



การประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารใน  
โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

Microwave Oven Irradiation as a Method for Microbial Decontaminations : Application  
for Milk and Enteral Tube Feeding in Songklanagarind Hospital

สุขุมมา กลั่นแก้ว

Sukhuma Klankaew

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Health

Prince of Songkla University

2544

๗

เลขที่	TX654.064 ๖๗๒ ๒๕๔๔
Bib Key	๒๑๑๔๖

๗. ๒

(1)





Thesis Title            Microwave Oven Irradiation as a Method for Microbial  
                                 Decontaminations : Application for Milk and Enteral Tube Feeding  
                                 in Songklanagarind Hospital

Author                    Miss Sukhuma Klankaew

Major Program        Environmental Health

Academic Year        2000

#### Abstract

Application of the microwave oven for microbial decontaminations of milk and enteral tube feeding food for the patients in Songklanagarind Hospital was studied. The microwave oven used in this study was Samsung (Model CE245G) with a frequency of 2,450 MHz and a power of 540 , 720 , 900 W. The bacterial strains were ATCC strains : *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Method : the bacterial concentration was adjusted to  $10^6$  cfu/ml in 30 ml milk formula F 1:2 and 300 ml enteral tube feeding food covered with spiral lid and topknot lid formula 1:1. Milk and enteral tube feeding food covered with spiral lid and topknot lid were exposed to microwave irradiation for 1 , 2 , 3 min and 5 , 7 , 10 min respectively. The results revealed that milk required a power of 900 W for 1 min , enteral tube feeding food with spiral lid required a power of 900 W for 5 min and enteral tube feeding food with topknot lid required a power of 720 W for 7 min. Milk and bottle have no physical change. On the other hand, there were physical changes of enteral tube feeding food in term of food and the bottle with both types of lid. There was a film covering on the food and the bottles were soften. Base on the results of this study, it can be concluded that microwave oven is another efficiency , less time consuming and cheap alternation for the microbial decontamination of milk and enteral tube feeding food in Songklanagarind Hospital.



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี จากความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ  
แก้ไขข้อบกพร่อง จากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.นพ.สีลม แจ่มอุลิตร์ตัน และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
คือ รศ.ณรงค์ ฒ เชียงใหม่ และ ผศ.พญ.สินีนานฎ กาลเนาภูล ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.นวลจิรา ภัทรรังรอง และ ผศ.ดร.ไพยม วงศ์ภูวรักษ์ คณะกรรมการ  
สอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยสละเวลาในการสอบ เสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์  
ฉบับนี้สมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น

ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความสะดวก  
เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์การวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนสนับสนุน  
งานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ที่อนุญาตให้เข้าทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ  
หัวหน้าหน่วยควบคุมการติดเชื้อและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือติดต่อประสานงานกับ  
หน่วยงานต่างๆ อำนวยความสะดวกในเรื่องข้อมูล ให้กำลังใจ และช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา,  
ขอขอบคุณหัวหน้าหน่วยจุลชีววิทยาและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและสอนเทคนิค  
การเพาะเลี้ยงเชื้อ พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่ วัสดุอุปกรณ์การวิจัย ให้กำลังใจ  
และช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา และ ขอขอบคุณหัวหน้างานโภชนาการ , เจ้าหน้าที่ทุกท่าน และ  
เจ้าหน้าที่ห้องเตรียมอาหารทางสายให้อาหารและนมผสม ที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก  
ในเรื่องข้อมูล อาหารทางสายให้อาหารและนมผสมที่ใช้ในการทดลองด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณหัวหน้าหอผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่พยาบาลประจำหอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 1  
ทุกท่าน และคุณสุดารัตน์ แซ่จู้ง ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ และช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และ คุณป้าทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง และ  
คอยให้กำลังใจในการต่อสู้กับปัญหาและอุปสรรคต่างๆตลอดมา จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์  
ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี และสุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามได้  
ทั้งหมดในที่นี้ ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สุขุม่า กลั่นแก้ว

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการตารางผนวก	(10)
รายการภาพประกอบ	(12)
รายการภาพประกอบผนวก	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำตั้งเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	6
วัตถุประสงค์	48
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	48
ระเบียบวิธีวิจัย	49
ขอบเขตของการวิจัย	50
2. วิธีการวิจัย	51
วัสดุ	51
อุปกรณ์	52
วิธีดำเนินการ	53
3. ผลการวิจัย	57
ผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	57
ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสาย ให้อาหาร และภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	64
ค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหาร ทางสายให้อาหาร	71

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. บทวิจารณ์	73
การศึกษาผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	73
การศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทาง สายให้อาหาร และภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	78
การศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและ อาหารทางสายให้อาหาร	82
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	85
ข้อเสนอแนะ	86
ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม	87
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก	98
ประวัติผู้เขียน	148

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ผลการปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารจากหน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2538 – 2542	3
2. คลื่นความถี่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์	8
3. ค่าการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของโมเลกุลสสาร	9
4. ความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟของบรรจุภัณฑ์	16
5. อัตราส่วนผสมสูตรนม N 1:2 , สูตรนม F 1:2 และสูตรนม P 1:2	20
6. อัตราส่วนการผสมนม Pan-enteral , นม Isomil , นม Enfalace , นม Pregestimil และ นม Prosobee	21
7. ปริมาณส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางสายให้อาหารสูตรผสม นมถั่วเหลืองในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์	25
8. การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น	30
9. จำนวนแบคทีเรียขั้นต่ำที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค	31
10. ระดับอุณหภูมิที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์	41
11. ระดับอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่ออาหารและเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร	42
12. ผลกระทบของอาหารที่ผ่านการฉายรังสี	43
13. ชนิดของสารเคมีที่มีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ	46
14. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในนมผสม	57
15. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในนมผสม	58
16. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว	59
17. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว	60
18. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก	61

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก	62
20. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในนมผสม	62
21. การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> ความเข้มข้น $10^6$ cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหาร ชนิดฝาเกลียวและฝาจุก	63
22. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของนมผสมหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ ( $^{\circ}\text{C}$ )	64
23. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมและภาชนะที่บรรจุจากการสังเกตด้วยสายตา	65
24. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว หลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ ( $^{\circ}\text{C}$ )	66
25. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และภาชนะที่บรรจุจากการสังเกตด้วยสายตา	67
26. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก หลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ ( $^{\circ}\text{C}$ )	68
27. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก และภาชนะที่บรรจุจากการสังเกตด้วยสายตา	69
28. ระดับอุณหภูมิภายในขวดนมผสมและขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และฝาจุกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	70
29. เปรียบเทียบจำนวนวัตต์ ระยะเวลา อุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น และค่าไฟฟ้าที่ใช้ ในการทำละลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่มี ประสิทธิภาพมากที่สุด และเสียค่าไฟฟ้าน้อยที่สุด	72
30. เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ทำละลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ชนิดฝาเกลียวและฝาจุกชนิดละ 9 ขวด ระหว่างเตาอบไมโครเวฟกับเตาไฟฟ้า	83
31. เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำละลายเชื้อด้วยเตาอบไมโครเวฟที่จำนวนครั้ง ที่แตกต่างกัน	84

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1. ระดับอุณหภูมิของน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1, 2 , 3 , 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ	110
2. ระดับอุณหภูมิของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ	114
3. ระดับอุณหภูมิของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ	116
4. ระดับอุณหภูมิของนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที ตามลำดับ	118
5. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร	120
6. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร	123
7. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร	126
8. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร	129
9. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร	132
10. ผลการทดลองการทำลายเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ในนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร	135
11. ค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	138

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
12. เปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> และ <i>Staphylococcus aureus</i> ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความชื้นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน	139
13. คุณสมบัติของพลาสติกที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร	140

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. ช่วงความถี่ของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	6
2. แมกนีตรอนของเตาอบไมโครเวฟ	7
3. องค์ประกอบของเตาอบไมโครเวฟ	14
4. รูปร่างพื้นฐานของแบคทีเรีย	27
5. โครงสร้างและส่วนประกอบของแบคทีเรีย	30
6. รูปร่างพื้นฐานของไวรัส	34
7. โครงสร้างและส่วนประกอบของไวรัส	35
8. รูปร่างพื้นฐานของรา	36
9. โครงสร้างและส่วนประกอบของรา	37
10. ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร	71



## รายการภาพประกอบผนวก

ภาพประกอบผนวก	หน้า
1. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermo couple)	141
2. เตารอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น CE245G	141
3. แผนควบคุมการทำงานเตารอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น CE245G	142
4. ตำแหน่งการจัดวางขวดนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ขนาดความจุ 120 มิลลิลิตร ในเตารอบไมโครเวฟ	143
5. ตำแหน่งการจัดวางขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ในเตารอบไมโครเวฟ	143
6. ตำแหน่งการจัดวางขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ในเตารอบไมโครเวฟ	144
7. การปรับความชุ่มชื้น <i>Escherichia coli</i> และ <i>Staphylococcus aureus</i> ใน phosphate buffer pH 7.0 ให้มีค่าเท่ากับ Mac Farland No. 0.5	144
8. การเก็บตัวอย่างนมผสม สูตร F 1:2 ขนาด 5 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่ปราศจากเชื้อ	145
9. การเก็บตัวอย่างอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ขนาด 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่ปราศจากเชื้อ	145
10. เชื้อ <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 บน Mac Conkey agar	146
11. เชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213 บน Blood agar	146
12. การจับเป็นฝ้าบริเวณผิวหน้าของอาหารทางสายให้อาหารหลังจากได้รับความร้อน จากรังสีไมโครเวฟ	147

## บทที่ 1

### บทนำ

#### บทนำต้นเรื่อง

จุลินทรีย์มีชีวิตอยู่ได้ทุกแห่งในโลกที่มีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ทั้งที่มีประโยชน์และให้โทษต่อมนุษย์ จุลินทรีย์ที่ก่อโรคในมนุษย์หลากหลายสายพันธุ์ เป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยและการตาย ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศชาติ โรงพยาบาลนับว่าเป็นแหล่งที่อาจเกิดการแพร่เชื้อโรคและการระบาดของโรคติดต่อที่สำคัญ เนื่องจากเป็นสถานที่ที่มีประชาชนมาใช้บริการมาก ทั้งผู้ป่วยและญาติของผู้ป่วย เชื้อโรคสามารถแพร่กระจายเชื้อจากอาหาร อุปกรณ์ทางการแพทย์เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ หรือจากผู้ป่วยต่อผู้ป่วยด้วยกัน จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และป้องกันการปนเปื้อนและเจริญเติบโตของเชื้อในอาหารและอุปกรณ์ทางการแพทย์ต่างๆที่ใช้กับผู้ป่วยในโรงพยาบาล

