใช้เวลาและเงินทุนสูง เมื่อสำเร็จทั้งผู้ผลิตระบบและผู้ใช้ต่างก็อยากที่จะสงวนสิทธิ์ไว้เป็นเจ้าของตนเอง ผู้ใช้ไม่อยากให้นำระบบไปใช้กับที่อื่น ๆ ผู้สร้างก็อยากที่จะนำไปใช้สร้างให้กับผู้อื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องความเสี่ยง อัตราการลงทุนและอื่น ๆ ซึ่งต่างก็มีจุดยืนที่อยู่กันคนละด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96999

2. การขาดประสบการณ์ เนื่องจากเป็นเทคนิคใหม่ ในการออกข้อกำหนดสำหรับการสร้างอาจไม่รัดกุมเพียงพอ ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ดี ผู้สร้างอาจทราบแต่ไม่ต้องการเพิ่มเติมเข้าไป เนื่องจากต้องแข่งขันประมูลกับผู้สร้างรายอื่น นอกจากนี้การออกแบบของวิศวกรไมโครเวฟอาจไม่เหมาะสมที่จำนำมาใช้กับอาหารเหมือนเช่นที่วิศวกรออกแบบ

3. การผลิต อาจประสบปัญหาที่ไม่คาดคิด ผู้ทำงานกับเครื่องไม่มีความรู้เพียงพอถึงการทำงานและการซ่อมบำรุงรักษา ทำให้ไม่สามารถใช้ระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรที่ผู้สร้างจะต้องให้การอบรมที่ดี มีบริการหลังการขาย และให้รายการอะไหล่ที่จำเป็นสำรองไว้อย่างน้อย 1 ปี

ประโยชน์ของไมโครเวฟ

เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ ทำให้เกิดความร้อนได้มากในเวลารวดเร็ว โดยอาศัยความชื้นเป็นสื่อ โดยทั่วไป คลื่นไมโครเวฟสามารถทำลายเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ภายใน 1 นาที ยกเว้นสปอร์ของแบคทีเรียต้องใช้เวลานานถึง 5 นาที สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากไมโครเวฟ มีดังนี้

1. ใช้ประกอบอาหารในครัวเรือน ความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟ ทำให้อาหารสุกเร็วโดยคุณค่าไม่แตกต่างจากอาหารที่ทำให้สุกโดยวิธีอื่น ๆ
2. เป็นวิธีการที่สะดวกในการอุ่นอาหารที่เหลือจากมื้อก่อน ๆ หรือก่อนรับประทาน
3. ไม่ก่อให้เกิดความร้อนสูงรอบบริเวณที่หุงต้มเหมือนวิธีอื่น เช่น เตาแก๊ส เตาถ่าน เตาอบ
4. ในทางจุลชีววิทยา ใช้ความร้อนที่ได้จากคลื่นไมโครเวฟทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ปนเปื้อน(Contaminated media) และหลอดทดลองที่ใช้แล้วปลอดเชื้อ แต่ไม่แนะนำให้ใช้ในการทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมขึ้นใหม่ปลอดเชื้อ เพราะในเตาไมโครเวฟไม่มีที่ลดความดัน อาหารเลี้ยงเชื้อจะเดือดล้นภาชนะที่ใส่ได้ ไม่นิยมทำให้ของที่ต้องห่อผ้าหรือกระดาษปลอดเชื้อโดยวิธีนี้ เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจากคลื่นไมโครเวฟอาจทำให้มีการติดไฟลุกไหม้ได้ นอกจากนี้ยังใช้ทำให้ภาชนะพลาสติกที่ใช้แล้วแล้วในงานเลี้ยงเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีก 3-4 ครั้ง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ได้ผล รวดเร็ว ประหยัดและสะดวก

ข้อควรระวัง ในการใช้คลื่นไมโครเวฟ

1. ของที่จะทำให้ปลอดเชื้อต้องมีปริมาณพอเหมาะไม่มากเกินไป เพื่อให้ได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง และเมื่อทำให้ของชุดแรกปลอดเชื้อแล้ว ต้องรอให้ภายในเตาไมโครเวฟเย็นลงเสียก่อนที่จะบรรจุชุดใหม่เข้าไป เพื่อไม่ให้เตาร้อนจัดเกินไป
2. เวลาที่ใช้ในการทำให้ปลอดเชื้อต้องนานพอ โดยคำนึงถึงปริมาณและเชื้อที่ปนเปื้อนด้วย โดยทั่วไปใช้เวลา 10 นาที

2.4 ผลของไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร

ปัจจุบันไมโครเวฟถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม เนื่องจากประหยัดเวลาในการให้ความร้อนอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้ความร้อนโดยทั่วไป (Conventional Heating) ซึ่งทำให้เกิดความไม่แน่ใจต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในอาหารได้ Fung และ Cunningham (1980) รายงานว่าผลของไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์นั้นขึ้นกับปัจจัยภายใน (Intrinsic Factors) ซึ่งเป็นสภาวะภายในอาหารอันได้แก่ พีเอช, ปริมาณความชื้น, ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์, สารอาหาร, สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ , โครงสร้างทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร, ขนาดและรูปร่างของชิ้นอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยภายนอก(Extrinsic Factors) ซึ่งหมายถึงสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้นอากาศ, ก๊าซในบรรยากาศ, ความถี่และระดับความเข้มของคลื่นไมโครเวฟ, เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน, ตำแหน่งของอาหารภายในเตา เป็นต้น และขึ้นกับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของจุลินทรีย์, สภาวะการเจริญเติบโต, ช่วงของการเจริญเติบโต,ปริมาณความชื้นภายในเซล ตลอดจนชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการอยู่รอดของเชื้อในระหว่างการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ

กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์โดยไมโครเวฟ

การยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารโดยการใช้ไมโครเวฟนั้นเป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาหาร (Thermal Effect) เช่นเดียวกับการให้ความร้อนโดยวิธีทั่วไป ซึ่งผลที่เกิดขึ้นต่อจุลินทรีย์คือ การทำให้โปรตีนและกรดนิวคลีอิคเสียสภาพ (Protien and nucleic acid Denaturation) ซึ่งมีงานวิจัยที่ยืนยันข้อสรุปดังกล่าวนี้โดย Caroll และ Lopez (1967)ได้ศึกษาการทำลาย *Escherichia coli* โดยใช้คลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 MHz ซึ่งพบว่าการเติมน้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิของอาหารลงในขณะที่ให้ความร้อน เป็นผลให้ไม่เกิดการลดลงของเชื้อดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลายเซลและสปอร์ของแบคทีเรียในสภาวะที่มีความชื้นต่ำมาก เช่น ในดินแห้งๆ โดย Mudgett (1986) พบว่าไม่สามารถทำลายเซลและสปอร์เหล่านั้นได้ ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าผลของไมโครเวฟที่มีต่อจุลินทรีย์นั้นคือความร้อนที่เกิดขึ้นในอาหารเพียงอย่างเดียวเท่านั้นและไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นที่นอกเหนือจากความร้อน แต่ก็มีนักวิจัยบางกลุ่มเสนอว่าการทำลายจุลินทรีย์โดยไมโครเวฟนั้นเป็นผลจากปัจจัยอื่นนอกเหนือจากความร้อน (Athermal Effect) เช่นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเจริญเติบโต (Growth Pattern) ของ *Escherichia coli* หลังจากผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟโดย Culkin และ Fung (1975) หรืองานวิจัยของ Amannur (1979)ซึ่งศึกษาการทำลาย *Staphylococcus aureus* และสปอร์ของ *Bacillus stearothermophilus* พบว่าเมื่อผ่านคลื่นไมโครเวฟลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเซลหรือสปอร์ของเชื้อดังกล่าวอยู่ เซลหรือสปอร์ที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าภายในเซลสูง (High Intracellular Conductivity) จะดูดซึมคลื่นไมโครเวฟเป็นผลให้อุณหภูมิภายในเซล (Microenvironment Temperature) สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิในช่วง "sublethal" จึงทำให้เซลตายในที่สุด ซึ่งที่อุณหภูมินี้จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอาหาร (Macroenvironment Temperature) แต่เป็นการยากในการที่จะพิสูจน์เหตุผลดังกล่าวได้เนื่องจากไม่สามารถวัดอุณหภูมิภายในเซลของจุลินทรีย์ได้ Fung และ Cunningham (1980) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสปอร์ของเชื้อรา หลังจากให้ความร้อนโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเวฟนาน 1-2 นาที โดยเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนโดยอุ่นใน water-bath ซึ่งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติใดๆ ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นการศึกษาถึงผลการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับความร้อน นอกจากนี้ยังมีข้อสงสัยว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยากับองค์ประกอบในอาหารซึ่งอาจทำให้เกิดเป็นสารพิษซึ่งมีผลในการทำลายจุลินทรีย์ได้หรือไม่ แต่เนื่องจากค่าพลังงานควันตัมของคลื่นไมโครเวฟนั้นมีขนาด (Magnetude) ที่ต่ำมากจนไม่สามารถที่จะทำลายพันธะทางเคมีของอาหารได้ (Institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety and Nutrition, 1989) ดังนั้นความเป็นไปได้ในการก่อให้เกิดสารพิษจึงมีน้อยมาก

อย่างไรก็ตาม Fung และ Cunningham (1980) ได้สรุปความสัมพันธ์ของผลกระทบอันเกิดจากคลื่นไมโครเวฟและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ไว้ดังนี้

1. การให้ความร้อนแก่อาหารโดยใช้ไมโครเวฟนั้นจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อย ขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร (Food Dependent) เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำภายในอาหารนั่นเอง
2. ในกรณีของอาหารสำเร็จรูปที่ต้องนำมาอุ่นด้วยไมโครเวฟก่อนรับประทาน ซึ่งผู้ผลิตได้ระบุเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนไว้ที่ฉลากนั้น อาจยังไม่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ในปริมาณสูงๆที่อาจปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ดังนั้นผู้บริโภคจำเป็นต้องระมัดระวังและใช้เวลาในการอุ่นอาหารให้นานขึ้น
3. การใช้ไมโครเวฟร่วมกับการให้ความร้อนโดยวิธีการอื่นๆ จะช่วยให้อาหารได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงมากกว่าการใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นในอาหารที่ได้รับคลื่นไมโครเวฟนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก เป็นผลให้จุลินทรียได้รับความร้อนในอุณหภูมิช่วง "Lethal" ในเวลาที่สั้นเกินไป ทำให้จุลินทรีย์สามารถรอดชีวิตอยู่ได้
4. เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณและขนาดของชิ้นอาหารเช่นเดียวกับการให้ความร้อนโดยวิธีการทั่วไป นอกจากนี้ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟก็มีผลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเช่นกัน โดยที่ความถี่ 915 MHz จะมีความสามารถในการทะลุทะลวง (Penetration) ในชิ้นอาหารมากกว่าที่ความถี่ 2450 MHz จึงทำให้ที่จุดกึ่งกลางของอาหารได้รับความร้อนทั่วถึง ในขณะที่ความถี่ดังกล่าวนี้สามารถถูกดูดซึม (Absorption) ที่ผิวหน้าอาหารได้น้อยกว่าที่ความถี่ 2450 MHz
5. ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลายแบคทีเรียนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นกับสปีชีส์ของแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียต่างสปีชีส์กันจะมีความสามารถในการอยู่รอด (Survival Ability) ที่แตกต่างกันไป ส่วนสปอร์จะมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่าเซล ดังนั้นในการศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการฆ่าเชื้อจึงจำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนั้นๆด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อสงสัยเกี่ยวกับผลของไมโครเวฟที่มีต่อจุลินทรีย์ระหว่างผลกระทบที่เกิดจากความร้อน (Thermal Effect) และผลกระทบที่ไม่เกี่ยวข้องกับความร้อน (Athermal Effect) ยังคงไม่กระจ่างชัดเนื่องจากยังไม่ปรากฏหลักฐานยืนยันที่แน่ชัดในกรณีของผลกระทบในประการหลัง