การสุขาภิบาลอาหาร (food sanitation) จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นมากในโรงพยาบาล อย่างหนึ่ง เนื่องจากผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลจำเป็นต้องรับประทานอาหารที่ปรุงหรือประกอบจากงานโภชนาการของโรงพยาบาล นมผสม และ อาหารทางสายให้อาหาร (enteral tube feeding) เป็นชนิดที่มีความสำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง เนื่องจากผู้ป่วยที่ได้รับอาหารทั้งสองชนิดนี้ มักจะเป็นเด็กทารกแรกเกิด ผู้ป่วยเด็ก และผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่มีความผิดปกติในการกลืนอาหาร หรือมีร่างกายและภูมิคุ้มกันอ่อนแอกว่าผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่ได้รับอาหารปกติทั่วไป อีกทั้งผู้ป่วยไม่สามารถที่จะรับรู้หรือไม่ได้ลิ้มรสอาหารเอง ทำให้ไม่มีกลไกทางธรรมชาติที่จะปฏิเสธอาหารที่มีรสชาติผิดปกติที่เกิดจากการปนเปื้อนแบคทีเรีย ประกอบกับการเก็บรักษานมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารในตู้เย็นของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ มีการเก็บรักษาหลังการผลิตเป็นเวลานานหลายชั่วโมงดังนี้ การผลิตรอบที่ 1 เวลา 06.00 – 09.00 น. เพื่อส่งไปยังหอผู้ป่วยเวลา 10.00 น. และให้บริการในช่วงเวลา 10.00 – 14.00 น. และ การผลิตรอบที่ 2 เวลา ประมาณ 11.00 – 13.30 น. เพื่อส่งไปยังหอผู้ป่วยเวลา 14.00 น. และให้บริการในช่วงเวลา 18.00 – 06.00 น. ในวันถัดไป นอกจากนี้ยังพบว่ามี การปนเปื้อนเชื้อก่อโรคในขั้นตอนการปรุง – ประกอบ, การบรรจุ , การส่งถึงหอผู้ป่วย , การเก็บรักษาในตู้เย็นบนหอผู้ป่วย และการให้บริการบนหอผู้ป่วย (เกษตรพรพรณ พงษ์พินิจศักดิ์, 2541 : 27-44) จึงนับว่าเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงประเภทหนึ่ง

จากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารจากหน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ นับตั้งแต่ปี 2539 - 2542 ได้รายงานผลการเพาะเชื้อนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารก่อนส่งไปยังหอผู้ป่วยต่างๆ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อ gram negative ที่เป็น nosocomial pathogen ได้แก่ *Klebsiella* spp. , *Enterobacter* spp. เป็นต้น และเชื้อที่เกิดจาก non-hygiene โดยเชื้อที่พบคือ *Bacillus* spp. ดังแสดงในตาราง 1 โดยมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการปรุง - ประกอบ และการบรรจุ

และจากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนอาหารทางสายให้อาหารก่อนอุ่นอาหารให้บริการบนหอผู้ป่วย ในช่วงเวลา 02.00 , 06.00 , 18.00 และ 22.00 น. พบว่าปริมาณ total bacteria count อยู่ในช่วง  $1.73 \times 10^2 - 5.6 \times 10^5$  cfu/ml โดยมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการปรุง - ประกอบ , การบรรจุ , การส่งถึงหอผู้ป่วย , การเก็บรักษาในตู้เย็นบนหอผู้ป่วย และ การให้บริการบนหอผู้ป่วย (เกสรพรพรรณ พงษ์พิริยศักดิ์, 2541 : 87)

เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการควบคุมมาตรฐานอาหารที่ให้แก่ผู้ป่วย จาก Committee of Parenteral and Nutrition Group of British Diabetic Association (Anderson, Haward and Scott, 1986 : 163-167) โดยกำหนดให้อาหารที่ปรุงเสร็จแล้วจะต้องไม่พบ total bacteria count มากกว่า  $1.0 \times 10^2$  cfu/ml และไม่พบเชื้อ fecal coliform bacteria , *Salmonella* spp. , *Clostridium* spp. และ *Staphylococcus aureus*

ทางหน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เมื่อปี 2539 ได้ตรวจสอบตัวอย่างเครื่องปั้นอาหารก่อนการใช้งาน พบ gram positive cocci  $1.0 \times 10^5$  cfu/ml และหลังการใช้งานพบว่ามี *Bacillus* spp.  $1.0 \times 10^2$  cfu/ml อุปกรณ์ในการผลิตอื่นๆ เช่น ตะแกรง ถ้วยตวง กะละมัง กรวย ฯลฯ ไม่พบว่ามี การปนเปื้อน ทำให้ทางโรงพยาบาลต้องหามาตรการปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภาชนะ - อุปกรณ์ ในการปรุง - ประกอบอาหาร การเน้นสุขลักษณะของผู้ปรุง - ประกอบอาหาร การปรับปรุงอุปกรณ์การให้อาหารทางสายให้อาหาร การเปลี่ยนปริมาณการบรรจุจากเดิมบรรจุขวดน้ำเกลือ 500 หรือ 1,000 มิลลิลิตร เตรียมสำหรับ 1 วัน เป็นขวดพลาสติก 1 ขวด เตรียมพอดีสำหรับ 1 มื้อ และปี 2542 ได้มีการระบาดของโรค Necrotizing Enterocolitis (NEC) ในหออภิบาลผู้ป่วยเด็ก (NICU) สิ่งที่ยังสงสัยคิดว่าน่าจะมาจากนมผสมเป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งสาเหตุยังไม่แน่ชัด หน่วยควบคุมการติดเชื้อจึงนำตัวอย่างนมผสมในช่วงนั้นจากหอผู้ป่วยเด็ก 1 , หอผู้ป่วยสูติกรรม , หออภิบาลผู้ป่วยเด็ก และ Nursery มาเพาะเชื้อ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli*  $10^7$  cfu/ml และมีเชื้อก่อโรคชนิดอื่นๆปนเปื้อน

ตาราง 1 ผลการปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารจากหน่วยควบคุมการติดเชื้อ  
โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2538 – 2542

ชนิดของ ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่ส่ง ตรวจเพาะเชื้อ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่พบเชื้อ (ครั้ง)	Total bacteria count (cfu/ml)	เชื้อที่ตรวจพบ
- BD สูตรนมถั่ว	50	27	20 - $1.1 \times 10^8$	- <i>Bacillus</i> spp.
		4	$5 \times 10^3$ - $1.1 \times 10^8$	- <i>A. baumannii</i>
		2	$6.4 \times 10^3$ - $>10^5$	- <i>K. ozaenae</i>
		2	$10^2$ - $2 \times 10^4$	- <i>Corynebacterium</i> spp.
		2	$5 \times 10^3$ - $6 \times 10^3$	- <i>E. gergaviae</i>
		2	530 - $1.4 \times 10^3$	- <i>S. epidermidis</i>
		1	$1.1 \times 10^8$	- <i>E. coli</i>
		1	$1.1 \times 10^8$	- <i>E. agglomerans</i>
		1	$>10^5$	- <i>E. cloacae</i>
		1	$4.64 \times 10^5$	- <i>K. pneumoniae</i>
		1	$4 \times 10^5$	- <i>Enterococci</i>
		1	$6 \times 10^3$	- <i>P. mirabilis</i>
		1	$1.4 \times 10^3$	- <i>Micrococcus</i> spp.
		1	70	- Mold
1	10	- <i>Staphylococcus</i> spp.		
- นม สูตร P 1:2	48	21	10 - $1.5 \times 10^3$	- <i>Bacillus</i> spp.
		2	10 - $5.2 \times 10^4$	- <i>Penicillium</i> spp.
		1	$4 \times 10^2$	- <i>A. junii</i>
		1	20	- Mold
- นม สูตร N 1:2	54	23	10 - numerous	- <i>Bacillus</i> spp.
		1	numerous	- <i>E. cloacae</i>
		1	$2 \times 10^5$	- <i>Corynebacterium</i> spp.
		1	250	- <i>S. epidermidis</i>
		1	250	- <i>A. baumannii</i>
1	20	- Mold		

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิดของ ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่ส่ง ตรวจเพาะเชื้อ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่พบเชื้อ (ครั้ง)	Total bacteria count (cfu/ml)	เชื้อที่ตรวจพบ
		1	10	- <i>Moraxella</i> spp.
- นม สูตร F 1:2	48	19	10 – 5.7 X 10 <sup>6</sup>	- <i>Bacillus</i> spp.
		1	10 <sup>7</sup>	- <i>E. coli</i>
		1	4.6 X 10 <sup>2</sup>	- <i>Micrococcus</i> spp.
		1	90	- <i>Staphylococcus coagulase</i> negative
		1	20	- <i>S. epidermidis</i>

ที่มา : รายงานการประชุมหน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ประจำปี 2538  
- 2542 : 1-20

เป็นจำนวนมากเกินมาตรฐานอาหารนม ซึ่งสอดคล้องกับสาเหตุของการเกิดโรค NEC คือ มีการติดเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนนมผสมในลำไส้ เช่น *Escherichia Coli* , *Klebsiella* , *Proteus* และ *Staphylococcus coagulase* - positive (สรายุทธ สุภาพรรณชาติ, 2540 : 65) และ เด็กที่กินนมผสมมีโอกาสเกิดโรค NEC มากกว่าเด็กที่กินนมแม่ 6 เท่า (มนตรี ตูจันดา และคณะ, 2542 : 2592) จึงได้แก้ปัญหาในขั้นต้นโดยให้หอผู้ป่วยขอเบิกนมผงจากงานโภชนาการ เพื่อชงเสริมให้ผู้ป่วยเป็นมื่อๆ และปรับเปลี่ยนเวลาการให้บริการนมผสมจากเดิมบริการวันละ 1 ครั้ง ช่วงเช้า เวลา 10.00 น. มาเป็นบริการวันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าเวลา 10.00 น. และ ช่วงบ่าย เวลา 14.00 น. เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แม้ว่ามาตรการต่างๆเหล่านี้ทำให้การปนเปื้อนลดลงบ้าง แต่ยังคงเป็นปัญหาอยู่ ในขณะนี้โรงพยาบาลยังอยู่ในระหว่างการดำเนินการหามาตรการควบคุมที่รัดกุมเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

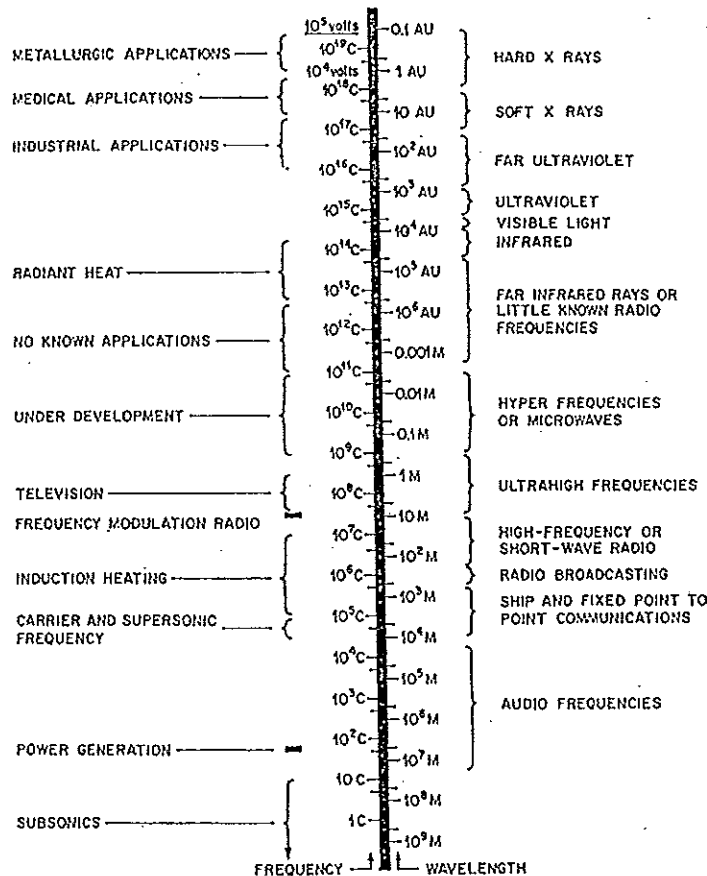
ในปัจจุบันมีการประยุกต์นำเอาเตาอบไมโครเวฟมาใช้ในการกำจัดเชื้อมากขึ้น ทั้งชนิดที่ใช้ในบ้านเรือน ที่ทำงาน และ แบบที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่จะนำมาใช้ฆ่าเชื้อโดยใช้หลักการเดียวกัน ตู้อบไมโครเวฟสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปในราคา 3,000 – 30,000 บาท ใช้ฆ่าเชื้อได้ทุกชนิดรวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีสปอร์ แต่ต้องใช้เวลา