อย่างไรก็ตาม เตาไมโครเวฟสำหรับใช้ในครัวเรือนนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์อยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนโดยวิธีการทั่วไป (conventional Heating) (Crespo และ Okerman, 1977 ; Harrison , 1980 ; Fruin และ Guthertz, 1982) ตัวอย่างเช่น ในเนื้อที่มีการปนเปื้อน *Salmonella softenberg* 10^6 เซลต่อกรัมอาหาร เมื่อให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 120 วินาที สามารถลดจำนวนเซลลงเหลือ 10^0 เซลต่อกรัมอาหาร โดยที่อาหารมีอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 95 °C (Fruin และ Guthertz, 1982) หรือในการศึกษาการรอดชีวิตของเซลของ *Clostridium perfringens* ในเนื้อไก่ที่มีจำนวนเชื้อเริ่มต้น $3*10^5$ เซลต่อกรัม พบว่าถูกทำลายจนหมดที่อุณหภูมิ 70 °C ภายใน 90 วินาที (Craven และ Lillard, 1974) นอกจากนี้ยังพบว่ายีสต์และรามีความ ต้านทานต่อความร้อนเนื่องจากการดูดซึมคลื่นไมโครเวฟในอาหารได้ต่ำกว่าแบคทีเรีย (Rosenberg และ Bogl, 1987) อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนโดยวิธีการทั่วไปจะให้ผลในการทำลายเชื้อได้ดีกว่าโดยมีความแตกต่างของจำนวนเซลที่รอดชีวิตอยู่ระหว่าง 1-2 log cycle เมื่อทำการเปรียบเทียบที่สภาวะเดียวกันและอุณหภูมิสุดท้ายของอาหารมีค่าเท่ากัน (Crespo และ Okerman, 1977 ; Rosenberg และ Bogl, 1987) เช่นในงานวิจัยของ Fruin และ Guthertz (1982) พบว่าการใช้ไมโครเวฟสามารถลดจำนวน *Escherichia coli* ในสเต็กเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกและเก็บในสภาวะแช่เย็นจาก 10^4 เซลต่อกรัมลงเหลือ 10^2 เซลต่อกรัม ในขณะที่การอุ่นใน water bath สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวได้ทั้งหมด เนื่องจากการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟมีการกระจายความร้อนภายในอาหารไม่สม่ำเสมอ (Nonuniform) ทำให้ประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ลดลงในจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ (Cold Spots) นอกจากนี้ Craven และ Lillard (1974) รายงานว่าการใช้ไมโครเวฟเพื่ออุ่นอาหารที่ผ่านการปรุงสุกและเก็บในสภาวะแช่เย็นนั้น สามารถกระตุ้นให้สปอร์เกิดการงอก (Germination) หรือเพิ่มจำนวนหลังจากผ่านการให้ความร้อนแล้ว อย่างไรก็ตามการใช้ไมโครเวฟร่วมกับการให้ความร้อนโดยวิธีการอื่น ๆ เช่น เตาอบไฟฟ้า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสมและอุณหภูมิของอาหาร

พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำลาย *Salmonella* spp. โดยไมโครเวฟ

Heddleson , Doores และ Anantheswaran (1994) ได้ทำการศึกษาถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำลาย *Salmonella* spp. ในน้ำนมโดยไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างผลการทำลายเชื้อดังกล่าวนี้และปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ เวลาในการให้ความร้อน อุณหภูมิ ระดับพลังงาน ระยะเวลาหลังจากการให้ความร้อน (Post-heating Holding Time) ปริมาณของเหลว ตลอดจนรูปร่างและการปิดเปิดภาชนะบรรจุ ซึ่งได้ข้อสรุปในแต่ละปัจจัยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

🕮 เวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร

เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนมที่เวลาต่างๆกัน และทำการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยสุดท้ายของของเหลว (Mixed Mean Final Temperature) พบว่าเวลาและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (Linear Relationship) ดังแสดงในภาพที่ 2 และที่เวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นมีผลต่อการทำลาย *Salmonella* spp. ได้มากขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3 นอกจากนี้เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนมจนมีอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 57 °C และ 60 °C จะสามารถทำลายเชื้อได้ร้อยละ 85 และ95 ของปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^6 เซลต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

🕮 ระดับพลังงานของเตาไมโครเวฟ

เมื่อน้ำนมถูกให้ความร้อนเป็นเวลา 47 วินาทีที่ระดับพลังงานสูง(High) ปานกลาง (Medium) และต่ำ (Low) จะได้ว่าร้อยละของการทำลายเชื้อเป็น 93.4, 11.5 และ 8.3 ตามลำดับ โดยที่น้ำนมมีอุณหภูมิเป็น 63, 44 และ 36 °C ดังนั้นที่ระดับพลังงานสูงขึ้นจะมีผลในการทำลายเชื้อได้มากขึ้นเมื่อใช้เวลาให้ความร้อนเท่ากัน เนื่องจากน้ำนมสามารถดูดซึมคลื่นไมโครเวฟได้มากกว่าที่ระดับพลังงานสูงขึ้นจึงมีอุณหภูมิสูงกว่า และการให้ความร้อนแก่น้ำนมจนมีอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 60 °C ที่ระดับพลังงานต่างกัน พบว่าการใช้ระดับพลังงานสูงกว่าจะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อได้มากกว่าเช่นกัน ทั้งนี้เป็นผลจากจำนวนรอบของ แมกนีตรอน (Magnetron Cycling) ที่มากขึ้นจะสามารถทะลุทะลวงผ่านอาหารได้ลึกกว่านั่นเอง

🕮 ระยะเวลาหลังจากการให้ความร้อน

จากการทดลองโดยให้ความร้อนจนน้ำนมมีอุณหภูมิสุดท้าย 55 °C และทำการหาปริมาณ *Salmonella* spp. ที่รอดชีวิตเมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาหลังจากการให้ความร้อนเป็น 1.5 นาทีขึ้นไปจะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น แต่หลังจาก 4 นาทีเป็นต้นไปจะไม่เกิดการทำลาย *Salmonella* spp. ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอีกต่อไป ซึ่งในระหว่างการตั้งทิ้งไว้หลังจากให้ความร้อนแล้วนั้น มีการถ่ายเทความร้อนภายในอาหารทำให้เกิดสมดุลของการกระจายความร้อนไปยังจุดต่างๆของอาหาร (Equilibrate) เป็นผลให้ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อสูงขึ้น

🕮 รูปร่างของภาชนะบรรจุและปริมาณอาหาร

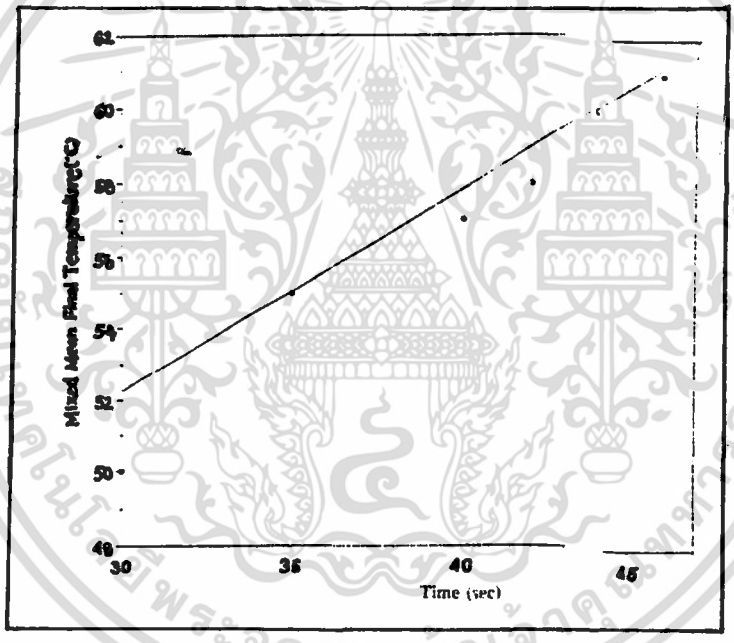
เมื่อเปรียบเทียบการใช้ภาชนะบรรจุทรงกลมและทรงเหลี่ยมที่มีความจุ 200 มิลลิลิตร และให้ความร้อนแก่น้ำนมจนมีอุณหภูมิสุดท้าย 60 °C พบว่าน้ำนมที่บรรจุในภาชนะดังกล่าวต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนนาน 75 และ 61 วินาทีตามลำดับและให้ผลการทำลายเชื้อซึ่งคิดเป็นร้อยละดังนี้คือ 94$\pm$3.8 และ 97$\pm$4.5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเปรียบเทียบผลการทำลาย *Salmonella* spp. ในน้ำนมที่มีปริมาตร 200 และ 400 มิลลิลิตร และให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 60 °C พบว่าต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนนาน 75 และ 136 วินาทีตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทำลายเชื้อซึ่งคิดเป็นร้อยละคือ 93.7$\pm$2.3 และ 90.0$\pm$1.6 ตามลำดับโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารูปร่างของภาชนะบรรจุและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอาหารไม่มีผลต่อการฆ่าเชื้อโดยใช้ไมโครเวฟ ซึ่งประสิทธิภาพของการทำลายเชื้อจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับเวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร

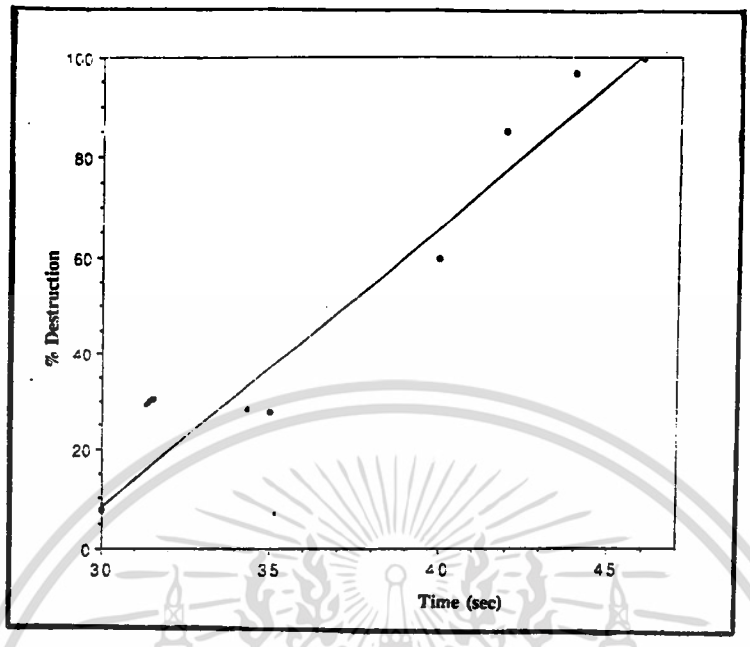
🕮 ผลจากการปิดภาชนะบรรจุอาหาร

การปิดฝาภาชนะบรรจุจะมีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำนม ซึ่งจากการทดลองพบว่าเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลาเท่ากันและทำการวัดอุณหภูมิที่ระยะห่างจากผิวหน้าของของเหลวเท่ากัน น้ำนมในภาชนะที่ปิดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในภาชนะเปิด แต่น้ำนมที่บริเวณก้นของภาชนะทั้ง 2 สภาวะนั้นมีอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน และเมื่อเพิ่มระยะเวลาหลังจากให้ความร้อนแล้ว พบว่าในภาชนะปิดจะมีการกระจายของความร้อนภายในอาหารอย่างสม่ำเสมอมากกว่าในภาชนะเปิด เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหน้าของอาหารและบรรยากาศภายนอกต่ำกว่าดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อสูงกว่านั่นเอง



ภาพที่ 2 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของของเหลว
ที่มา : Heddleson , Doores และ Anantheswaran (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการให้ความร้อนและเปอร์เซ็นต์การทำลาย *Salmonella* spp.

ที่มา : Heddleson , Doores และ Anantheswaran (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 : อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

❶ อุปกรณ์ในการทดลอง

1.1. อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1.1.1. Trypticase Soy Broth (TSB)

1.1.2. Plate Count Agar (PCA)

1.1.3. NaCl 0.85 % (Diluent)

1.1.4. Salmonella- Shigella Agar (SS Agar)

1.1.5. Triple Sugar Iron Agar (TSI)

1.1.6. Lysine Iron Agar (LIA)

1.2. อุปกรณ์

1.2.1. จานเพาะเชื้อ (Petri-dish)

1.2.2. ไมโครปิเปตปริมาตร 0.1 - 1 มิลลิลิตร (Micropipette 100-1000 µl)

1.2.3. หลอดทดลอง (Test Tube)

1.2.4. ฟลาสก์ (Erlenmeyer Flask 250 ml)

1.2.5. ขวดสำหรับเจือจางตัวอย่าง (Dilution Bottle)

1.2.6. ห่วงเขี่ยเชื้อ (Loop)

1.2.7. เทอร์โมมิเตอร์

1.3. เครื่องมือ

1.3.1. Microwave *Turbora* Model No. TRX 2499 (2450 MHz:900 Watt)

1.3.2. Autoclave

1.3.3. Larmina Flow

1.3.4. Incubator (35-37 °C)

1.3.5. Hot Air Oven

1.3.6. Spectrophotometer

❷ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

2.1. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1. เชื้อบริสุทธิ์- *Salmonella weltevreden*

2.1.2. ภาชนะ - ชามเซรามิค

- ชามเซรามิค + ฝาปิด
- ชามเซรามิค + พลาสติคยืดรัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3. ตัวอย่างอาหาร 1) แกงส้ม (pH 3.1)
2) แกงจืด (pH 7.8)
3) แกงกะทิ (pH 8.0)
4) แกงป่า (pH 6.6)

2.1.4. ระยะเวลาที่อุ่นอาหารในไมโครเวฟ-0,30,60,90,120,150,180,210 และ 240 วินาที

2.2. ขั้นตอนการเตรียมสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ *Salmonella weltevreden*

2.2.1. การเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์ *S. weltevreden*

ใช้ปลายห่วงเขี่ยเชื้อแตะบนโคโลนีของ *S. weltevreden*
ลงใน TSB 10 ml บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 18-24 ชั่วโมง
⇩
ปิเปตเชื้อ 0.6 ml ลงใน TSB 100 ml บ่มที่ 35-37 °C นาน 18-24 ชั่วโมง
⇩
สารละลายเชื้อบริสุทธิ์ (Inoculum)