อยู่ในเตาอบไมโครเวฟนานขึ้น อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ก่อโรคโดยทั่วไปที่เกิดในโรงพยาบาลจะถูกทำลายโดยการใช้เตาอบไมโครเวฟจนเป็นที่เชื่อถือได้ถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผล สามารถนำอุปกรณ์ทางการแพทย์ในโรงพยาบาลมาใช้กับเตาอบไมโครเวฟนี้ได้ ดังการทดลองของ Culkin and Fung, 1975 : 8-15 ; Harris, *et al.*, 1989 : 82-86 ; Latimer and Matson, 1977 : 340-342 ; Rohrer and Bulard, 1985 : 194-198 ; Rohrer, *et al.*, 1986 : 49-57 ; Sanborn, *et al.*, 1982 : 960-964 และ Young, *et al.*, 1985 : 581-585 (อ้างตาม Rosaspin, Anzanel and Salvatorelli, 1993 : 269) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเตาอบไมโครเวฟสามารถนำมาปฏิบัติและใช้ได้จริงในโรงพยาบาลและในบ้านเรือน แต่การทดลองดังกล่าวได้มีการศึกษากันในประเทศไทยน้อยมาก ทั้งในอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่แตกต่างกันไป เช่น syringe disposable , fingertip, threeway , สายสวน ปัสสาวะยางแดง , นมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ เลือด เป็นต้น ที่อาจมีการปนเปื้อนเชื้อก่อนนำมาใช้กับผู้ป่วย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยครั้งนี้ขึ้น เพื่อการประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย สะดวกรวดเร็ว สามารถปฏิบัติได้เองโดยเจ้าหน้าที่ในหอผู้ป่วย เจ้าหน้าที่หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้ป่วยที่จำเป็นต้องได้รับนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารเมื่อออกจากโรงพยาบาลสามารถนำวิธีนี้ไปใช้ที่บ้านได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการศึกษาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดอื่นๆ ในอนาคตต่อไป

## การตรวจเอกสาร

### 1. ไมโครเวฟ (Microwave)

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีลักษณะเหมือนแสงที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและเจาะทะลุผ่านสสารซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งใส ไม่มีการแผ่รังสีอนุภาคหรือรังสีอะตอมจึงไม่กระจายและไม่สะสมในร่างกายมนุษย์ มีผลต่อวัตถุที่อยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในวัตถุนั้น (Goldblith, 1966 : 277) คลื่นไมโครเวฟมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟราเรดบนสเปกตรัมของแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของไมโครเวฟอยู่ในช่วง 0.3 – 300 GHz ความยาวคลื่น 1m – 1mm (Decareau, 1985 : 4) ดังแสดงในภาพประกอบ 1

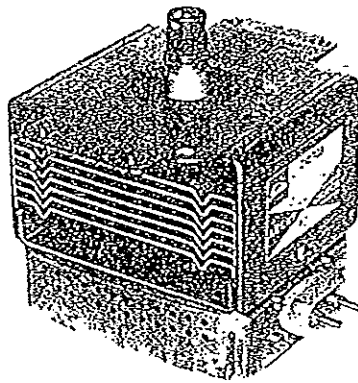


ภาพประกอบ 1 ช่วงความถี่ของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (C,Cycles per second ; AU,Angstrom units (1A =  $10^{-8}$  cm) ; M,meters)

ที่มา : Decareau, 1985 : 4

### แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ

ไมโครเวฟกำเนิดโดยอุปกรณ์ผลิตคลื่นไมโครเวฟที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetron) เป็นหลอดสุญญากาศที่อาศัยสนามแม่เหล็กดัดแปลงการไหลของกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอน (electron) ที่ไหลจากแคโทด (cathode) ไปยังแอโนด (anode) แมกนีตรอนในเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ตามบ้านได้ถูกออกแบบให้ทนต่อสภาพการใช้งานซึ่งมีอาหารอยู่ภายในเตาอบโดยไม่ก่อความเสียหายให้แก่แมกนีตรอน (Glese, 1992 : 120)



ภาพประกอบ 2 แมกนีตรอนของเตาอบไมโครเวฟ

ที่มา : Glese, 1992 : 120

### คลื่นความถี่ของไมโครเวฟที่ใช้ในปัจจุบัน

สนามไฟฟ้าความถี่สูงจะมีผลต่อระบบชีววิทยา เนื่องจากผลของความร้อนที่เกิดขึ้นในวัตถุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าความถี่สูงหรือสนามความถี่วิทยุ โดยความถี่ที่กำหนดใช้ในอุตสาหกรรมวิทยาศาสตร์ และทางการแพทย์ ดังแสดงในตาราง 2 (Glodblith, 1966 : 282)

ซึ่งในปัจจุบันคลื่นความถี่ของไมโครเวฟที่นิยมใช้มี 2 ระดับความถี่ ดังนี้ (Glese, 1992 : 121)

1. ระดับความถี่ 2,450 MHz ระดับพลังงานที่ใช้ 2.5 – 3.0 KW magnetron
2. ระดับความถี่ 915 MHz ระดับพลังงานที่ใช้ 25 – 50 KW magnetron

โดยช่วงความถี่ 915 และ 2,450 MHz นี้นิยมใช้เตรียมอาหารในบ้านเรือนในรูปเตาอบไมโครเวฟ แต่ในทางอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้ความถี่ 2,450 MHz เพราะสามารถทำให้อาหารส่วนใหญ่สุกได้เร็ว โดยสุกเข้าไปถึงภายในระดับความลึกพอดี และการสร้างง่ายกว่า (Curnutte, 1980 : 623) รวมทั้งที่ความถี่ 2,450 MHz น้ำจะดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟได้มากกว่าน้ำมัน ในขณะที่ความถี่ 915 MHz การดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟของน้ำและน้ำมันจะเท่ากัน ดังนั้นถ้าน้ำมันดูดกลืน



พลังงานไมโครเวฟไว้มากจะทำให้ประสิทธิภาพของพลังงานไมโครเวฟลดลง (Garrick, 1967 : 38) เนื่องจากค่าการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของน้ำมันมีค่าน้อยกว่าน้ำ ดังแสดงในตาราง 3 (Darrington, 1986 : 31) จึงเกิดการเสียดสีภายในระหว่างโมเลกุลและทำให้เกิดความร้อนขึ้นน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นจึงนิยมใช้ความถี่ 915 MHz น้อยกว่าความถี่ 2,450 MHz

ตาราง 2 คลื่นความถี่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์

ความถี่ (เฮิรตซ์)	ความยาวคลื่น (cm.)
$13,560 \times 10^3$	2,200.00
$27,120 \times 10^3$	1,100.00
$40,680 \times 10^3$	73.50
$915 \times 10^6$	32.80
$2,450 \times 10^6$	12.24
$5,800 \times 10^6$	5.17
$22,125 \times 10^6$	1.30

ที่มา : Goldblith, 1966 : 282

### หลักการทํางานของไมโครเวฟ

วัตถุโดยทั่วไปจะประกอบด้วยอนุภาคประจุไฟฟ้าบวกและอนุภาคประจุไฟฟ้าลบจำนวนเท่า ๆ กัน จึงทำให้วัตถุนั้นมีลักษณะเป็นกลาง ถ้าวัตถุไม่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า นั่นคือเป็นพวกฉนวนหรือไดอิเล็กตริก (dielectric) เมื่อนำไปวางในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลของวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ และพยายามเรียงตัวตามสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าในสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้น โมเลกุลจะทำตัวเหมือนมี 2 ขั้ว และเมื่อหมุนรอบตัวตามแกน โมเลกุลเหล่านี้จะจัดเรียงตัวตามแนวขั้วบวกและขั้วลบ เกิดการเสียดสีภายในระหว่างโมเลกุลทำให้เกิดความร้อนขึ้น เช่นที่คลื่นความถี่ 2,450 MHz โมเลกุลจะมีการเคลื่อนที่ไปมา 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที เป็นต้น โดยหลักการแล้ว คลื่นไมโครเวฟจะก่อให้เกิดความร้อนได้ก็ต่อเมื่อคลื่นไมโครเวฟถูกดูดกลืน และสสารที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดีจะเป็นพวกโมเลกุลที่มีขั้ว เช่น น้ำ เกือบเป็นต้น โดยคลื่นไมโครเวฟจะชนกับประจุบวกและประจุลบของโมเลกุลของน้ำในวัตถุ ทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ เกิดการหมุนตัวในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยแรงดึงดูด และการแยกตัวออก

จากกันของประจุของน้ำ ทำให้มีการกระทบกระเทือนต่อพันธะไฮโดรเจน และเกิดความร้อนจากการเสียดสีกันของโมเลกุล นอกจากนี้ประจุบวกและประจุลบของเกลือต่างๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น ก็มีปฏิกิริยาในสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้เช่นกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มความร้อนให้มากยิ่งขึ้น ส่วนพวกโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว เช่น น้ำมัน เนื้อเยื่อไขมัน เป็นต้น ก็จะได้รับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างทั่วถึง ประจุบวกเกิดแรงในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประจุลบจะเกิดแรงในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เกิดกระบวนการ polarized เนื่องจากประจุเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดสีของโมเลกุลเช่นกัน ซึ่งคุณสมบัติการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของโมเลกุลสารแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 3 (Darrington, 1986 : 29-31)

ตาราง 3 ค่าการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของโมเลกุลสาร

โมเลกุลสาร	ค่าการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของโมเลกุลสาร
น้ำมันและไขมัน	0.06
น้ำกลั่น	0.12 – 0.15
เนื้อและผัก	0.25 – 0.35
น้ำเกลือ 2%	0.9
น้ำเกลือ 8%	1.3

ที่มา : Darrington, 1986 : 31

วัตถุบางชนิดจะมีการเคลื่อนที่ภายในโมเลกุลมากกว่าวัตถุอีกชนิดหนึ่ง เรียกลักษณะนี้ว่า ความหลวม ระดับความหลวมจะแปรผันตามคลื่นความถี่ อุณหภูมิ และคุณลักษณะของวัตถุ ถ้าวัตถุมีความหลวมมาก วัตถุนั้นจะสามารถดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟได้มาก นั่นคือวัตถุนั้นจะมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้นได้มาก (Glodblith, 1966 : 290) พลังงานไมโครเวฟสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$E = hf$$

เมื่อ  $E =$  พลังงาน

$h =$  ค่าคงที่ของพลังค์ ซึ่งมีค่า  $6.25 \times 10^{27}$  เฮิร์ตซ์ต่อวินาที  
หรือ  $6.25 \times 10^{34}$  จูลต่อวินาที

$f =$  คลื่นความถี่ (เฮิร์ตซ์)

เมื่อคลื่นความถี่สูง พลังงานที่ได้จะมีค่ามาก (Garrick, 1967 : 38) เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟจะแสดงในเทอมของพลังงาน จึงควรที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้ากับพลังงานความร้อนแต่เนื่องจาก 1 KW สามารถทำให้น้ำหนัก 1 Kg มีอุณหภูมิสูงขึ้น  $14.4^{\circ}\text{C}$  ต่อ นาที ดังนั้นพลังงานความร้อนที่จะได้จากกำลังไฟฟ้า 1 KW มีค่าเท่ากับ 57 BTU ต่อ นาทีต่อ KW หรือ 3,420 BTU ต่อ ชั่วโมงต่อ KW (Goldblith, 1966 : 291)

### คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ (Decareau, 1985 : 8-10)

#### 1. การสะท้อนกลับ (Reflection)

คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับภาชนะที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะ ซึ่งเป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะสะท้อนกลับหมด เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านภาชนะดังกล่าวได้ คุณสมบัติข้อนี้ของคลื่นไมโครเวฟถูกนำไปใช้ในเตาอบไมโครเวฟ โดยภายในเตาอบไมโครเวฟประกอบด้วย ฝาผนัง เพดาน พื้น ประตู จะมีการสะท้อนของคลื่นไมโครเวฟ ขณะเดียวกันใบพัดซึ่งทำด้วยโลหะที่อยู่ในเตาอบจะหมุนใบพัดเมื่อมีการทำงานของเตาอบไมโครเวฟ จะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นไมโครเวฟให้กระจายอย่างทั่วถึง จากนั้นภาชนะที่บรรจุจะหมุนเวียนให้ทุกส่วนของอาหารได้รับคลื่นไมโครเวฟเท่าๆกันตลอดเวลาที่เตาอบไมโครเวฟทำงาน จึงทำให้อาหารสุกสม่ำเสมอ

#### 2. การส่งผ่าน (Transmission)

คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระดาษ พลาสติก ไม้ กระเบื้อง และโพลีเมอร์ได้โดยไม่มีการดูดซับเข้าไป เนื่องจากภาชนะดังกล่าวจะดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้น้อยมากและยอมให้คลื่นไมโครเวฟผ่านไปได้ เป็นการให้ความร้อนกับวัตถุโดยตรง นี่เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ภาชนะไม่ร้อนเมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟ แต่ถ้าเป็นเตาอบธรรมดาภาชนะแก้วมักจะแตกและพลาสติกจะละลายเมื่อร้อนเกินไป ความร้อนที่เกิดขึ้นกับภาชนะในการใช้เตาอบไมโครเวฟ เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุนั้นไม่ใช่ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ จากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นจึงเหมาะสมที่จะนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ฆ่าเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร เนื่องจากภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารทำจากพลาสติกทนความร้อนจึงไม่เกิดการละลายขึ้น

#### 3. การดูดซึม (Absorption)

คลื่นไมโครเวฟสามารถดูดกลืนเข้าไปในวัตถุได้โดยความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุ และแพร่กระจายเข้าไปในวัตถุลึกประมาณ  $\frac{3}{4}$  ถึง  $1\frac{1}{2}$  นิ้ว โดยคลื่นไมโครเวฟจะทำให้โมเลกุลของของเหลวในวัตถุ เช่น น้ำ ไขมัน และน้ำตาล เป็นต้น เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลด้วย

ความเร็วสูง การสัมผัสที่ร้อนจะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างโมเลกุลด้วยกันเองกลายเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถทำให้อาหารสุกและสามารถฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอาหารได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (รุ่งนภา วิสิษฐุตรการ, 2539 : 284-285)

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของวัตถุ เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดอัตราและเวลาการให้ความร้อน โดยอุณหภูมิเริ่มต้นยิ่งสูง วัตถุจะยิ่งสุกเร็วขึ้น นอกจากนั้นความร้อนแฝง เช่น น้ำแข็งในอาหาร แช่แข็งที่เปลี่ยนไปเป็นน้ำ จะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2. ขนาดของวัตถุ วัตถุที่มีขนาดเหมือนกันจะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่วัตถุที่เล็กกว่าต้องการพลังงานน้อยกว่าวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า

3. รูปร่างของวัตถุ วัตถุที่รูปร่างไม่สม่ำเสมอจะเกิดความร้อนขึ้นไม่สม่ำเสมอทำให้วัตถุได้รับความร้อนน้อยหรือมากเกินไป เช่น วัตถุที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่จะร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอมากกว่าวัตถุที่มีมุมแหลมหรือมีทั้งส่วนหนาและบาง เป็นต้น

4. ความหนาแน่นหรือความเป็นเนื้อเดียวกันของวัตถุ วัตถุส่วนใหญ่มักมีความเป็นเนื้อเดียวกันที่ไม่สม่ำเสมอ โดยวัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะใช้เวลานานกว่าวัตถุที่มีองค์ประกอบที่เปิดและเป็นรูพรุนมากกว่า

5. ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) เป็นปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น  $1^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของวัตถุที่จะจุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับของน้ำ หน่วยของความจุความร้อนจำเพาะคือ จูล/ กรัม.องศาเซลเซียส ( $\text{J/g}^{\circ}\text{C}$ )

6. สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ ถ้าต้องการให้ผลระหว่างการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและผลการนำความร้อนมีความสมดุล อัตราการให้ความร้อนที่เหมาะสมจะต้องสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ เช่น สัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ผิวต่ำ อัตราการให้ความร้อนควรจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนไปยังชั้นในของวัตถุเกิดขึ้นอย่างเหมาะสม

ผลของไมโครเวฟต่อสุขภาพมนุษย์ (Lambert, 1980 : 625-628)

มนุษย์อาจได้รับคลื่นไมโครเวฟจากการรักษาโรคด้วยความร้อน เรดาร์ เตาอบระบบสื่อสาร ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น คลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้น เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ เป็นต้น จะเกิด ionizing radiation ส่วนคลื่นที่มีความยาวคลื่นกว้าง เช่น คลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ คลื่นอินฟราเรด เป็นต้น จะเกิด non - ionizing radiation

ผลของไมโครเวฟต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. Thermal effect เกิดเมื่อพลังงานไมโครเวฟเปลี่ยนเป็นความร้อนทำให้เกิด hyperthermia และ biological responses อื่น ๆ ร่างกายมีเนื้อเยื่อที่มีสภาพการนำไฟฟ้าต่างกัน ส่วนที่มีน้ำมากจะนำไฟฟ้าสูง และ การรับรู้ความรู้สึกอยู่ที่ผิวหนัง ถ้าความถี่ของการแผ่รังสีน้อยกว่า  $1 \text{ GHz}$  ( $10^9 \text{ cycle / sec}$ ) ผิวหนังไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ แต่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้ผิวหนังลึกลงไป เพราะการทะลุทะลวงของพลังงานจะถูกดูดเก็บไว้ในเนื้อเยื่อถึง 40% ของพลังงานที่กระทบผิวทั้งหมด ถ้าความถี่ของการแผ่รังสีมากกว่า  $3 \text{ GHz}$  จะรู้สึกร้อนเหมือนถูกแสงอินฟราเรดหรือแสงอาทิตย์โดยตรง โดยทั่วไปขณะที่ความถี่ของการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นอำนาจในการทะลุทะลวงจะลดลง ความถี่ของการแผ่รังสี  $1 - 3 \text{ GHz}$  จะมีการทะลุทะลวงของพลังงานและถูกดูดเก็บไว้ในเนื้อเยื่อประมาณ 20 - 100% ของพลังงานที่กระทบผิวทั้งหมดแล้วแต่ชนิดของเนื้อเยื่อ โดยความเสียหายของเนื้อเยื่อจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ผลจากความร้อนในร่างกายสูง มีดังนี้

1. เลือดได้รับ  $\text{O}_2$  ไม่เพียงพอทำให้เนื้อเยื่อได้รับ  $\text{O}_2$  ไม่เพียงพอด้วย
2. เลือดจะแข็งตัวช้ากว่าปกติเมื่อมีแผลเลือดออก
3. การไหลเวียนเลือดในร่างกายเร็วขึ้น
4. เซลล์เพิ่มการใช้  $\text{O}_2$  มากขึ้นกว่าภาวะปกติ
5. ฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงมีความสามารถในการจับกับ  $\text{O}_2$  ลดลง
6. ลดระยะเวลาในการจับกับ  $\text{O}_2$  ของฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงที่ปอด
7. อัตราการหายใจเร็วผิดปกติ

อวัยวะที่ไวต่อพลังงานไมโครเวฟ ได้แก่ ปอด ดวงตา กระเพาะปัสสาวะ ถุงน้ำดี บางส่วนของระบบทางเดินอาหาร และ ลูกอัณฑะ อวัยวะที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ ดวงตา และ ลูกอัณฑะ

## 2. Nonthermal effect

เกิดเมื่อร่างกายขาด  $\text{O}_2$  อาจเกิดการชักกระตุกของกล้ามเนื้อ ชัก ไม่รู้สึกตัว และตายได้ ทำให้ระบบ metabolism และ function ต่างๆทำงานผิดปกติ ดังนี้

2.1. ผลต่อดวงตา อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ lens protein เกิด denature แก้วตาจะขุ่นเกิดต้อกระจกดวงตา มีการพบการเกิดต้อกระจกกับคนงานที่ทำงานกับรังสีไมโครเวฟที่ความเข้มขึ้นไม่ต่ำกว่า  $350 \text{ mW / cm}^2$  เป็นเวลาหลายเดือนจนถึงปี และพบว่าคนที่ทำงานกับแหล่ง

กำเนิดไมโครเวฟหลายปีที่มีความเข้มข้น  $100 \text{ mW} / \text{cm}^2$  ความถี่  $1,500 - 3,000 \text{ MHz}$  เกิดอาการผิดปกติเกี่ยวกับดวงตา

2.2. ผลต่อระบบประสาท โดยเฉพาะระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) พบว่าคนที่ทำงานเกี่ยวกับระบบวิทยุ โทรทัศน์ โรงงานเหล็กกล้า มีอาการปวดศีรษะเมื่อยล้า มีความวิตกกังวล และ ตื่นเต้นง่าย

2.3. ผลต่อยีนส์ต่อมน้ำเหลือง (lymphocytes) เมื่อได้รับคลื่นวิทยุที่มีความถี่  $21 \text{ MHz}$  จะเกิดลักษณะผิดปกติของโครโมโซม (chromosome) โดยพบว่าโครโมโซมที่ต่อมน้ำเหลืองมีความผิดปกติเมื่อใช้รังสีไมโครเวฟที่มีความเข้มข้น  $7 - 14 \text{ mW} / \text{cm}^2$

2.4. ผลต่ออวัยวะสืบพันธุ์พบว่าจะทำให้ลายเนื้อเยื่อของลูกอณฑะเกิดเป็นหมันชั่วคราว และ seminiferous tubules ถูกทำลายไปบ้างแต่จะกลับเป็นปกติในที่สุด

2.5. ผลต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะอื่น ๆ เช่น blood cells, macromolecules, bone marrow และ cell membrane เป็นต้น

#### ปริมาณจำกัดของคลื่นไมโครเวฟที่ควรได้รับ (Limits of exposure)

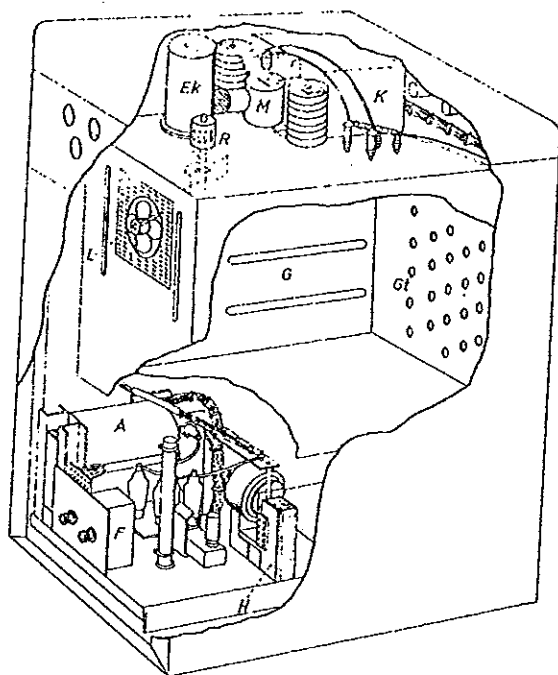
ในปี ค.ศ. 1971 American Conference of Governmental Industrial Hygienists กำหนดค่า Threshold limit value ดังนี้ ปริมาณที่คนงานได้รับวันละ 8 ชั่วโมง หรือ 40 ชั่วโมง ต่ออาทิตย์ มีความเข้มข้นไม่เกิน  $10 \text{ mW} / \text{cm}^2$  และมีความถี่ในช่วง  $300 \text{ MHz} - 300 \text{ GHz}$  และ Bureau of Radiological Health ได้กำหนดค่าการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟจากเตาอบใหม่ไม่เกิน  $1 \text{ mW} / \text{cm}^2$  และค่าการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟจากเตาอบเก่าไม่เกิน  $5 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (Lambert, 1980 : 628)