2.2.2. การตรวจนับจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์

สารละลายเชื้อบริสุทธิ์

⇙ ⇘

วัดค่า Optical Density (O.D.) ที่ความยาวคลื่น 540 nm. โดยใช้สารละลาย NaCl 0.85% เป็นสารละลายแบลงค์ (Blank Solution) ค่า O.D. ที่วัดได้ควรมีค่าประมาณ 0.85

เจือจางด้วย สารละลาย NaCl 0.85% จนมีระดับความเจือจาง 10^{-6} ,10^{-7},10^{-8}
⇩
ตรวจนับจำนวนเซลโดยวิธี Pour Plate
⇩
บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 48 ชั่วโมง
⇩
นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบน PCA

⇩

เชื้อบริสุทธิ์ซึ่งมีปริมาณเชื้อประมาณ 10^{8} เซลต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆ กัน

ชั่งตัวอย่างอาหาร 200 กรัมลงในภาชนะ

⇩

จัดสภาวะการปิดภาชนะตามที่กำหนด

⇩

นำไปอุ่นในไมโครเวฟภายในระยะเวลาที่กำหนด

⇩

วัดอุณหภูมิของอาหารทันที

2.4. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ *S.weltevreden* ในอาหาร

2.4.1. การเตรียมตัวอย่างและศึกษาผลของการทำลาย *S.weltevreden* ในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ

ชั่งตัวอย่างอาหาร 200 กรัมลงในถุงพลาสติค 2 ชั้น

⇩

ฆ่าเชื้อโดยนำเข้า Autoclave อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

⇩

ทิ้งไว้ให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 35-40 °C แล้วจึงเทลงในภาชนะ

⇩

ปิเปตสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ 2 มิลลิลิตรลงในตัวอย่างอาหาร ใช้แท่งแก้วปลอดเชื้อคนให้เข้ากัน (ตัวอย่างจะมีปริมาณเชื้อ *S. weltevreden* ประมาณ 10^6 เซลต่อกรัม)

⇩

ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

⇩

นำไปอุ่นในไมโครเวฟภายในระยะเวลาที่กำหนด ภายใต้สภาวะการเปิดฝา ปิดฝา และปิดพลาสติคยืดรัด

⇩

ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

⇩

นำไปตรวจหาปริมาณของ *S. weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหารนั้น โดยวิธีการ Pour Plate และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⇩

บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

⇩

นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น

⇩

เปรียบเทียบผลของการทำลาย *S. weltevreden* ในอาหาร
เมื่อใช้ระยะเวลาที่อุ่นและสภาวะการปิดภาชนะต่างๆกัน

2.4.2. การตรวจยืนยันโคโลนีของ *S. weltevreden* (Andrew และคณะ, 1992)

ใช้ปลายเข็มเขี่ยเชื้อแตะบนโคโลนีที่ขึ้นบน PCA
แล้ว Streak ลงบน SS Agar

⇩

บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

⇩

สังเกตลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับลักษณะโคโลนี
เฉพาะของ *Salmonella* ซึ่งไม่มีสีถึงสีชมพูอ่อน ใสหรือทึบแสง
โปร่งแสงหรือเป็นฝ้า อาจมีหรือไม่มีจุดดำตรงกลาง

⇩

ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อแตะบริเวณจุดศูนย์กลางของโคโลนีที่ขึ้นบน SS Agar
ขีดบน TSI Slant แล้วจึงแทงลงในวุ้นจนถึงก้นหลอด (Stab)

⇩

ปลูกเชื้อลงบน LIA โดยไม่ต้องเผาห่วงเขี่ยเชื้อ
โดยแทงลงในวุ้นจนถึงก้นหลอดก่อนแล้วจึงขีดบน Slant

⇙	⇘
บ่มหลอดทดสอบอาหาร TSI ที่ 35-37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	บ่มหลอดทดสอบอาหาร LIAที่ 35-37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
⇩	⇩
Slant เป็นสีแดงของอาหาร (ด่าง)	Slant เป็นสีแดงของอาหาร หรือสีม่วง
Stab เปลี่ยนเป็นสีเหลือง (กรด)	Stab เปลี่ยนเป็นสีม่วง (ด่าง)
อาจสร้างหรือไม่สร้าง H_2S ซึ่งให้สีดำ	อาจสร้างหรือไม่สร้าง H_2S ซึ่งให้สีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 : ผลการทดลองและวิจารณ์

❶ การตรวจนับจำนวนเซลของสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ *Salmonella weltevreden*

ทดลองเตรียมสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ 3 ครั้งและทำการตรวจนับตรวจนับจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร พบว่าปริมาณเชื้อเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 10^8-10^9 เซลต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อใส่เชื้อปริมาตร 2 มิลลิลิตรลงในตัวอย่างอาหาร 200 กรัม จะทำให้อาหารมีปริมาณเชื้อประมาณ 10^6 เซลต่อกรัมซึ่งเป็นระดับปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดอาการของโรคอาหารเป็นพิษ (Infection Dose)

ตารางที่ 2 : ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อเริ่มต้นของสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ *S. weltevreden*

ครั้งที่	ซ้ำที่	ระดับความเจือจาง			จำนวนเซล (cell/ml)	ค่าO.D. ที่ 540 nm.
		$1:10^6$	$1:10^7$	$1:10^8$		
1	1	>300	62	17	$9.3*10^8$	0.86
	2	>300	40	10		
2	1	>300	210	52	$4.3*10^9$	0.88
	2	>300	187	85		
3	1	>300	45	13	$1.03*10^9$	0.87
	2	285	53	26		

❷ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่าง ๆกันโดยไมโครเวฟ

ทำการวัดอุณหภูมิของตัวอย่างอาหาร 4 ชนิดคือ แกงส้ม แกงจืด แกงกะทิ และแกงป่า ภายใต้สภาวะเปิดฝา ปิดฝา และปิดพลาสติคยืดรัดที่เวลาในการให้ความร้อน 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วินาที พบว่าได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 และจากผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองดังกล่าว นำมาเขียนกราฟแสดงอุณหภูมิของอาหารแต่ละชนิดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกันเพื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในอาหารที่สภาวะการปิดภาชนะต่างๆกัน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1-4 พบว่าที่เวลาในการให้ความร้อนตั้งแต่ 0 ถึง 90 วินาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง แต่หลังจากที่เวลา 90 วินาทีเป็นต้นไป อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมีค่าลดลง เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำในอาหารมีอยู่จำกัด ดังนั้นจึงสามารถดูดซึมคลื่นไมโครเวฟได้สูงสุดที่ระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งแม้ว่าเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โมเลกุลของน้ำก็ไม่สามารถดูดซึมคลื่นได้สูงขึ้นกว่าเดิมมากนัก นอกจากนี้ เมื่อให้ความร้อนแก่อาหารเป็นเวลานานขึ้น พบว่าเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าอาหารมากขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำนี้ ส่งผลให้ลดประสิทธิภาพการดูดซึมคลื่นไมโครเวฟของอาหาร และปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปนั้น มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาวะของการปิดภาชนะบรรจุอาหาร จากการทดลอง พบว่าอาหารแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ในช่วง 27 ถึง 29 °C และอุณหภูมิสุดท้ายอยู่ระหว่าง 93.5 ถึง 97.5 °C เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอาหารแต่ละชนิดภายใต้สภาวะการเปิดฝา ปิดฝา และปิดพลาสติคยืดรัดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน พบว่าอาหารในสภาวะปิดมีการเพิ่มอุณหภูมิในอัตราที่เร็วกว่าในอาหารสภาวะเปิดฝา เนื่องจากสภาวะปิดสามารถลดการสูญเสียความร้อนซึ่งเป็นผลมาจากการระเหยของน้ำที่บริเวณผิวหน้าของอาหาร ในขณะที่อาหารที่สภาวะเปิดฝามีการระเหยน้ำออกจากอาหารมากขึ้นเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น ซึ่งการระเหยน้ำนี้เป็นกระบวนการดูดพลังงานจึงเป็นผลให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลง นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาหารเกิดจากการที่โมเลกุลของน้ำในอาหารดูดซึมคลื่นไมโครเวฟและเกิดการจัดเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบโดยการสลับขั้วบวกและลบไปในทิศทางเดียวกันเกิดแรงเสียดทานจึงทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในอาหาร ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำลดต่ำลง ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาหารที่สภาวะเปิดจึงมีน้อยกว่าที่สภาวะปิด และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารต่างชนิดกัน พบว่าแกงกะทิมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำกว่าแกงส้ม แกงจืด และแกงป่าเนื่องมาจากผลของปริมาณไขมันในแกงกะทิซึ่งเป็นฉนวนการกระจายความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าตัวอย่างอาหารอื่นๆที่เวลาในการให้ความร้อนเท่ากัน

❸ การศึกษาผลการทำลาย *S. weltevreden* ในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ

การตรวจนับจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร 4 ชนิด ภายใต้สภาวะการปิดภาชนะต่างๆกันหลังจากผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่เวลาต่างๆกัน พบว่าได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 นำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าล็อกการิทึมของจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ดังแสดงในตารางที่ 5 และสร้างแผนภูมิแท่งแสดง ค่าล็อกการิทึมของจำนวนเซลของ *S. weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารแต่ละชนิดเพื่อเปรียบเทียบผลการทำลายเชื้อดังกล่าวที่เวลาในการให้ความร้อนและสภาวะการปิดภาชนะต่างๆกันดังแสดงในแผนภูมิที่ 5-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเมื่อใส่เชื้อดังกล่าวลงในอาหารและทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เชื้อมีการปรับตัวในการเจริญในอาหารนั้นๆ แล้วจึงทำการตรวจนับจำนวนเซล พบว่าแกงจืดมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงสุด คือ $1.12*10^{7}$ เซลต่อกรัม รองลงมาคือแกงกะทิ แกงป่าและแกงส้ม ซึ่งมีปริมาณเชื้อ $8.7*10^{6}$, $5.3*10^{6}$ และ $4.3*10^{6}$ เซลต่อกรัมตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาวะของอาหารซึ่งมีผลต่อการเจริญของเชื้อ ในแกงส้มมีความเป็นกรดสูงคือมีค่า pH เท่ากับ 3.1 ซึ่ง pH ที่ *Salmonella* spp. สามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 4 ถึง 9 ดังนั้นเชื้อดังกล่าวจึงถูกยับยั้งที่ pH ของแกงส้ม และนอกจากนี้ยังมีผลเนื่องจากเครื่องเทศซึ่งทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญและเพิ่มจำนวนของเชื้อนี้เช่นเดียวกับในแกงป่าและแกงกะทิซึ่งมีส่วนผสมของเครื่องเทศรวมอยู่ด้วย ในขณะที่แกงจืดไม่มีผลของความเป็นกรดและเครื่องเทศจึงทำให้ตรวจพบการเจริญของเชื้อสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ หลังจากให้ความร้อนตัวอย่างอาหารโดยไมโครเวฟ พบว่าเมื่อเวลาที่ให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถลดจำนวนเชื้อลงได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้ความร้อนแก่อาหารทั้ง 4 ชนิดเป็นเวลา 120 วินาที พบว่าจำนวนเชื้อลดลงถึง 4 log cycle จากปริมาณเชื้อตั้งต้นประมาณ 10^{6} ถึง 10^{7} เซลต่อกรัมอาหาร และที่เวลา 180 วินาที สามารถลดปริมาณเชื้อลงได้ถึง 6 log cycle โดยที่ไม่พบเชื้อที่รอดชีวิตในแกงส้มและแกงป่าภายใต้สภาวะการปิดพลาสติคยืดรัด หลังจากให้ความร้อนแกงส้มและแกงป่าในสภาวะการเปิดและปิดฝาและแกงกะทิในสภาวะปิดฝาเป็นเวลา 210 วินาที พบว่าสามารถทำลายเชื้อได้ทั้งหมด ในขณะที่แกงจืดในทุกสภาวะการปิดภาชนะและแกงกะทิในสภาวะเปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัดต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนนาน 240 วินาทีจึงทำลายเชื้อได้ทั้งหมด และที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน พบว่าสภาวะการปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัด ให้ผลการทำลายเชื้อดีกว่าที่สภาวะเปิดฝาโดยให้ผลเช่นเดียวกันในทุกตัวอย่างอาหาร เนื่องจากที่สภาวะปิด อาหารมีอุณหภูมิสูงกว่าที่สภาวะเปิดจึงมีผลการทำลายเชื้อได้สูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบผลการทำลายเชื้อดังกล่าวระหว่างสภาวะการปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัด พบว่าในแกงส้มที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา30, 60 และ 90 วินาที ที่สภาวะปิดฝาให้ผลการทำลายเชื้อต่ำกว่าปิดพลาสติคยืดรัด แต่หลังจากให้ความร้อนเป็นเวลา 120 นาทีเป็นต้นไป สภาวะปิดฝามีผลต่อการทำลายเชื้อดีกว่าการปิดพลาสติคยืดรัด ส่วนในแกงจืดและแกงกะทิที่สภาวะปิดฝาให้ผลการทำลายเชื้อสูงกว่าการปิดพลาสติคยืดรัดในทุกช่วงเวลาของการให้ความร้อน ยกเว้นที่เวลา 30 วินาที ในขณะที่แกงป่าในสภาวะปิดฝาให้ผลการทำลายเชื้อสูงกว่าการปิด พลาสติคยืดรัดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว พบว่าไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดลงไปว่าที่สภาวะปิดฝาหรือปิดพลาสติคยืดรัดจะให้ผลการทำลายเชื้อได้ดีกว่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างอาหารชนิดเดียวในแต่ละสภาวะการทดลองมีความแตกต่างกันของความร้อนจำเพาะ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น ตลอดจนความสม่ำเสมอของขนาดและรูปร่างของชิ้นอาหาร ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อการกระจายความร้อนภายในอาหาร จึงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ และเมื่อทำการหาประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลายเชื้อดังกล่าวโดยคำนวณในรูปร้อยละของจำนวนเชื้อที่ลดลงเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆกัน ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

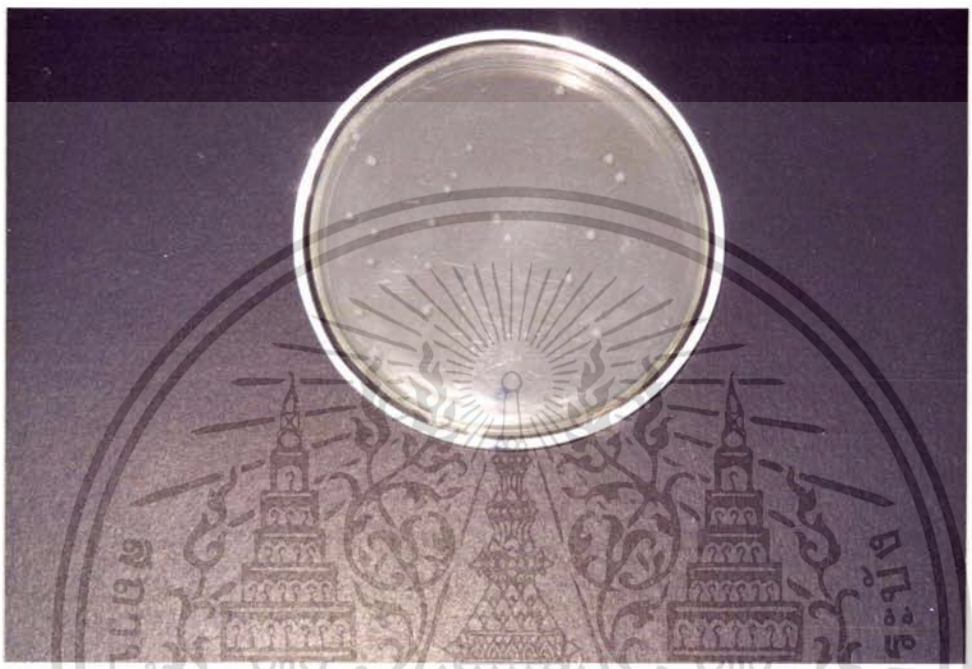
ตารางที่ 6 พบว่าในตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิดที่ผ่านการให้ ความร้อนเป็นเวลา 30 วินาที ซึ่งอาหารมีอุณหภูมิระหว่าง 48 ถึง 57 °C สามารถลดจำนวนเชื้อลงได้ตั้งแต่ร้อยละ 62.23 ถึง 77.46 ของจำนวนเชื้อเริ่มต้น และร้อยละของการลดลงของเชื้อดังกล่าวเพิ่มขึ้นมากกว่า 90 เมื่อให้ความร้อนแก่อาหารเป็นเวลา 60 วินาที โดยอาหารมีอุณหภูมิระหว่าง 67 ถึง77 °C ในขณะที่เวลาในการให้ความร้อน 120 วินาที สามารถทำลายเชื้อได้ร้อยละ 99.99 โดยประมาณ ซึ่งอาหารมีอุณหภูมิในช่วง 86 ถึง 92 °C และที่เวลา 150 วินาที มีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อคิดเป็นร้อยละ 99.999 โดยประมาณ โดยที่อุณหภูมิของอาหารเป็น 91 ถึง 94 °C ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแผนภูมิแสดงผลการทำลาย *S. weltevreden* ที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน พบว่าจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตภายหลังจากให้ความร้อนเป็นเวลา 120 และ 150 วินาที มีค่าแตกต่างกันประมาณ 1 log cycle คิดเป็นร้อยละ 0.01 โดยประมาณ แม้ว่าอาหารจะมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงอุณหภูมิที่ *Salmonella* spp. สามารถเจริญได้คือที่ 5 ถึง 47 °C แต่ไม่สามารถทำลายเชื้อได้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงระดับอุณหภูมิสุดท้ายของการให้ความร้อนเป็นไปในระยะเวลาที่สั้นมาก จึงทำให้เชื้อสามารถรอดชีวิตอยู่ได้ ในขณะที่เวลา 180 วินาทีเป็นต้นไป พบว่าประสิทธิภาพการทำลายเชื้อมีค่าเทียบเท่าร้อยละ 100 ในตัวอย่างอาหารคือ แกงส้มและแกงป่าที่สภาวะการปิดพลาสติคยืดรัด ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างอาหารนี้มีอุณหภูมิ 94.5 °C ที่เวลา 210 วินาทีสามรถลดจำนวนเชื้อในแกงส้ม แกงป่าที่สภาวะการเปิดและปิดฝา และแกงกะทิที่สภาวะการปิดฝาได้ทั้งหมด โดยที่อาหารมีอุณหภูมิดังนี้ คือ แกงส้ม 95 และ 97 °C ตามลำดับ แกงป่า 94 และ 94.5 °C ตามลำดับ และแกงกะทิ 94.5 °C และที่เวลา 240 วินาทีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อในแกงจืดที่ทุกสภาวะการปิดภาชนะ และแกงกะทิที่สภาวะเปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัดได้เทียบเท่าร้อยละ 100 ซึ่งอุณหภูมิของอาหารเป็นดังนี้ แกงจืด 95, 96 และ 97 °C ตามลำดับ และแกงกะทิ 93.5 และ 94.5 °C ตามลำดับ

❹ การตรวจยืนยันโคโลนีของ *S. weltevreden* ที่เจริญบน PCA

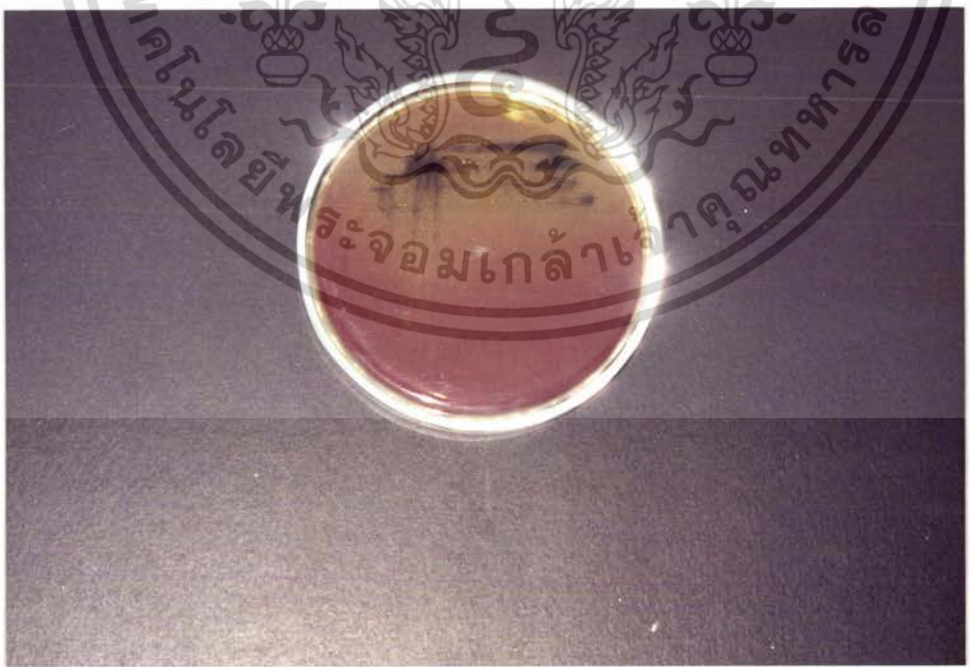
เมื่อเขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่เจริญบน PCA ซึ่งมีลักษณะกลม ขอบเรียบ สีขาวออกเหลือง ทึบแสง (ภาพที่ 4) โดยการลาก(Streak) ลงบน SS Agar หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าโคโลนีที่เกิดขึ้นมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีจุดดำตรงกลาง (ภาพที่ 5) จากนั้นจึงเขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่เจริญบน SS Agar และขีดบน TSI Slant แล้วจึงแทงลงในวุ้น (Stab) ปลูกเชื้อบน LIA Slant ต่อไปโดยไม่ต้องเผาห่วงเขี่ยเชื้อโดยแทงลงในวุ้น แล้วจึงขีดบน Slant เมื่อทำการบ่มหลอดทดสอบอาหาร TSI ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ารอยขีดบน Slant มีสีแดงซึ่งเป็นด่าง (Alkaline) และก้นหลอดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเนื่องจากความเป็นกรด (Acid) โดยที่รอยเจริญของเชื้อมีสีดำเนื่องจากมีการสร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ภาพที่ 6) สำหรับหลอดทดสอบอาหาร LIA ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ารอยขีดบน Slant และก้นหลอดเปลี่ยนเป็นสีม่วง อันเป็นผลมาจากคุณสมบัติในการสร้าง เอน ไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lysine Decarboxylase ซึ่งสามารถย่อยสลายหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนไลซีนในอาหาร LIA ทำให้เกิดสภาวะด่าง (Alkaline) (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 4 : ลักษณะโคโลนีที่เจริญบน PCA



ภาพที่ 5 : ลักษณะโคโลนีที่เจริญบน SS Agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 : ผลที่เกิดขึ้นในหลอดอาหาร TSI Slant

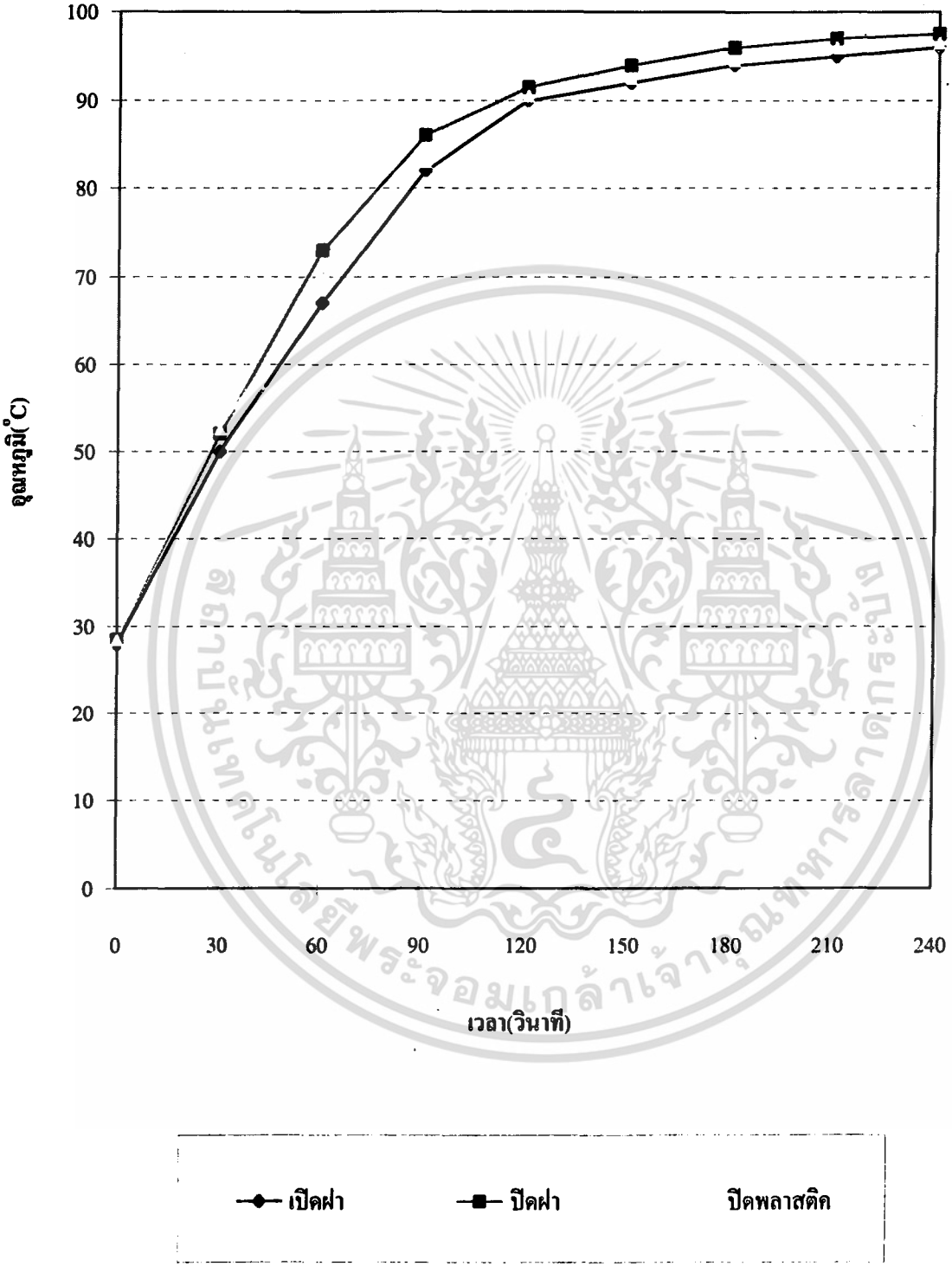
ภาพที่ 7: ผลที่เกิดขึ้นในหลอดอาหาร LIA Slant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 : อุณหภูมิของอาหาร 4 ชนิดเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่าง ๆกันโดยไมโครเวฟ