#### องค์ประกอบของเตาอบไมโครเวฟ (Copson, 1975 : 19)

1. ตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (microwave generator) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานคลื่นไมโครเวฟความถี่สูง โดยใช้แมกนีตรอน (magnetron) เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งประกอบด้วยหลอดอิเล็กตรอนและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ระบบนำคลื่น (wave guide system) ทำหน้าที่บังคับทิศทางของคลื่นไมโครเวฟให้ไปตามตำแหน่งที่ต้องการ และมีพัดลมช่วยกระจายคลื่นไมโครเวฟให้ทั่วถึง

3. เตาอบ (treatment chamber) มักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และผนังทำจากโลหะ ทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นไมโครเวฟภายในเตาอบ



ภาพประกอบ 3 องค์ประกอบของเตาอบไมโครเวฟ (A,Anod voltage transformer ;  
EK,Cylindrical wave guide coupling ; F,Suppressor filter ; G,Oven ;  
Gt,Oven Door ; H,Heater current transformer ; K,Cooling fan ; L,Exhaust  
fan ; M,Air-cooled magnetron with ferroxdure magnets ; R,Mode stirrer)

ที่มา : Copson, 1975 : 19

คุณสมบัติของเตาอบไมโครเวฟ (Garrick, 1967 : 36)

1. ใช้งานง่าย ประหยัดเวลา
2. ลดค่าใช้จ่าย ลดการสูญเสียพลังงานที่ใช้
3. รักษาคุณค่าอาหาร ไม่ทำให้กลิ่น รสของอาหารเสียไป
4. เลือกระดับความร้อนที่ต้องการได้ สามารถทำละลายเชื้อจุลชีพได้ และป้องกันไม่ให้แบคทีเรียเจริญเติบโต เนื่องจากอาหารอยู่ที่อุณหภูมิ 25 – 50°C เป็นเวลานาน
5. ทำความสะอาดง่าย
6. สามารถใช้ภาชนะธรรมดาที่ใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป เช่น จานแก้ว จานกระเบื้อง หรือถุงพลาสติก เป็นต้น นำเข้าเตาอบไมโครเวฟได้
7. มีความปลอดภัย เนื่องจากไม่มีการสันดาป ไม่มีเปลวไฟ เพื่อให้เกิดความร้อนในขณะที่เตาอบไมโครเวฟกำลังทำงาน

ภาชนะที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟ (บริษัทซาร์ป, 2541 : 13-15)

ภาชนะที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟควรมีคุณสมบัติยอมให้คลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในอาหารหรือวัตถุได้โดยไม่มีภาระสะท้อนกลับหรือดูดซับคลื่นไมโครเวฟเอาไว้ มีดังนี้ คือ

1. ภาชนะไม้ประเภทหวาย ไม้ และ ฟาง ใช้ได้กับเตาอบไมโครเวฟในระยะเวลาสั้นๆ และไม่ควรใช้กับอาหารที่มีมันมาก หรือประกอบด้วยน้ำตาลปริมาณสูง เพราะความร้อนจากอาหารจะทำให้ภาชนะประเภทนี้ เกรียม แห้ง และ แตก ได้

2. กระเบื้อง ชาม จาน ถ้วย หรือ ภาชนะก้นลึกต่างๆที่ทำจากกระเบื้องใช้ได้กับเตาอบไมโครเวฟ แต่ไม่ควรเป็นชนิดที่มีเส้นขอบเงินหรือทอง เพราะสีหรือวัตถุที่เคลือบภาชนะเหล่านี้ มักประกอบด้วยวัตถุที่ทำจากโลหะจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับเตาอบไมโครเวฟ

3. ภาชนะพลาสติก ประเภทถุงพลาสติกที่ทนความร้อนใช้ได้กับเตาอบไมโครเวฟ อย่าใช้ถุงพลาสติกธรรมดา เพราะจะไม่สามารถทนความร้อนของอาหารได้ และไม่ควรใช้ภาชนะพลาสติกสำหรับอาหารที่มีมันมากหรือประกอบด้วยน้ำตาลจำนวนมาก เพราะอาหารจะร้อนจัดมากเกินไป อาจทำให้ถุงพลาสติกละลายหรือเสียรูปทรงได้ เวลาใช้ถุงพลาสติกประกอบอาหารหรือบรรจุวัตถุ ไม่ควรผูกถุงพลาสติกด้วยโลหะ ในกรณีที่ถูกมัดปากถุงควรเจาะถุงให้เป็นรู เพื่อให้ไอน้ำมีการถ่ายเทออกไป

4. ภาชนะโลหะ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะ หรือภาชนะที่มีขอบเป็นโลหะ เงิน และทอง เพราะคลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับหมดเมื่อกระทบภาชนะโลหะ ทำให้อาหารไม่สุกหรือวัตถุไม่สามารถดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้และอาจเกิดประกายไฟหรือติดไฟได้

5. แก้วทนไฟ เป็นภาชนะที่เหมาะสมสำหรับเตาอบไมโครเวฟที่สุด ควรเป็นประเภทที่ไม่มีวัตถุโลหะประกอบ เช่น ไพเร็กซ์ คอร์นนิ่งแวร์ เครื่องเคลือบเซรามิค และเครื่องปั้นดินเผา เป็นต้น ส่วนแก้วบางๆ แม้ว่าคลื่นไมโครเวฟจะผ่านได้ก็ตาม แต่ความร้อนจากอาหารจะทำให้แก้วแตกได้

6. ภาชนะกระดาษ เหมาะสำหรับอาหารที่ใช้ความร้อนไม่มาก เช่น การอุ่นอาหาร หรืออาหารที่ใช้เวลาทำให้สุกสั้นมาก และอาหารที่ไม่ค่อยมีมันมาก ไม่มีน้ำตาลหรือน้ำ เป็นต้น ควรใช้ภาชนะกระดาษ เช่น กระดาษเช็ดปาก กระดาษเช็ดมือ จานกระดาษ ถ้วยกระดาษ และกล่องกระดาษต่างๆ เป็นต้น ควรหลีกเลี่ยงกระดาษไข เพราะความร้อนจากอาหารจะทำให้กระดาษไขละลายได้และเข้าไปอยู่ในอาหาร และไม่ควรนำกระดาษที่นำมาหลอมใหม่ หรือมีสารอื่นเจือปน เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ หรือถุงกระดาษสีน้ำตาล เป็นต้นมาใช้ เพราะมีส่วนผสมที่ไม่บริสุทธิ์ และจะทำให้เกิดประกายไฟเป็นอันตรายต่อเตาอบไมโครเวฟได้



7. แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ใช้ได้ในปริมาณเล็กน้อย เช่น หุ้มอาหารหรือวัตถุบางส่วน เป็นต้น เพื่อป้องกันการไหม้หรือสุกเกินไป แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ถ้าอยู่ใกล้ผนังเตาอบไมโครเวฟมากเกินไปหรือใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์มากเกินไปจะทำให้เกิดประกายไฟขึ้นได้

เพื่อให้แน่ใจว่าภาชนะประเภทใดเหมาะสมที่จะใช้กับเตาอบไมโครเวฟหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยวางภาชนะเปล่าๆกับน้ำ 1 แก้วในเตาอบไมโครเวฟ และเปิดเครื่องเต้มกำลัง 1 นาที ภาชนะที่เหมาะสมจะเพียงแต่อุ่น ๆ เท่านั้น

ในปี 1995 Andrews ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟของบรรจุภัณฑ์ระหว่างคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 3,000 MHz และคลื่นวิทยุ (Radio Frequency : RF) ที่ความถี่ 10 MHz ดังแสดงในตาราง 4 บรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทจะดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟไว้แตกต่างกัน ตัวเลขยิ่งสูงหมายความว่าบรรจุภัณฑ์นั้นจะดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟได้มาก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าไม่มีปัญหาอะไรที่จะใช้การฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟของตัวสินค้าและบรรจุภัณฑ์พร้อมกัน

ตาราง 4 ความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟของบรรจุภัณฑ์

วัสดุบรรจุภัณฑ์	ตรวจนี้ความสามารถในการดูดกลืนพลังงาน	
	RF ที่ 10 MHz	MW ที่ 3,000 MHz
ขวดแก้วแบบทั่วไป (Soda-lime)	0.1100	0.2000
กระดาษที่มีความชื้น 10%	0.4000	0.4000
กระดาษแข็งที่มีความชื้น 10%	0.8000	0.4000
ไนลอน 66	0.0900	0.0400
โพลีเอสเตอร์	0.0400	0.0400
PE	0.0004	0.0010
PS	0.0005	0.0005
PVC ที่มี Plasticizer 40%	0.4000	0.1000

ที่มา : Andrews, 1995 : 168

ขนาดและรูปร่างภาษาที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟ (บริษัทชาร์ป, 2541 : 12)

1. ภาษาทรงกลม เป็นภาษาที่เหมาะสมที่จะใช้กับเตาอบไมโครเวฟมากที่สุด เพราะคลื่นไมโครเวฟจะถูกดูดซับโดยอาหารหรือวัตถุจากทุกทิศทาง คือ ด้านบน ด้านล่าง ด้านข้าง และตรงกลาง ซึ่งจะทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วและทั่วถึง
2. ภาษาทรงสูง เป็นภาษาที่มีความลึกมาก จะใช้เวลาในการปรุงอาหารหรือทำให้วัตถุร้อน เพราะอาหารหรือวัตถุที่อยู่ด้านในตรงกลางภาษาจะสุกหรือร้อนช้า ในขณะที่อาหารหรือวัตถุที่อยู่ส่วนบนจะสุกหรือร้อนเร็วกว่า
3. ภาษาทรงเหลี่ยม อาหารหรือวัตถุที่อยู่บริเวณมุม หรือ เหลี่ยมของภาษาจะได้รับคลื่นไมโครเวฟมากกว่าบริเวณอื่น จึงทำให้อาหารหรือวัตถุส่วนนั้นสุกหรือร้อนก่อนหรืออาจไหม้ได้ถ้าใช้เวลานานเกินไป
4. ภาษาเตี้ยและกว้าง ควรเกลี่ยอาหารหรือวัตถุให้แผ่กว้าง ซึ่งจะทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วและทั่วถึง