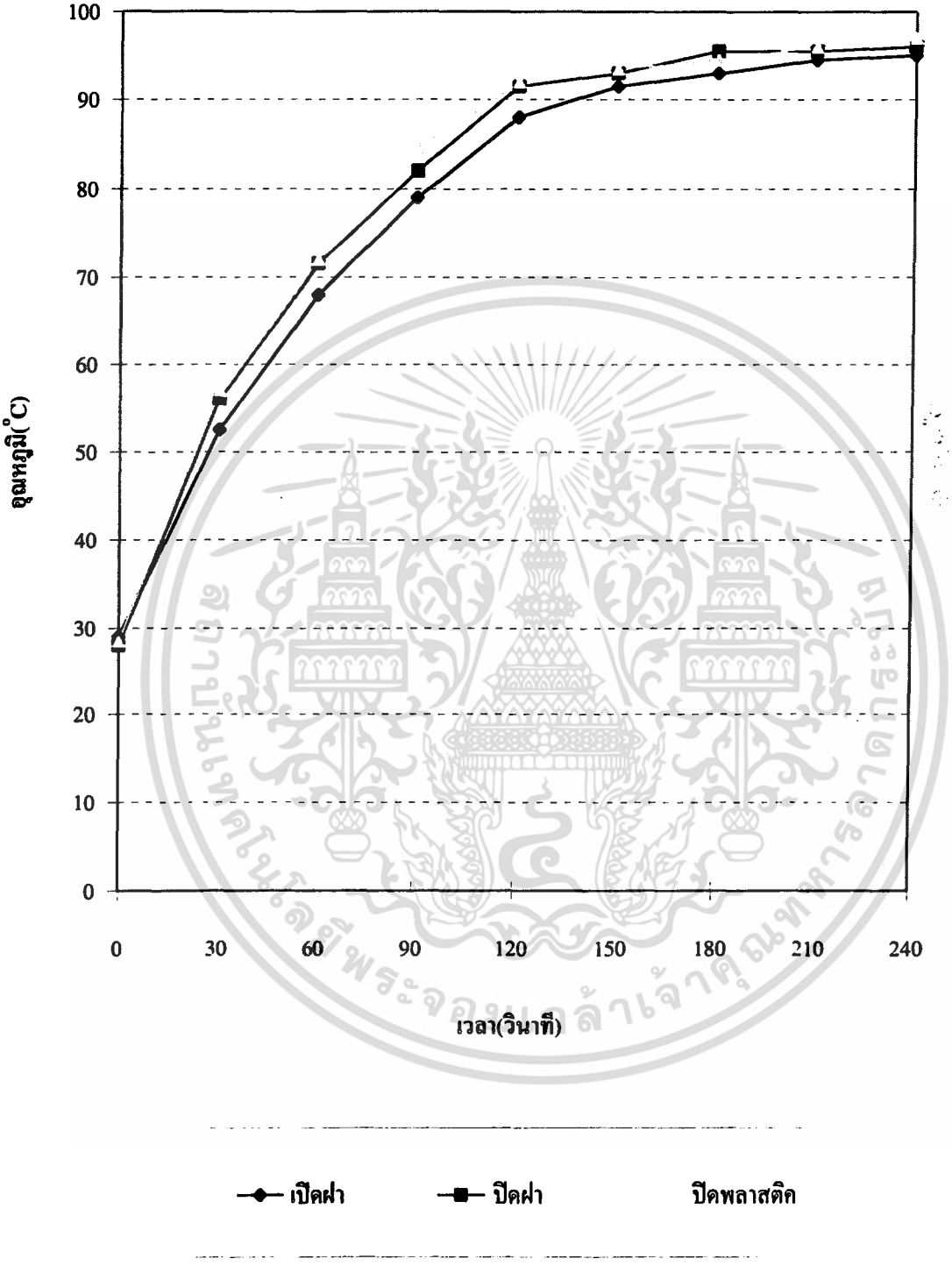
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)											
	แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
0	28	28.5	28.5	29	28	28.5	28	29	27.5	27	27.5	27
30	50	52	52.5	52.5	56	57	48	52	50	50	52	53
60	67	73	70.5	68	71.5	72	64	71	67.5	69	75	77
90	82	86	83	79	82	84.5	79	85	82	86.5	90	89.5
120	90	91.5	90.5	88	91.5	92	86	89	87.5	91	92	90
150	92	94	92.5	91.5	93	93.5	92	93.5	92	92	93.5	91
180	94	96	94.5	93	95.5	94.5	93	94	93.5	93.5	94	94.5
210	95	97	96	94.5	95.5	96	93.5	94.5	94	94	94.5	94.5
240	96	97.5	96.5	95	96	97	93.5	95.5	94.5	94.5	95.5	95

แผนภูมิที่ 1 : กราฟแสดงอุณหภูมิของแกงส้มที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน



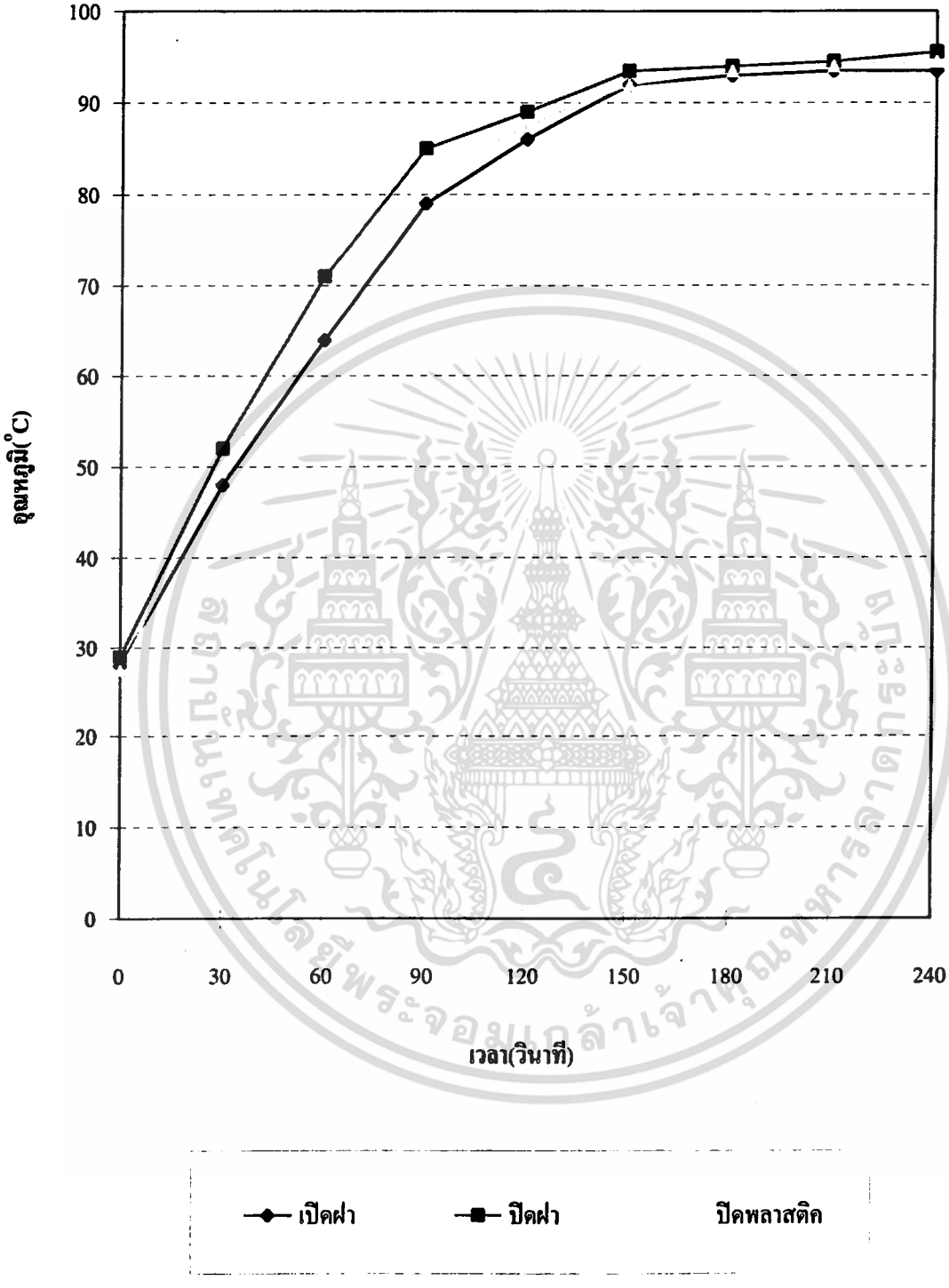
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 2 : กราฟแสดงอุณหภูมิของแกงจืดที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน



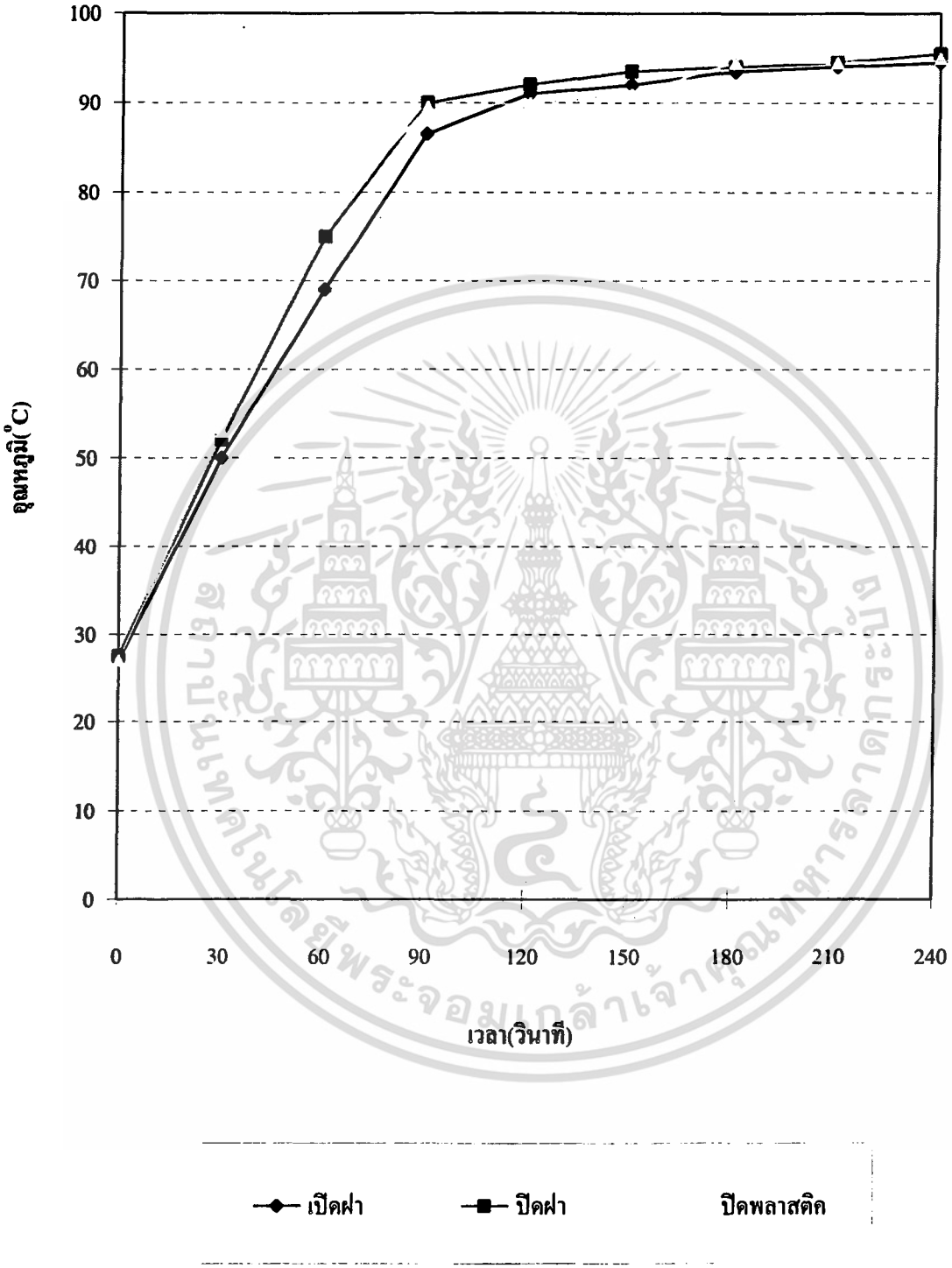
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 3: กราฟแสดงอุณหภูมิของแกงกะทิที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่4 : กราฟแสดงอุณหภูมิของแกงป่าที่เวลาในการให้ความร้อนต่างๆกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