## 2. นมผสม

น้ำนมแม่เป็นอาหารที่ดีที่สุดสำหรับเด็ก ในสมัยก่อนเด็กแรกเกิดทุกคนต้องได้รับการเลี้ยงดูด้วยนมแม่ แต่ในภาวะการณ์ปัจจุบันมีเหตุจำเป็นบางประการที่ทำให้แม่ไม่สามารถให้นมลูกได้ เช่น แม่จำเป็นต้องทำงานนอกบ้าน หรือเพราะความเจ็บป่วย เป็นต้น จึงจำเป็นต้องใช้นมผสมเลี้ยงลูกแทน (งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 23) นมผสมที่ใช้เลี้ยงเด็กนั้นเป็นนมที่ได้มาจากการดัดแปลงส่วนประกอบต่างๆของนมวัวให้คล้ายนมแม่มากที่สุดเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของเด็ก (ไกรสิทธิ์ ตันศิริรินทร์, 2522 : 28) ดังนั้นถ้าเลือกนมผสมไม่เหมาะกับเด็กแล้ว ก็อาจทำให้เกิดอันตรายกับเด็กได้ เช่น โรคขาดสารอาหาร ท้องเดิน เป็นต้น เนื่องจากนมผสมแต่ละชนิดมีส่วนผสมที่แตกต่างกันไป การเลือกใช้นม ควรเลือกให้เหมาะสมกับอายุของเด็ก โดยใช้ปริมาณโปรตีนที่มีในนมเป็นตัวบ่งชี้ เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย และมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของไตด้วย ดังนั้นปริมาณโปรตีนจากนมที่ให้เด็กจะต้องพอเหมาะ ถ้าเด็กได้รับโปรตีนน้อยเกินไป อาจจะทำให้เป็นโรคขาดสารอาหาร หรือถ้าได้รับโปรตีนมากเกินไป อาจจะทำให้ไตทำงานหนักมากขึ้น (งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 23)

การเตรียมนมผสมต้องทำด้วยความระมัดระวังตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะดวก ขวดนมและฝาจุกนม การผสมนม การบรรจุ การนึ่งฆ่าเชื้อ การส่งถึงหอผู้ป่วย การเก็บรักษาใน ตู้เย็นบนหอผู้ป่วย และการให้บริการบนหอผู้ป่วย เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคเนื่องจากผู้ป่วย ที่รับประทานนมผสมนี้เป็นผู้ป่วยเด็กแรกเกิด , ผู้ป่วยเด็กคลอดก่อนกำหนด , ผู้ป่วยเด็กที่มี ภูมิคุ้มกันต่ำ , ผู้ป่วยเด็กที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น ทำให้มีความ เสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการได้รับนมผสมที่มีการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคได้ง่าย จากรายงานการ ระบาดของโรค Necrotizing Enterocolitis (NEC) ในหอผู้ป่วย NICU โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ประจำเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2542 ได้ตรวจพบเชื้อ *Escherichia coli* ใน Gastric content ของผู้ป่วยเด็กในช่วงนั้น และจากผลการเพาะเชื้อตัวอย่างนมผสมจากหอผู้ป่วยเด็ก 1 , หอผู้ป่วย สูติกรรม , หออภิบาลผู้ป่วยเด็ก และ Nursery ในช่วงนั้น ก็พบว่ามี การปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli*  $10^7$  cfu/ml ในนมผสมสูตร F 1:2 จากหอผู้ป่วยเด็ก 1 ด้วยเช่นกัน จึงคิดว่า สาเหตุหนึ่งของการระบาดของโรค NEC น่าจะมาจากการที่ผู้ป่วยเด็กรับประทานนมผสมที่มีการ ปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli* เข้าไป (หน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 24)

นอกจากนี้ มีรายงานการศึกษาลักษณะการฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมด้วยเตาอบไมโครเวฟ โดย Kindle, et al. ในปี 1996 โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 600 W ที่ ระยะเวลา 95 , 85 , 90 , 100 และ 100 วินาที ตามลำดับฆ่าเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* , *Escherichia coli* , *Enterobacter sakazakii* , *Klebsiella pneumoniae* , *Staphylococcus aureus* , *Candida albicans* , *Mycobacterium terrae* และ Poliomyelitis vaccine-virus ความเข้มข้น  $10^5$  cfu/ml ที่ปนเปื้อนนมผสม 5 ชนิด ขนาด 100 มิลลิลิตร วัดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 92 , 82 , 93 , 93 และ 93°C ตามลำดับ แล้วนำไปเพาะเชื้อพบว่าเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* , *Mycobacterium terrae* และ Poliomyelitis vaccine-virus ถูกฆ่าตายหมด ส่วนเชื้อ *Escherichia coli* , *Enterobacter sakazakii* , *Staphylococcus aureus* , *Klebsiella pneumoniae* และ *Candida albicans* มีอัตราการรอดชีวิตจากน้อยไปหามากตามลำดับ

ชนิดของนมผสม (งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 23-25)

1. นมคล้ายนมคน (Humanized Milk) เป็นนมผงที่ทำขึ้นเพื่อใช้แทนนมแม่ มีคุณค่า ทางสารอาหารใกล้เคียงกับนมแม่มากที่สุด จึงเหมาะสำหรับเด็กแรกเกิดถึง 6 เดือน นมประเภทนี้จะมีโปรตีนประมาณ 11% - 12% ในลักษณะที่เป็นผง ถ้าผสมน้ำตามสัดส่วนที่ ถูกต้องจะได้ปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับโปรตีนในนมแม่มากที่สุด คือ ประมาณ 1.1% - 1.6%

ได้แก่ Nan , S26 , Enfamil , Similac with Iron , Lactogen , Mamax , Dumax , Meiji และนมผงหมีหวาน

2. นมผงครบส่วน หรือนมวัว (Whole Milk) จะมีปริมาณโปรตีนสูงเป็น 2 – 3 เท่าของนมคล้ายนมคน คือ มีโปรตีนประมาณ 22% - 27% ในลักษณะที่เป็นผง ถ้าผสมน้ำตามสัดส่วนที่ถูกต้องจะได้ปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับโปรตีนในนมวัวมากที่สุด คือ ประมาณ 2% - 3% จึงเหมาะสำหรับเด็กอายุ 6 เดือนขึ้นไป ซึ่งมีหลายประเภท คือ

2.1. ในรูปนมผง ได้แก่ Klim , Nespray , Bear Brand Full Protein , Lactogen Full Protein และ Olac

2.2. ในรูปนมพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurized Milk) ควรใช้กับเด็กอายุ 1 ขวบขึ้นไป ก่อนให้เด็กควรต้มเสียก่อน ได้แก่ นมสดหนองโพ , นมสดโฟร์โมสต์ , นมสดเพียว , นมสดฟาร์ม และนมสดไทยเดนมาร์ค

2.3. ในรูปนมสดระเหย (Evaporated Milk) นมชนิดนี้จะมีการระเหยน้ำออกโดยกรรมวิธีต่างๆ ดังนั้นถ้าจะใช้แทนนมสดต้องเติมน้ำเท่าตัว ได้แก่ Carnation , Dutch Baby , Sea Gull , Alaska และนมตรามะลิชนิดนมข้นไม่หวาน

3. นมปลอดไขมัน (Skimmed Milk) เป็นนมที่ได้สกัดเอาไขมันออกจะมีปริมาณโปรตีนสูงมาก ในบางกรณีอาจจะให้กับเด็กที่เป็นโรคขาดโปรตีนอย่างรุนแรง ผู้ใหญ่ที่ต้องการลดน้ำหนัก แต่ไม่เหมาะสำหรับเด็กปกติทั่วไป ได้แก่ Carnation Non Fat และนมผงของยูนิเซฟ

4. นมกรด (Acidified Milk) เป็นนมที่มีกรด Lactic มีปริมาณโปรตีนประมาณ 16.5% หรือ 2.4 กรัม ในน้ำนม 100 มิลลิลิตร ใช้ในกรณีที่เด็กท้องเสียเนื่องจากการติดเชื้อ ก่อนใช้ควรปรึกษาแพทย์ก่อนทุกครั้ง ไม่ควรใช้ระยะยาว ได้แก่ Pelargon , ยาคุลท์ และโยเกิร์ต

5. นมถั่วเหลือง ใช้สำหรับเด็กที่มีอาการแพ้ น้ำตาลแลคโตสในนม คือ จะมีอาการท้องเสีย อาจพบในเด็กแรกเกิด ในกรณีนี้แพทย์อาจแนะนำให้ใช้นมถั่วเหลืองแทน ซึ่งมีทั้งในรูปแบบนมสด ได้แก่ นมถั่วเหลืองเกษตร และในรูปนมผง ได้แก่ Sobee , Prosobee และ Isomil

6. นมขันทาน ไม่เหมาะสำหรับเด็กทารก เพราะมีคุณค่าสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของเด็กไม่เพียงพอโดยเฉพาะโปรตีน

7. นมพิเศษเฉพาะโรค จะต้องใช้ตามคำสั่งแพทย์เท่านั้น ได้แก่ Pregestimilk , Nutramigen

สำหรับนมผสมของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ที่เตรียมเองโดยงานโภชนาการมีสูตรนมมาตรฐานสำหรับใช้กับนมลักษณะต่างๆกัน ดังนี้คือ

1. สูตรนม N 1:2 เป็นนมสำหรับเด็กแรกเกิดถึง 6 เดือน ได้แก่ S26 , Alacta , Mamax , Similac , Meiji ดังแสดงในตาราง 5
2. สูตรนม F 1:2 เป็นนมสำหรับเด็กอายุ 6 เดือนขึ้นไป นมชนิดนี้จะมีโปรตีนสูงกว่านมสูตร N 1:2 ได้แก่ Snow Brand , Pro Milk , Enfapro ดังแสดงในตาราง 5
3. สูตรนม P 1:2 เป็นนมสำหรับเด็กคลอดก่อนกำหนด (Premature) และเด็กป่วย โดยใช้สูตรนม N 1:2 ผสมน้ำเชื่อม 4 มิลลิลิตร ซึ่งน้ำเชื่อมมีส่วนผสม คือ น้ำตาลทราย 1,000 กรัม ต่อ น้ำ 2,000 มิลลิลิตร เพราะฉะนั้น น้ำเชื่อม 2 มิลลิลิตร จะได้พลังงานเท่ากับ 4 แคลอรี ดังแสดงในตาราง 5
4. นำนมพิเศษเฉพาะโรค อัตราส่วนผสมตามคำสั่งแพทย์ โดยคิดเป็นแคลอรีต่อออนซ์ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 5 อัตราส่วนผสมสูตรนม N 1:2 , สูตรนม F 1:2 และ สูตรนม P 1:2

รายการ	สูตรนม N 1:2		สูตรนม F 1:2		สูตรนม P 1:2	
	น้ำหนัก	พลังงาน (แคลอรี)	น้ำหนัก	พลังงาน (แคลอรี)	น้ำหนัก	พลังงาน (แคลอรี)
นมผง 1 ส่วน	8 กรัม	40	8 กรัม	40	8 กรัม	40
ผสมน้ำต้มสุก	60 มิลลิลิตร		60 มิลลิลิตร		60 มิลลิลิตร	
น้ำเชื่อม					4 มิลลิลิตร	8
รวม		40		40		48

หมายเหตุ : 1:2 หมายถึง นม 1 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 2 แคลอรี

ที่มา : งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 24

ตาราง 6 อัตราส่วนการผสมนม Pan – enteral , นม Isomil , นม Enfalace , นม Pregestimil และนม Prosobee

พลังงาน (แคลอรี/ ออนซ์)	Pan – enteral / Isomil / Enfalace (กรัม/มิลลิลิตร)	Pregestimil (กรัม/มิลลิลิตร)	Prosobee (กรัม/มิลลิลิตร)
5	-	1.225	-
7.5	1.5	-	-
10	2	2.45	2.2
15	3	3.67	3.3
20	4	4.9	4.4
25	5	-	5.5
30	6	7.35	6.6
35	7	-	7.7
40	8	9.8	8.8
45	9	-	-
50	10	-	-