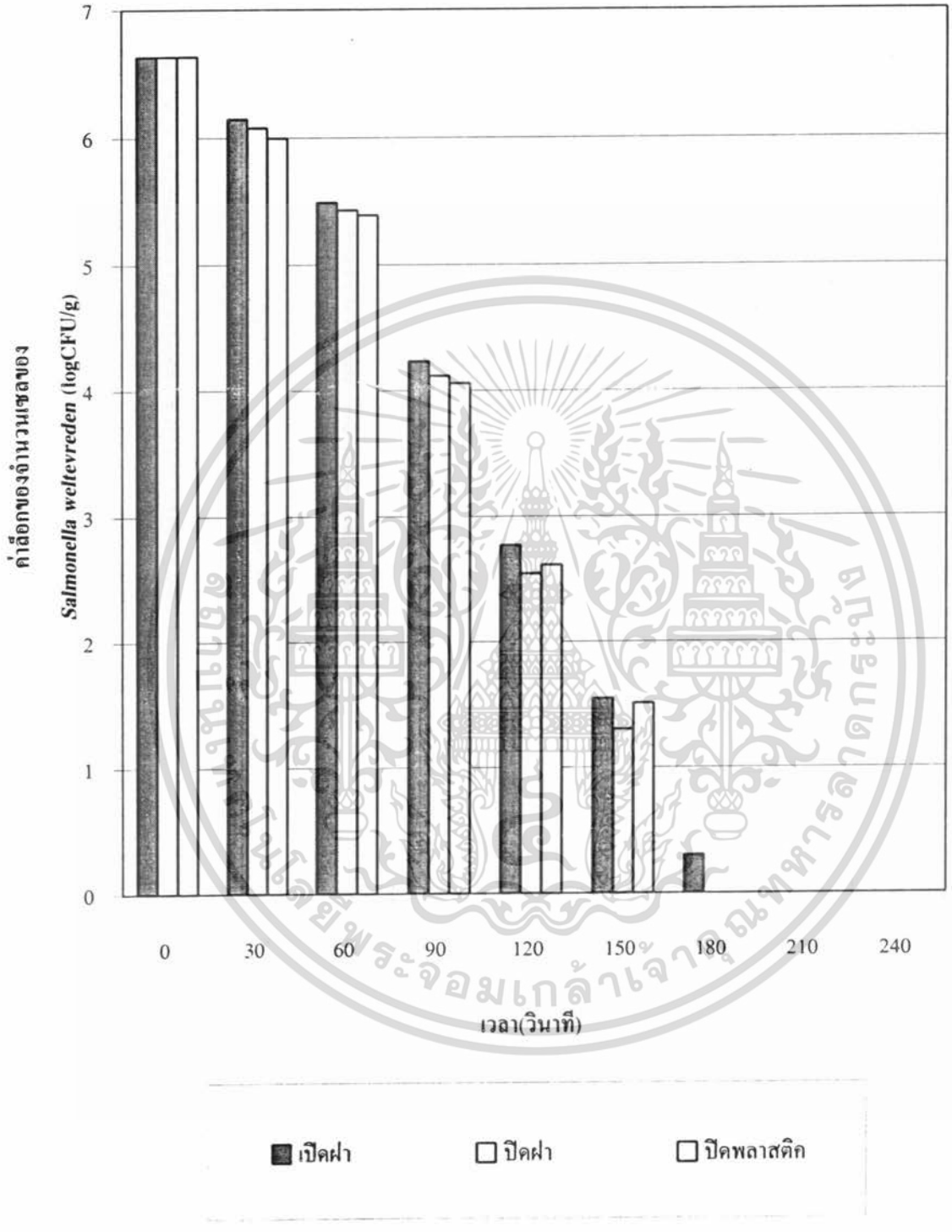
ตารางที่ 4 : จำนวนเซลของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหาร 4 ชนิดเมื่อผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่เวลาต่าง ๆกัน

เวลา (วินาที)	จำนวนเซลของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร (CFU/gm.)											
	แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
0	$4.3*10^{6}$	$4.3*10^{6}$	$4.3*10^{6}$	$1.12*10^{7}$	$1.12*10^{7}$	$1.12*10^{7}$	$8.7*10^{6}$	$8.7*10^{6}$	$8.7*10^{6}$	$5.3*10^{6}$	$5.3*10^{6}$	$5.3*10^{6}$
30	$1.4*10^{6}$	$1.2*10^{6}$	$9.9*10^{5}$	$5.66*10^{6}$	$4.23*10^{6}$	$3.61*10^{6}$	$2.62*10^{6}$	$2.8*10^{6}$	$2.15*10^{6}$	$1.86*10^{6}$	$1.33*10^{6}$	$1.54*10^{6}$
60	$3.1*10^{5}$	$2.7*10^{5}$	$2.47*10^{5}$	$7.3*10^{5}$	$6.25*10^{5}$	$6.82*10^{5}$	$4.91*10^{5}$	$4.54*10^{5}$	$3.81*10^{5}$	$3.33*10^{5}$	$1.73*10^{5}$	$2.2*10^{5}$
90	$1.7*10^{4}$	$1.3*10^{4}$	$1.14*10^{4}$	$2.5*10^{4}$	$1.92*10^{4}$	$2.21*10^{4}$	$2.32*10^{4}$	$1.27*10^{4}$	$1.55*10^{4}$	$1.68*10^{4}$	$1.23*10^{4}$	$1.41*10^{4}$
120	$5.9*10^{2}$	$3.5*10^{2}$	$4.1*10^{2}$	$1.38*10^{3}$	$9.9*10^{2}$	$7.2*10^{2}$	$7.6*10^{2}$	$3.9*10^{2}$	$4.6*10^{2}$	$3.2*10^{2}$	$2.1*10^{2}$	$3.0*10^{2}$
150	35	20	32	71	60	45	59	40	52	41	31	37
180	2	1	0	4	1	2	3	1	1	1	1	0
210	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5 : ค่าล็อกการิทึมของจำนวนเซลของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในอาหารเมื่อผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่เวลาต่าง ๆกัน

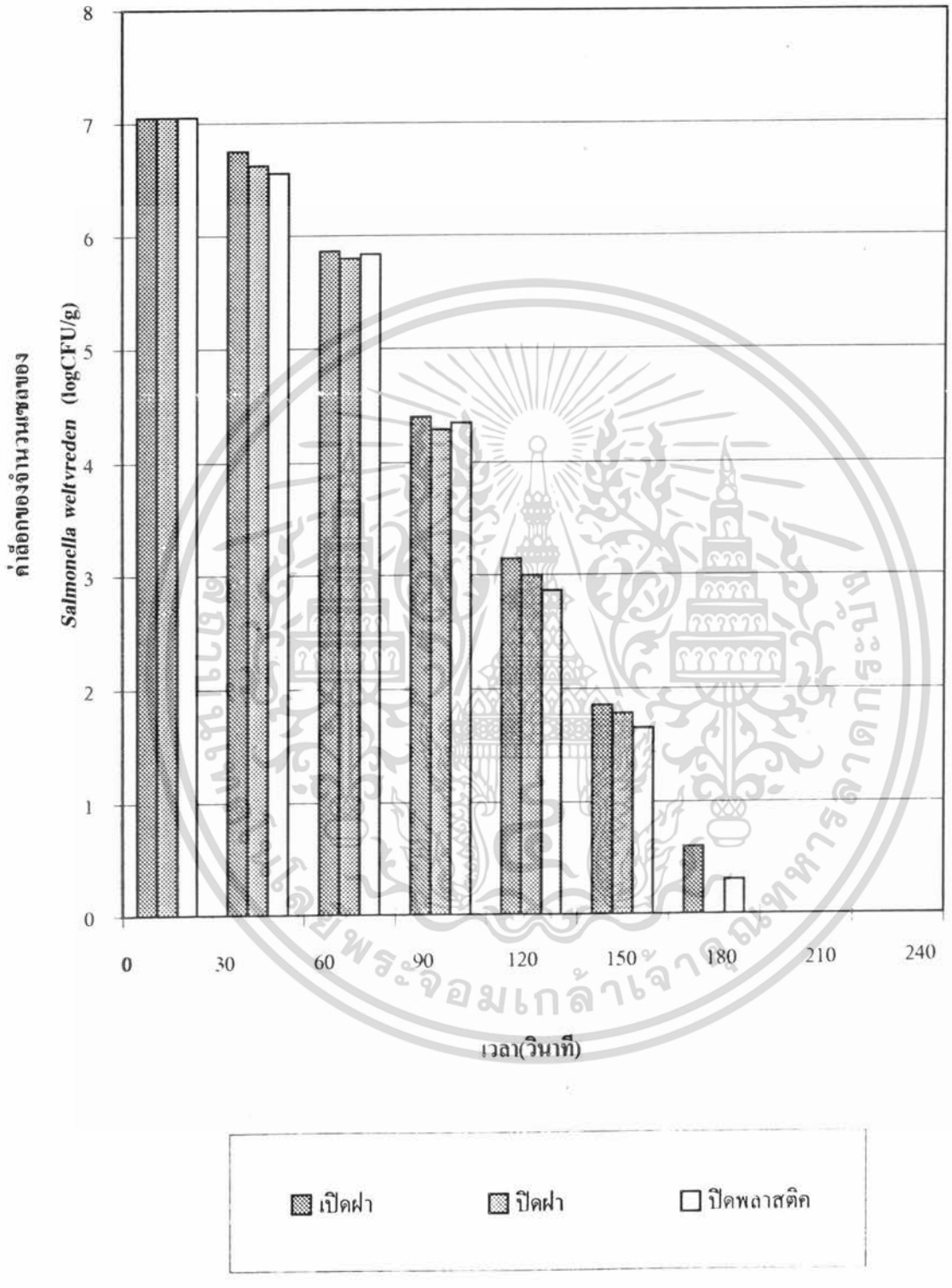
เวลา (วินาที)	ค่าล็อกการิทึมของจำนวนเซลของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร											
	แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
0	6.6335	6.6335	6.6335	7.0492	7.0492	7.0492	6.9395	6.9395	6.9395	6.7709	6.7709	6.7709
30	6.1461	6.0792	5.9956	6.7528	6.6263	6.5575	6.4183	6.4472	6.3324	6.2695	6.1239	6.1875
60	5.4914	5.4314	5.3927	5.8633	5.7959	5.8338	5.6911	5.6571	5.5809	5.5224	5.238	5.3424
90	4.2304	4.1139	4.0569	4.3979	4.2833	4.3444	4.3655	4.1038	4.1903	4.2253	4.0899	4.1492
120	2.7709	2.5441	2.6128	3.1399	2.9956	2.8573	2.8808	2.5911	2.6628	2.5051	2.3222	2.4771
150	1.5441	1.301	1.5051	1.8513	1.7782	1.6532	1.7709	1.6021	1.716	1.6128	1.4914	1.5682
180	0.301	0	#NUM!	0.6021	0	0.301	0.4771	0	0	0	0	#NUM!
210	#NUM!	#NUM!	#NUM!	0	0	0	0	#NUM!	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!
240	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!