ที่มา : งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 25

### 3. อาหารทางสายให้อาหาร (Enteral tube feeding)

อาหารทางสายให้อาหาร (Enteral tube feeding) หมายถึง อาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่สามารถผ่านทางสายให้อาหารเข้าสู่ร่างกายโดยไม่ติดขัด และมีคุณค่าทางอาหารสูงเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกายของผู้ป่วยแต่ละคน (รุจิรา สัมมะสุด, 2531 : 51) โดยเป็นอาหารทางการแพทย์ที่ให้แก่ผู้ป่วยโดยผ่านระบบทางเดินอาหาร (enteral nutrition) ในกรณีที่ผู้ป่วยกินอาหารทางปากไม่ได้ กินได้แต่ไม่พอกับความต้องการ ไม่ควรให้กินเพราะมีอาการอื่นๆ เช่น ผู้ป่วยมีอาการหอบมาก เป็นต้น หรือในกรณีที่ผู้ป่วยมีปัญหาในการย่อยและการดูดซึมอาหาร ต้องให้อาหารทางหลอดเลือดดำ การให้อาหารทางสายให้อาหารจะปลอดภัยกว่า ราคาถูกกว่า และเกิดโรคแทรกซ้อนน้อยกว่าการให้อาหารทางหลอดเลือดดำ คุณสมบัติของอาหารทางสายให้อาหารที่ทำโดยโรงพยาบาลเอง (hospital tube feeding formular) นอกจากจะต้องมีคุณค่าอาหารตามสูตรที่กำหนดและความหนืดพอเหมาะ เพื่อให้อาหารผ่านทางสายได้ง่ายแล้ว

ยังต้องทำจากส่วนประกอบที่หาง่าย มีสี กลิ่น และรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้ป่วยด้วย (อารีรักษ์ พิชนันโพบูลย์, ชะอ้อน จันจะนะ และ เสาวนีย์ บรมธนรัตน์, 2538 : 42)

การเตรียมอาหารทางสายให้อาหาร ต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อลดการปนเปื้อน เนื่องจากผู้ป่วยที่ได้รับอาหารประเภทนี้มีร่างกายอ่อนแอกว่าผู้ป่วยทั่วไป ได้แก่ ผู้ป่วยที่ไม่รู้สึกตัว , ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร , ผู้ป่วยที่รับประทานอาหารได้น้อย , ผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ , ผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับการรักษาโดยการฉายรังสีหรือการได้รับยาเคมีบำบัด เป็นต้น มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการได้รับอาหารทางสายให้อาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อก่อโรค (Pingleton, 1989 : 51-55, quoted in Jason Payne James, 1992 : 369-373) จากรายงานการปนเปื้อนอาหารทางสายให้อาหารที่มีผู้ทำการศึกษาไว้ (เกศราพรรณ พงษ์พิณิจศักดิ์, 2541 : 4-5)

จากการศึกษาการปนเปื้อนของอาหารทางสายให้อาหารโดย Patcher, *et al.* (1994 : 327-330) ทำการเก็บตัวอย่างหลังจากผสมเสร็จทันที พบว่ามีการปนเปื้อนร้อยละ 16 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 หลังจากให้ผู้ป่วย ระดับการปนเปื้อนอยู่ในช่วง  $1.0 \times 10^1 - 1.0 \times 10^8$  cfu/ml โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้แก่ Coagulase negative staphylococci , Streptococci (fecal and viridans) และ Gram negative bacilli

Anderton (1993 : 43-49) ทำการศึกษาในประเทศอังกฤษ พบว่า มีการปนเปื้อนของ total bacteria count ในอาหารหลังเตรียมเสร็จทันทีและก่อนให้บริการผู้ป่วย ร้อยละ 30 โดยชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้แก่ Coagulase negative staphylococci , *Bacillus* spp. , *Klebsiella oxytoca* และ *Enterobacter cloacae*

Fernandez-Crehuet Navajas, *et al.* (1992 : 111-120) ทำการศึกษาการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในอาหารทางสายให้อาหาร จำนวน 208 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนจาก total bacteria count 56 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 26.9 ในตัวอย่างที่มีการปนเปื้อน 56 ตัวอย่าง พบว่า 11 ตัวอย่าง ไม่สามารถให้ผู้ป่วยได้เลย เนื่องจากมีการปนเปื้อนปริมาณสูงจนทำให้เกิดการเน่าบูด และอีก 45 ตัวอย่าง สามารถนำมาให้ผู้ป่วยได้หลังจากทำให้การปนเปื้อนลดลงโดยการให้ความร้อน ผู้ป่วยที่ได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อน 43 ตัวอย่าง จาก 56 ตัวอย่าง เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร (gastroenteritis) ทำให้เกิดอาการ ไข้ ปวดท้อง ท้องเสีย และคลื่นไส้อาเจียน ใน 24 ชั่วโมงหลังได้รับอาหารทางสายให้อาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Patcher, *et al.* (1994 : 327-330) พบว่าการเกิด enterocolitis ในหอผู้ป่วย ICU เกิดจากอาหารทางสายให้อาหารที่เตรียมในโรงพยาบาล พบการปนเปื้อนของ total bacteria count  $1.0 \times 10^5 - 1.0 \times 10^6$  cfu/ml

เชื้อจุลินทรีย์ที่พบ ได้แก่ *Klebsiella* spp. , *Escherichia coli* , *Enterobacter* spp. , *Proteus* spp. , *Pseudomonas aeruginosa* และ *Moraxella* spp.

Thrun, et al. (1990 : 203-217) ทำการศึกษาในผู้ป่วย 24 คน ที่ได้รับอาหารทางสายให้อาหารภายใน 24 ชั่วโมง ในหอผู้ป่วย ICU โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับอาหารทางสายให้อาหารที่มีการปนเปื้อนกับการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection) โดยการสวอป nasopharyngeal และ rectal ภายใน 24 ชั่วโมง หลังได้รับอาหารทางสายให้อาหาร และสวอปซ้ำอาทิตย์ละ 2 ครั้ง จนกระทั่งผู้ป่วยกลับบ้าน หรือมีคำสั่งจากแพทย์ให้หยุดการรักษา ผลการศึกษาพบเชื้อจุลินทรีย์ 24 ชนิด ที่พบในอาหารทางสายให้อาหารสัมพันธ์กับผลการเพาะเชื้อจากผู้ป่วยร้อยละ 87.5 ของเชื้อที่พบในผู้ป่วยเป็นเชื้อชนิดเดียวกับที่พบในอาหารทางสายให้อาหาร ได้แก่ *S. marcescens* , *K. pneumoniae* , *A. baumannii* , *E. cloacae* , *P. maltophilia* และ *Bacillus* spp.

Bastow, Greave and Allison (1982 : 213-217) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของอาหารทางสายให้อาหาร พบว่าอาหารทางสายให้อาหารหลังผสมทันทีที่มีการปนเปื้อนจาก total bacteria count  $1.0 \times 10^2$  -  $1.0 \times 10^3$  cfu/ml และระหว่างให้ผู้ป่วยใน 8 ชั่วโมงแรก พบ  $1.0 \times 10^3$  -  $1.0 \times 10^4$  cfu/ml ชั่วโมงที่ 16 พบ  $1.0 \times 10^4$  -  $1.0 \times 10^7$  cfu/ml และชั่วโมงที่ 24 พบ  $1.0 \times 10^8$  -  $1.0 \times 10^{10}$  cfu/ml เชื้อที่ตรวจพบ ได้แก่ *E. aerogenes* , *S. epidermidis* , *S. aureus* , *S. faecalis* , *E. coli* และ *Proteus* spp.

เกสรภาพรณ พงษ์พินิจศักดิ์ (2541 : 27-44) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์หลักการวิเคราะห์อันตรายที่จุดควบคุมวิกฤต (HACCP) เพื่อตรวจสอบคุณภาพอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ พบว่ามีการปนเปื้อนจาก total bacteria count (เกณฑ์มาตรฐานมีได้ไม่เกิน  $1.0 \times 10^2$  cfu/ml และไม่มี coliform และ fecal coliform bacteria) ในอาหารทางสายให้อาหารหลังผสม หลังบรรจุขวด และหลังนำออกจากตู้เย็น เกินมาตรฐานร้อยละ 74 , 79 และ 100 ตามลำดับ มือของผู้สัมผัสอาหาร ได้แก่ มือผู้ผสมส่วนผสม มือผู้บรรจุ และมือผู้ให้บริการ เกินมาตรฐานร้อยละ 88 , 93 และ 52 ตามลำดับ กระบอกให้อาหารเกินมาตรฐานร้อยละ 38 แต่ไม่พบการปนเปื้อนจาก Coliform bacteria และ Fecal coliform bacteria อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหาร (เกณฑ์มาตรฐานอุณหภูมิตู้เย็นไม่ควรเกิน 5°C) ความร้อนที่ใช้ในการทำให้อาหารร้อน (เกณฑ์มาตรฐานอุณหภูมิควรอยู่ระหว่าง 74 - 100°C) และความร้อนของอาหารหลังจากทำให้อาหารร้อน (เกณฑ์มาตรฐานอุณหภูมิควรมากกว่า 74°C นาน 3 นาที) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 57 , 100 และ 100 ตามลำดับ



อาหารทางสายให้อาหารแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ (งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 19)

1. สูตรน้ำนม ใช้นมเป็นส่วนผสมหลัก เพื่อให้คุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนและได้พลังงานตามที่แพทย์กำหนด อาจเพิ่มไข่ น้ำตาล น้ำมันพืชลงไป
2. สูตรผสม เป็นสูตรที่ใช้อาหารหลายชนิดมาปั่นผสมเข้าด้วยกัน ซึ่งมีทั้งผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ น้ำตาล และไขมัน กรองเอากากออก แล้วเติมน้ำต้มผัก เพื่อให้ได้ปริมาณตามที่แพทย์กำหนด
3. สูตรสำเร็จ เป็นสูตรทางการค้าที่สำเร็จรูปเป็นผง ผสมน้ำต้มสุกก็สามารถใช้กับผู้ป่วยได้เลย ซึ่งมีสัดส่วนการผสมบอไว้ที่ฉลากข้างกระป๋อง สูตรนี้นิยมใช้กันมาก เพราะสะดวกแต่ราคาค่อนข้างแพง

สำหรับอาหารทางสายให้อาหารของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ที่เตรียมเองโดยงานโภชนาการในปี 2535 ได้มีการปรับปรุงสูตรโดย ลัดดา เหมาะสุวรรณ และคณะ โดยลดส่วนผสมจากไข่ลงเพื่อลดโอกาสปนเปื้อนเชื้อโรคที่ทำให้ท้องร่วงโดยเฉพาะเชื้อ *Salmonella spp.* และไม่นมผงเพื่อป้องกันท้องร่วงจากภาวะพร่องน้ำย่อยแลคเตส มี 3 สูตร คือ 1) สูตรผสมนม เพื่อใช้ในเด็กโตและผู้ใหญ่ ใช้เนื้อนมเป็นส่วนประกอบหลัก 2) สูตรผสมไก่ ใช้ไก่แทนนมในสูตรผสมนม ใช้สำหรับผู้ป่วยอิสลาม และ 3) สูตรผสมนมถั่วเหลือง เพื่อใช้ในกรณีหยดอย่างต่อเนื่อง (continuous drip) และใช้เป็นอาหารเสริมทางปาก ใช้ถั่วเหลืองและไข่ไก่เป็นส่วนประกอบหลัก ทุกสูตรให้พลังงานประมาณ 1,000 แคลอรี/ลิตร และมีการกระจายพลังงานโดยประมาณคือ โปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต = 20 : 30 : 50 โดยค่าของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานในสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร ได้จากการคำนวณโดยใช้ตารางอาหารแลกเปลี่ยน (food exchange list) ต่อมาในปี 2538 ได้มีการศึกษาปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารทางสายให้อาหารของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ จำนวน 3 สูตร (สูตรผสมนม , สูตรผสมไก่ และ สูตรผสมนมถั่วเหลือง) โดยการวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต พลังงาน และแร่ธาตุ เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณไว้โดยใช้ตารางอาหารแลกเปลี่ยน โดย อารีรักษ์ พิษณุไพฑูรย์, ชะอ้อน จันจะนะ และ เสาวนีย์บรมธนรัตน์ พบว่าสูตรผสมนมถั่วเหลืองเป็นสูตรที่มีโปรตีน ไขมัน และพลังงานใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้มากที่สุด ในขณะที่สูตรผสมนม และสูตรผสมไก่มีไขมัน และพลังงานต่ำกว่าที่คำนวณไว้โดยใช้ตารางอาหารแลกเปลี่ยน โดยเฉพาะไขมันต่ำมาก สำหรับปริมาณแร่ธาตุพบว่าสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ค่อนข้างสูง มีโปตัสเซียมและโซเดียมพอสมควร แต่มีแคลเซียมและเหล็กอยู่ในปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับที่ Gormican and Liddy (1973 : 71-76)