แผนภูมิที่ 5 : ผลการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในแกงส้มโดยไมโครเวฟ



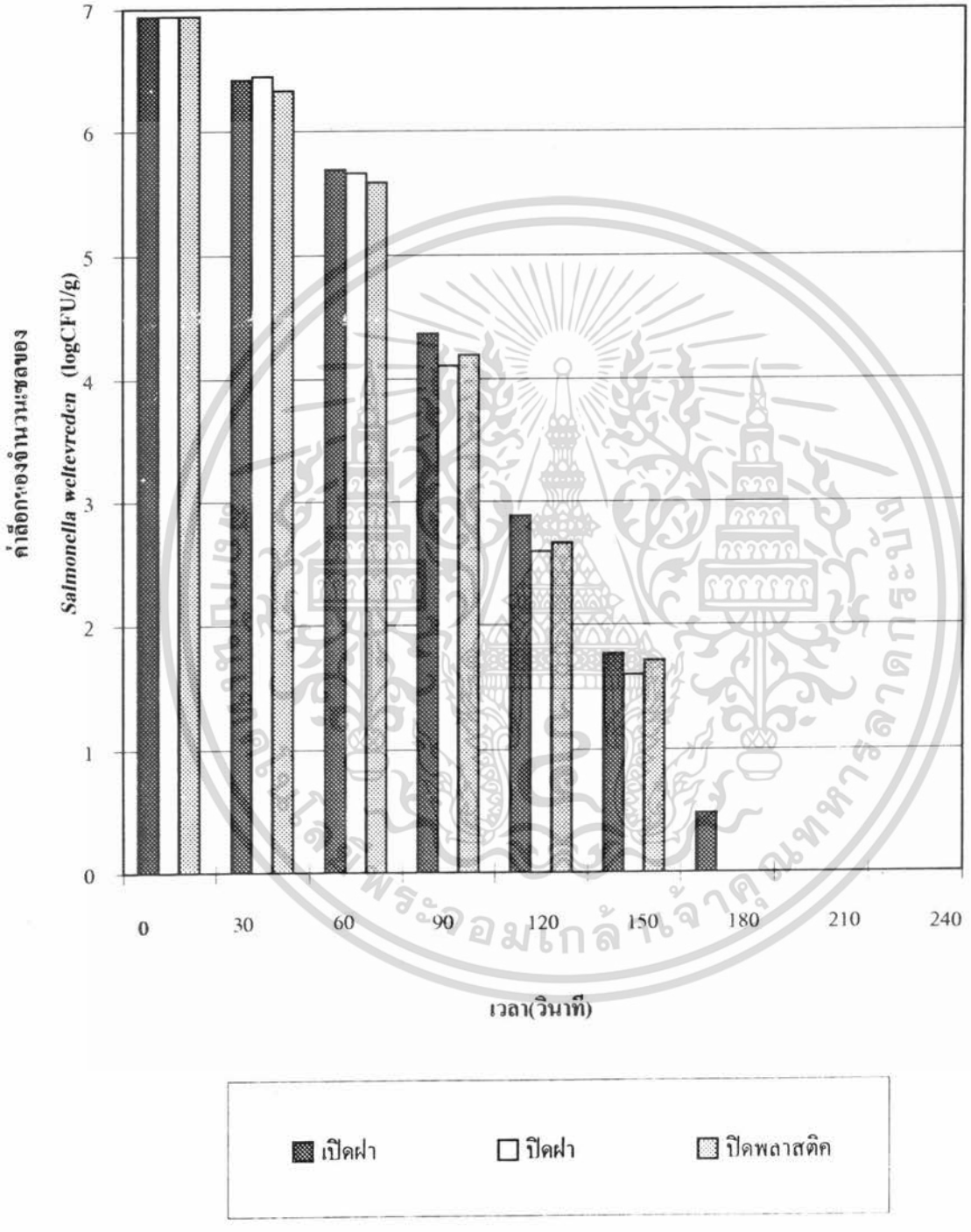
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 6 : ผลการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในแกงจืดโดยไมโครเวฟ



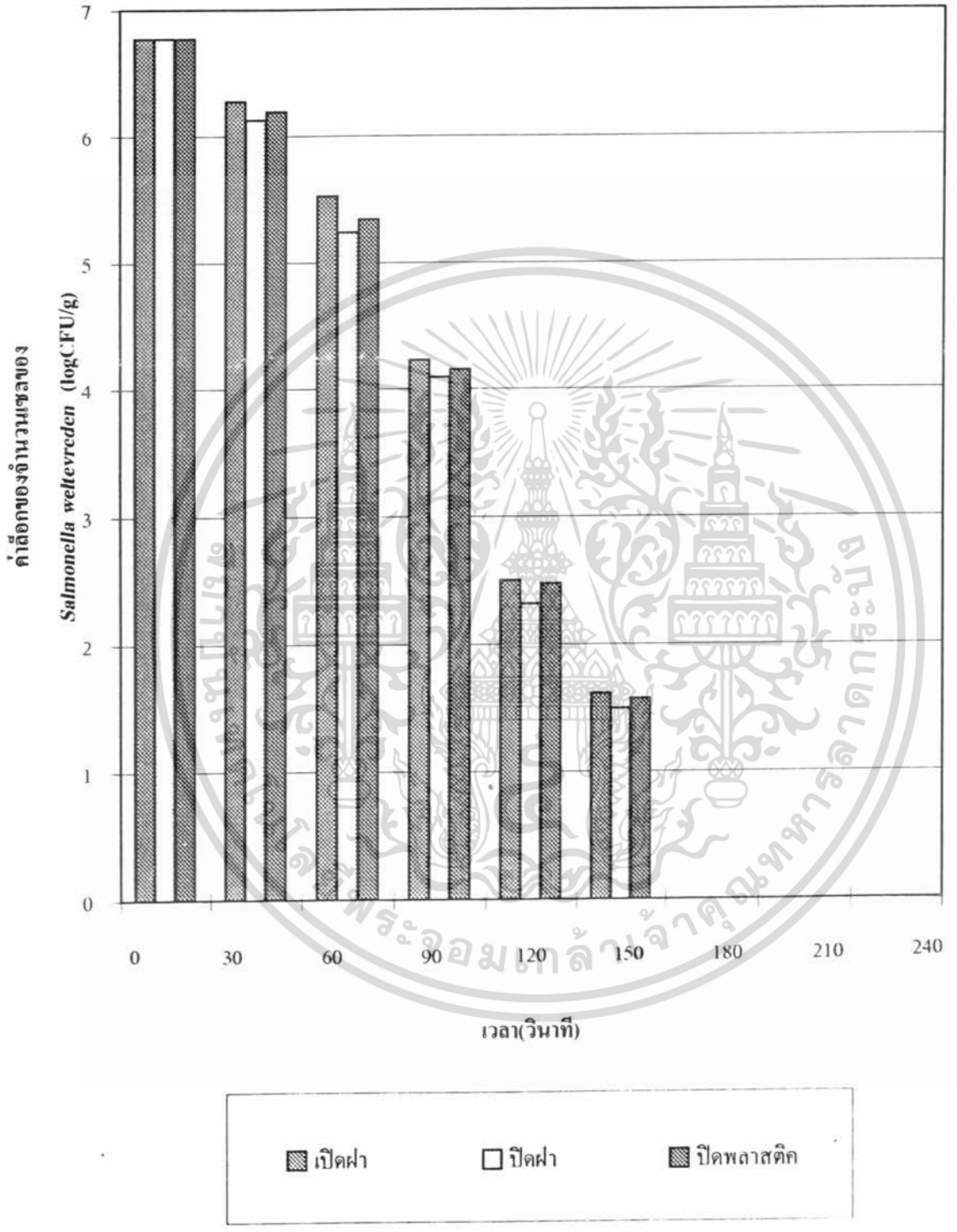
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 7 :ผลการทำลาย *Salmonella weltevreden*
ในแกงกะทิโดยไมโครเวฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 8 : ผลการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในแกงป่าโดยไมโครเวฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 : ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหารเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่าง ๆกัน

เวลา (วินาที)	ร้อยละของจำนวนเซลของ *Salmonella weltevreden* ที่ถูกทำลายโดยความร้อนในอาหาร											
	แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	67.44	72.09	69.89	68.47	72.09	62.23	67.82	77.46	76.98	67.77	75.29	73.9
60	92.79	93.48	94.36	94.36	93.72	94.42	94.48	97.07	94.26	93.91	95.62	96.27
90	99.605	99.723	99.73	99.715	99.698	99.825	99.854	99.792	99.735	99.799	99.822	99.761
120	99.9863	99.9877	99.9913	99.9946	99.9919	99.9912	99.9955	99.9964	99.9905	99.9936	99.9947	99.9949
150	99.9992	99.9994	99.9993	99.9993	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9993	99.9996	99.9994	99.9994
180	99.9999	99.9999	100	99.9998	99.9998	99.9998	99.9998	99.9999	99.9998	99.9999	99.9999	100
210	100	100	100	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999	100	99.9999	100	100	100
240	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

บทที่ 5 : สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

❶ สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟ (TURBORA Model No. TRX 2499 ความถี่ 2450 MHz กำลังไฟฟ้าคลื่น 900 วัตต์) ในการทำลาย *Salmonella weltevreden* ในอาหารปรุงสำเร็จ 4 ชนิดคือ แกงส้ม แกงจืด แกงกะทิ และแกงป่า ปริมาณ 200 กรัมที่บรรจุในภาชนะเซรามิคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ความลึก 4 เซนติเมตร โดยจัดสภาวะการเปิดฝา ปิดฝา และปิดพลาสติคยืดรัด โดยให้ความร้อนเป็นเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วินาที และใช้ระดับพลังงานสูง (High) ซึ่งอาหารมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^6 เซลต่อกรัม พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่อาหารเป็นเวลา 120 วินาที มีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อเป็นร้อยละ 99.99 โดยที่อาหารมีอุณหภูมิระหว่าง 86 ถึง 92 °C ซึ่งจำนวนเซลที่รอดชีวิตอยู่ในช่วง 10^2 เซลต่อกรัมอาหาร และเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 180 วินาที อาหารมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 93 ถึง 96 °C ซึ่งสามารถลดจำนวนเชื้อลงเหลือ 10^0 เซลต่อกรัมอาหาร ซึ่งแม้ว่าจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดอาการของโรคอาหารเป็นพิษ (Infection Dose) แต่เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลทำให้ผู้ที่ได้รับเชื้อกลายเป็นพาหะของเชื้อดังกล่าว (Carrier) ดังนั้นการอุ่นอาหารในไมโครเวฟเป็นเวลา 2 ถึง 3 นาที แม้ว่าจะทำให้อาหารร้อนจนเดือด แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับความปลอดภัยในการบริโภค แต่หลังจากให้ความร้อนแก่อาหารเป็นเวลา 210 วินาที โดยที่อุณหภูมิของอาหารอยู่ระหว่าง 94 ถึง 97 °C พบว่ามีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อเทียบเท่าร้อยละ 100 ในทุกตัวอย่างอาหาร ยกเว้นแกงจืด และแกงกะทิที่สภาวะการเปิดฝาและปิดพลาสติคยืดรัด ซึ่งต้องให้ความร้อนเป็นเวลา 240 วินาทีจึงจะทำลายเชื้อได้ทั้งหมด และอาหารมีอุณหภูมิในช่วง 93.5 ถึง 96 °C และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อในอาหารที่สภาวะการปิดภาชนะต่างกัน พบว่าอาหารที่บรรจุในภาชนะปิด ให้ผลการทำลายเชื้อดีกว่าในภาชนะเปิดเนื่องจากอาหารในภาชนะปิดมีอุณหภูมิสูงกว่า นอกจากนี้การปิดภาชนะด้วยฝาปิดหรือพลาสติคยืดรัด จะเป็นการลดการสูญเสียน้ำในอาหารทำให้อาหารยังคงรสชาตและลักษณะปรากฏดังเดิม ในขณะที่อาหารในภาชนะที่เปิดฝานั้น มีการระเหยของน้ำออกไปมากขึ้นเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น จึงทำให้ลักษณะปรากฏของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น สีเข้มขึ้น อาหารมีความข้นมากขึ้น ตลอดจนรสชาตเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับเวลาที่ให้ความร้อน ดังนั้นการอุ่นอาหารปรุงสำเร็จโดยใช้ไมโครเวฟจึงควรทำการปิดภาชนะบรรจุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ และป้องกันการเกิดลักษณะที่ไม่ต้องการของอาหาร และประการสำคัญที่สุดคือการใช้เวลาในการให้ความร้อนอย่างเพียงพอ ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าการให้ความร้อนแก่อาหารทั้ง 4 ชนิดในปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

200 กรัมโดยไมโครเวฟซึ่งใช้ที่ระดับพลังงานสูง ต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 240 วินาที หรือ 4 นาทีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการบริโภคอาหารที่ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. weltevreden*

❷ ข้อเสนอแนะ

2.1. ในการตรวจนับจำนวนเซลที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนโดยอุ่นในไมโครเวฟโดยใช้วิธีการ Pour Plate จะใช้ปริมาณตัวอย่างอาหาร 10 มิลลิลิตร ซึ่งโดยทั่วไปการตรวจวิเคราะห์ *Salmonella* spp. ในอาหาร จะใช้ปริมาณตัวอย่างอาหาร 25 กรัมหรือมิลลิลิตร

2.2. ในกรณีที่ตรวจไม่พบเซลของ *S. weltevreden* ควรนำตัวอย่างอาหารที่สภาวะการทดลองนั้นๆมาทำการตรวจวิเคราะห์ *Salmonella* spp. โดยวิธีการในภาคผนวก ง ต่อไป

2.3. การวัดอุณหภูมิของอาหารที่ผ่านการอุ่นในไมโครเวฟ ควรใช้ Thermocouple ซึ่งจะให้ค่าที่ถูกต้องกว่าการใช้ Thermometer

2.4. ในการทดลองนี้ ใช้ไมโครเวฟ TURBORA Model No. TRX 2499 ความถี่ 2450 MHz กำลังไฟฟ้าคลื่น 900 วัตต์ ซึ่งการใช้ไมโครเวฟหมายเลขรุ่นต่างกัน หรือผลิตจากบริษัทต่างกัน ตลอดจนกำลังไฟฟ้าคลื่นที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าดังกล่าวนี้ จะมีผลต่ออุณหภูมิของอาหาร ซึ่งจะให้ผลการทำลายเชื้อที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จุรีพร จิตจำรูญโชคชัย. 2537. มารู้จักอาหารริมถนนกันเถอะ. อาหาร. 24(2): 88-93.

นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรปส์. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ. 60 น.

บุญเทียม พันธุ์เพ็ง. 2537. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ : การตรวจหาแบคทีเรียซาลโมเนลลาในอาหาร. อาหาร 24(4): 282-290.

ประหยัด สายวิเชียร. 2534. ความปลอดภัยในครัวเรือนและห้องปฏิบัติการ. ธนบรรณการพิมพ์. เชียงใหม่. 73น.

มาลัย บุญรัตนกร. 2536. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารหาบเร่แผงลอยที่จำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร. อาหาร. 23(1): 35-43.

วิสิฐ จะวะสิต. 2534. รู้ก่อนกิน. หมอชาวบ้าน. 13(150): 46-47.

วัชรินทร์ ปิยะรัตน์. 2531. การให้ความร้อนในระบบไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหาร. อาหาร. 18(1): 221-226.

สันติ ทิพยางค์. 2534. ภาชนะสำหรับเตาอบไมโครเวฟ. อาหาร. 21(3): 213-214.

สินชัย โตโส. 2533. เตาอบไมโครเวฟ. สมอ. สาร. 18(180): 3-11.

Amannur, I. 1979. The effect of microwave and conventional cooking upon food-borne bacteria inoculated in foods. M.A.Thesis. Mankato State University. Mankato, Minn.

Andrew, W.H., Bruce, V.R., June, G., Satchell, F., and Sherrod, P. 1992. Salmonella. In FDA Bacteriological Analytical Manual. 7th Edition. AOAC International, Arlington, VA. pp. 51-69.

Carroll, D.E. and Lopez, A. 1969. Lethality of radio-frequency energy upon microorganism in liquid, buffered and alcoholic food systems.J.Food Sci.34:320.

Cliver, D.O. 1990. Foodborne Disease. Academic press, Inc., California. 580p.

Copsum, D.A. 1975. Microwave Heating. Avi Publishing. Westport , Connecticut . 550p.

Craven, S.E. and Lillard, H.S. 1974. Effect of microwave heating and precooked chicken on Clostridium perfringens. J.Food Sci.39:211-212.

Crespo, F.L. and Ockerman, H.W. 1977. Thermal destruction of microorganisms in meat by microwave and conventional cooking. J.Food Prot. 43(8): 633-637.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Culkin, K.A. and Fung, D.Y.C. 1975. Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave cooked soups. J. Milk Food Technol. 38:8-15.

Doyle, M.P. 1989. Foodborne Bacterial Pathogens. Maecel Dekker Inc., Newyork. 620p.

Fruin, J.T. and Guthertz, L.S. 1982. Survival of bacteria in food cooked by microwave oven, conventional oven and slow cookers. J.Food Prot.45(8):695-698.

Fung, D.Y.C. Cunningham, F.E. 1980. Effect of microwave on microorganisms in foods J.Food Prot.43(8):641-650.

Harrison, D.L. 1980. Microwave versus conventional cooking method: Effect on food quality attributes. J.Food Prot. 43(8):633-637.

Heddleson, R.A. , Doores, S. and Anantheswaran, R.C. 1994. Parameters affecting destruction of *Salmonella* spp. by microwave heating. J.Food Sci. 59(2): 447-451.

Institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety and Nutrition. 1989. Microwave Food Processing . Food Technol.43(1) : 117-125.

Mudgett, R.E. 1986. Microwave properties and heating characteristics of foods. Food Technol. 40(6):84.

Rosenberg, U. and Bogl, W. 1987. Microwave pasteurization , sterilization , blanching, and pest control in the foof industry. Food Technol.41(6): 92-102.

Vanam, A.H. and M.G. Evans. 1991. Foodborne Pathogens. Wolfe Publishing Ltd., Aylesbury. 675p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 7 : สหสัมพันธ์ของเวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร

ตัวอย่างอาหาร	สภาวะการปิดภาชนะ	r	r^2
แกงส้ม	เปิดฝา	0.894	0.799
	ปิดฝา	0.878	0.771
	ปิดพลาสติคยืดรัด	0.887	0.786
แกงจืด	เปิดฝา	0.901	0.881
	ปิดฝา	0.877	0.769
	ปิดพลาสติคยืดรัด	0.872	0.759
แกงกะทิ	เปิดฝา	0.904	0.818
	ปิดฝา	0.875	0.765
	ปิดพลาสติคยืดรัด	0.889	0.791
แกงป่า	เปิดฝา	0.862	0.744
	ปิดฝา	0.836	0.699
	ปิดพลาสติคยืดรัด	0.834	0.695

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่8 : จำนวนโคโลนีของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร 4 ชนิดเมื่อผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่เวลาต่าง ๆกัน

เวลา (วินาที)	ระดับความเจือจาง	ซ้ำที่	จำนวนโคโลนีของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร											
			แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
			เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
0	1 10000	1	260	-	-	>300	-	-	162	-	-	123	-	-
		2	spr	-	-	>300	-	-	>300	-	-	>300	-	-
	1 100000	1	52	-	-	168	-	-	122	-	-	87	-	-
		2	34	-	-	105	-	-	159	-	-	67	-	-
	1 100000	1	6	-	-	11	-	-	7	-	-	4	-	-
		2	4	-	-	7	-	-	10	-	-	9	-	-
30	1 10000	1	270	270	298	282	277	255	202	297	281	274	211	295
		2	255	>300	spr	>300	>300	224	spr	>300	>300	289	186	>300
	1 100000	1	12	25	20	47	53	42	59	68	16	18	16	29
		2	spr	10	16	79	44	65	34	42	29	22	spr	17
	1 100000	1	4	1	1	5	5	2	2	1	1	2	1	1
		2	2	-	-	10	3	5	1	2	3	-	1	1
60	1 1000	1	271	250	225	>300	>300	>300	287	248	144	269	194	295
		2	239	266	289	288	294	>300	>300	182	165	226	217	267
	1 10000	1	42	18	30	59	101	68	29	51	45	14	28	19
		2	27	32	16	49	79	82	22	48	68	35	25	28
	1 100000	1	4	3	1	11	5	1	6	7	4	1	1	1
		2	3	2	3	7	7	1	7	1	4	-	1	2
90	1 100	1	251	226	246	185	211	222	216	168	167	217	233	241
		2	208	271	221	214	258	250	187	188	192	192	207	256
	1 1000	1	36	9	spr	26	18	32	40	11	16	17	11	13
		2	41	15	20	16	16	24	spr	spr	11	4	6	11
	1 10000	1	1	1	1	3	3	1	2	1	1	3	1	1
		2	1	-	4	-	1	2	2	1	1	1	2	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เวลา (วินาที)	ระดับความเจือจาง	ซ้ำที่	จำนวนโคโลนีของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร											
			แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
			เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
120	1 10	1	121	110	128	261	223	196	222	156	103	74	119	98
		2	155	72	92	244	249	171	187	55	126	105	77	81
	1 100	1	4	3	4	12	6	4	3	2	2	3	3	1
		2	3	1	-	16	3	2	2	-	3	3	1	-
	1 1000	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	1 1	1	66	44	22	90	44	22	68	51	117	152	215	79
		2	52	28	18	76	26	19	92	39	93	88	129	55
	1 10	1	15	10	12	32	29	16	25	21	23	11	9	17
		2	9	4	16	22	24	25	19	10	8	6	14	7
	1 100	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	1 1	1	1	1	-	1	1	2	4	1	1	1	1	-
		2	2	1	-	1	1	1	2	-	1	1	-	-
	1 10	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 100	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	1 1	1	-	-	-	1	2	1	2	-	1	-	-	-
		2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
	1 10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 100	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เวลา (วินาที)	ระดับความเจือจาง	ซ้ำที่	จำนวนโคโลนีของ *Salmonella weltevreden* ที่รอดชีวิตในตัวอย่างอาหาร											
			แกงส้ม			แกงจืด			แกงกะทิ			แกงป่า		
			เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค	เปิดฝา	ปิดฝา	ปิดพลาสติค
240	1 1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 100	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ภาคผนวก ค

เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร พศ.2536 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

อาหารพร้อมบริโภค

อาหารปรุงสุกทั่วไป

ได้แก่ อาหารปรุงสำเร็จ ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน ยำ น้ำพริกจิ้ม ไส้กรอก หมูยอ ปูอัด ปลาหมึกปรุงรส ขนม ผลไม้กวน เป็นต้น

จุลินทรีย์ทั้งหมด/กรัม	น้อยกว่า 10^6
MPN โคลิฟอร์ม/กรัม	น้อยกว่า 500
MPN E. coli/ กรัม	น้อยกว่า 3
S. aureus/กรัม	น้อยกว่า 100
B. cereus/กรัม	น้อยกว่า 100
C. perfringens/ 0.01 กรัม	ไม่พบ
V. paraheamolyticus/ 25 กรัม	ไม่พบ
Salmonella/ 25 กรัม	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรีย *Salmonella* ในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BS = Bismuth-Sulfite agar

SCB = Selenite Cystine broth

NB = Nutrient Broth

XLD = Xylose Lysine Deoxy Cholate agar

BGA = Brilliant Green Agar

SS = Salmonella- Shigella agar

TTB = Tetrathionate Broth Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

1. PLATE COUNT AGAR (Standard Methods Agar)

Tryptone (Pancreatic Digest of Casein USP) or Trypticase	5.0	g
Yeast extract	2.5	g
Glucose	1.0	g
Agar	15.0	g
Distilled water	1.0	liter

Dissolve ingredients in distilled water by boiling, and adjust to pH 7.1 ± 0.1. Dispence into tubes or flasks and autoclave 15 minutes at 121 oC Final reaction should be pH 7.0 ± 0.1.

To make plate count agar with bromcresol purple, add 0.04 g BGC per liter of medium.

2. LYSIN IRON AGAR (Edwards and Fife)

Peptone	5.0	g
Yeast extract	3.0	g
Glucose	1.0	g
L-lysine	10.0	g
Ferric ammonium citrate	0.5	g
Sodium thiosulfate	0.04	g
Bromcresol purple	0.02	g
Agar	15.0	g
Distilled water	1.0	liter

Dissolve ingredient in distilled water

Dispense in 4 ml amouts in 100 * 13 mm tubes and sterilize at 121 oC for 12 minutes. Slant tubes so as to obtain a deep butt and a short slant.

2. SS AGAR

Beef extract	5.0 g
Proteose peptone or Polypeptone	5.0 g
Lactose	10.0 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bile salts	8.5 g
Sodium citrate	8.5 g
Sodium thiosulfate	8.5 g
Ferric citrate	1.0 g
Briliant green	0.00033 g
Neutral red	0.025 g
Agar	13.5 g
Distilled water	1.0 liter

Dissolve ingredients in distilled water by bringing to a boil. Final reaction should be approximately pH 7.0 ± 0.2

Do not sterilize in the autoclave

As soon as all ingredients are in solution, cool until the flask can be handled, and pour about 20 ml. of medium into each Petri plate. The plates should be in a draftless area of low contamination. After pouring, partially remove the covers of the dishs to allow vapour to escape and dry the surface of the agar for 2 hours. When used for streaking, agar surface should appear dry in order to obtain well isolated colonies

3. TRIPLE SUGAR IRON AGAR

Polypeptone	20.0 g
Lactose	10.0 g
Sucrose	10.0 g
Sodium chloride	5.0 g
Ferrous ammonium sulfate . sH2O	0.2 g
Sodium thiosulfate	0.2 g
Phenol red	0.025 g
Agar	13.0 g
Distilled water	1.0 liter

Add ingredients to distilled water and bring to a boil. Distribute in tubes using enough medium to obtain a deep butt. Autoclave 15 minutes at 121 °C. Remove from autoclave and slant to obtain a deep butt. Final reaction should be approximately pH 7.4 ± 0.1.or

Beef extract	3.0 g
Yeast extract	3.0 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peptone	15.0 g
Proteose peptone	5.0 g
Lactose	10.0 g
Sucrose	10.0 g
Dextrose	1.0 g
Ferrous sulfate	0.2 g
Sodium chloride	5.0 g
Sodium thiosulfate	0.3 g
Agar	12.0 g
Phenol Red	0.024 g
Distilled water	1.0 liter

Add ingredient to distilled water and bring to a boil. Distribute in tubes using enough medium to obtain a deep butt. Autoclave 15 minutes at 121 oC. Remove from autoclave and slant to obtain a deep butt. Final pH 7.4 $\pm$ 0.2.

4. TRYPTONE (TRYPTICASE) SOY BROTH

Tryptone or Trypticase	17.0	g
Phytone or Soytone	3.0	g
Sodium chloride	5.0	g
Dipotassium phosphate	2.5	g
Dextrose	2.5	g
Distilled water	1.0	liter

Dissolve ingredients in distilled water ; warm slightly if necessary to complete solution. Dispense into tubes or bottles, and sterilize by autoclaving 15 minutes at 121 oC. Final reaction should be pH 7.3 $\pm$ 0.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวพนิดา วงศ์รัตนตรัย เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2518 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศึกษานารี เมื่อปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2539 จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาววนิดา บ้านศาลเจ้า เกิดเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2517 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีนนทบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2539 จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้