ได้เสนอไว้ว่าสูตรอาหารทางสายให้อาหารนั้นควรมีสัดส่วนของพลังงานคือ โปรตีนร้อยละ 15 – 20 ไขมันร้อยละ 30 – 35 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45 – 55 อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อกรัมไนโตรเจนควรเท่ากับ 150 แคลอรี : 1 กรัมไนโตรเจน พบว่าสูตรผสมนมถั่วเหลืองมีสัดส่วนพลังงานใกล้เคียงกับที่เสนอไว้ คือ สัดส่วนพลังงาน (ร้อยละ) โปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต = 18.1 : 32.3 : 45.5 แต่สัดส่วนพลังงานที่ไม่ได้จากโปรตีนต่อกรัมไนโตรเจน = 109 : 1 ซึ่งต่ำกว่าที่เสนอไว้เล็กน้อย สำหรับสูตรผสมนมและสูตรผสมไก่ไม่ได้สัดส่วนในแง่ของอัตราส่วนระหว่างโปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต เนื่องจากไขมันต่ำกว่าที่คำนวณไว้มาก จึงได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้สูตรผสมนมถั่วเหลืองเพียงสูตรเดียว

ในปัจจุบันนิยมใช้สูตรผสมนมถั่วเหลือง BD (1:1) เป็นส่วนใหญ่ โดยมีคุณค่าทางโภชนาการในอัตราส่วน 1 แคลอรีต่อมิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 48 โปรตีนร้อยละ 20 และไขมันร้อยละ 32.8 ดังแสดงในตาราง 7 สำหรับอาหารทางสายให้อาหารสูตรผสมนมถั่วเหลืองสูตรอื่นๆนอกเหนือจากสูตร BD (1:1) เช่น BD (0.5 : 1) , BD (1.5 : 1) และ BD (2 : 1) เป็นต้น มีการเพิ่มปริมาณพลังงานโดยการเพิ่ม ไซตัม น้ำมันพืช และน้ำตาลทรายในอัตราส่วนที่เหมาะสม

ตาราง 7 ปริมาณส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางสายให้อาหารสูตรผสมนมถั่วเหลืองในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

ส่วนประกอบ	จำนวน (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	โซเดียม (มิลลิกรัม)	พลังงาน (แคลอรี)	โปรตีนเทียบ (มิลลิกรัม)
1.ถั่วเหลือง	150	36	16.5	-	-	3	292	918
2.ไซตัม	100	14	10.0	-	504	12	146	129
3.น้ำตาลทราย	120	-	-	120	-	-	48	-
4.น้ำมันพืช	10	-	10.0	-	-	-	90	-
5.เกลือแกง	2	-	-	-	-	800	-	-
รวม	372	50	36.5	120	504	928	1,008	1,047

หมายเหตุ : 1:1 หมายถึง อาหารทางสายให้อาหาร 1 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 1 แคลอรี

ที่มา : งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 20

#### 4. เชื้อก่อโรค (Pathogenic organisms, pathogens)

เชื้อก่อโรค หมายถึง เชื้อจุลชีพที่เป็นสาเหตุให้เกิดการติดเชื้อตามตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งกลไกในการทำให้เกิดการติดเชื้อของจุลชีพเหล่านี้มีดังนี้ (อะเค็ค อูณเลขกะ, 2541 : 34)

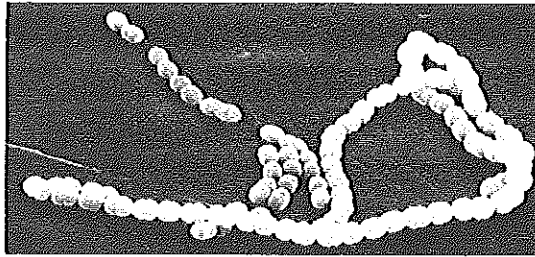
1. บุกรุกเข้าสู่ร่างกาย ไปเกาะกับเซลล์ของร่างกาย และทำลายเซลล์ของร่างกาย
2. แแบ่งตัวเมื่อเข้าไปเกาะอยู่กับเซลล์ของร่างกาย สร้างท็อกซิน (toxin) หรือสารต่างๆ ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

เชื้อก่อโรคที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาลในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจะเป็นเชื้อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมของผู้ป่วย และเชื้อถูกนำเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยด้วยวิธีการแพร่กระจายต่างๆ ได้แก่ การสัมผัสทั้งทางตรงและทางอ้อม การหายใจเอาละอองน้ำมูก น้ำลายที่มีเชื้อเข้าสู่ร่างกาย การได้รับการสอดใส่อุปกรณ์เครื่องมือที่มีการปนเปื้อนเชื้อหรือมีการทำลายเชื้อหรือมีการทำให้ปราศจากเชื้อไม่มีประสิทธิภาพดีพอ การได้รับยาอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อ การหายใจเอาเชื้อที่มีอยู่ในอากาศเข้าไปในร่างกาย เป็นต้น (อะเค็ค อูณเลขกะ, 2541 : 34) ดังนั้นการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาลซึ่งเกิดจากเชื้อก่อโรคที่อยู่ภายนอกร่างกายผู้ป่วย (exogenous organisms) ซึ่งเป็นมาตรการสำคัญที่จะช่วยลดการแพร่ระบาดของเชื้อก่อโรคในโรงพยาบาล

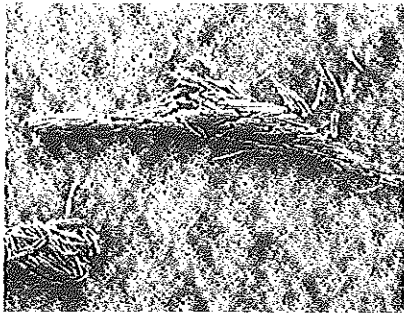
เชื้อก่อโรคแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. แบคทีเรีย (bacteria) (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541 : 3-7)

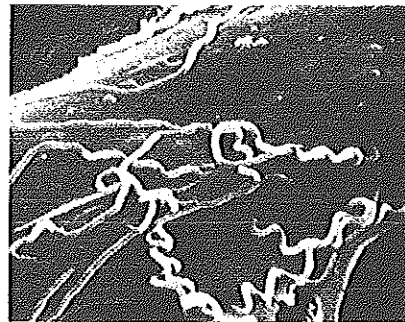
แบคทีเรียเป็นจุลชีพเซลล์เดียวชนิดโปรคาริโอตส์ มีขนาดและรูปร่างต่างๆกัน แบคทีเรียส่วนมากมีความยาวของเซลล์ตั้งแต่ 0.75 – 4.0  $\mu\text{m}$  และเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 1  $\mu\text{m}$  แบคทีเรียส่วนใหญ่ตัวจะโปร่งแสงและมีดัชนีหักเห (refractive index) คล้ายของเหลวที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นการจะให้เห็นตัวชัดเจนต้องอาศัยการย้อมสี รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียชนิดเดียวกันอาจผิดแผกกันไปได้บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะของการเจริญเติบโตหรืออายุของเชื้อ และสภาวะแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ด้วย แบคทีเรียบางชนิดเปลี่ยนรูปร่างได้หลายลักษณะ ที่เรียกว่า pleomorphism เช่น พวกคลามีเดีย เป็นต้น แบคทีเรียสามารถจำแนกตามรูปร่างพื้นฐานได้เป็น 3 ลักษณะ คือ รูปกลม (spherical) รูปท่อน (rod) รูปเกลียว (spiral)



(1) แบคทีเรียรูปกลม



(2) แบคทีเรียรูปท่อน



(3) แบคทีเรียรูปเกลียว

ภาพประกอบ 4 รูปร่างพื้นฐานของแบคทีเรีย  
ที่มา : McKane and Kandel, 1986 : 60

โครงสร้างและส่วนประกอบของแบคทีเรีย แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

#### 1. โครงสร้างและส่วนประกอบภายนอก

1.1. แฟล็กเจลลา (flagella) เป็นรยางค์ของแบคทีเรียที่เคลื่อนไหวได้ (motility) มีความยาวตั้งแต่ 3 – 12  $\mu\text{m}$  มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียวคล้ายเส้น โดยมีความหนาของเส้นเสมอกัน แบคทีเรียแต่ละชนิดมีจำนวนและตำแหน่งของแฟล็กเจลลาแตกต่างกันไป

แฟล็กเจลลามีฐานติดอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) องค์ประกอบของแฟล็กเจลลาเป็นสารโปรตีนที่เรียกว่า แฟล็กเจลลิน (flagellins) และมีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน (H antigen) จึงมีส่วนช่วยในการวินิจฉัยโรคทางอิมมูโนโนวิทยา

1.2. พิลิ (pili) หรือฟิมเบรีย (fimbriae) เป็นเส้นเล็กๆบางๆ และสั้นกว่าแฟล็กเจลลา มีส่วนประกอบเป็นพวกโปรตีนเพียงอย่างเดียว มีฐานติดอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างเซลล์แบคทีเรียในการถ่ายทอด DNA (deoxyribonucleic acid) ของแบคทีเรียตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง โดยวิธีที่เรียกว่า คอนจูเกชัน (conjugation)

1.3. แคปซูล (capsule) แบคทีเรียบางชนิดสร้างแคปซูลห่อหุ้มเซลล์อยู่ชั้นนอกสุด แคปซูลเป็นสารประกอบพวกโพลีแซคคาไรด์ มีน้ำตาล 2 – 3 ชนิดสลับ และส่วนใหญ่จะมีกรดยูโรนิก (uronic acid) ยกเว้นแคปซูลของเชื้อ *Bacillus anthracis* ซึ่งเป็นสารประกอบพวกโพลีเปปไทด์ของกรดดี – กลูตามิก (D – glutamic acid) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน (antigen) ที่แตกต่างกัน สามารถใช้ในการจำแนกชนิดของเชื้อโดยวิธีทางอิมมูโนวิทยาได้

แคปซูลทำหน้าที่ป้องกันเซลล์แบคทีเรียจากการทำลายโดยวิธีการจับกินของเม็ดเลือดขาว (phagocytosis) และมักจะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าเชือนั้นๆ มีความสามารถในการทำให้เกิดโรคได้หรือไม่ เพราะแบคทีเรียที่สูญเสียแคปซูลไปก็จะสูญเสียความสามารถในการทำให้เกิดโรคไปได้ แต่คุณสมบัตินี้สามารถกลับคืนมาใหม่ได้อีก

1.4. ผนังเซลล์ (cell wall) มีโครงสร้างที่แข็งและคงตัว (rigid) จึงทำให้แบคทีเรียคงรูปร่างอยู่ได้ และยังป้องกันตัวเชื้อจากการกระทบกับสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นอันตรายต่อเซลล์ รวมทั้งควบคุมการเข้าออกของสารอาหารและมีบทบาทในการแบ่งตัวของเซลล์

ส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้เซลล์คงรูปร่างอยู่ได้คือ เปปติโดไกลแคน (peptidoglycan หรือ mucopeptide หรือ murein) นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของผนังเซลล์ทำให้เชื้อเมื่อย้อมสีแกรมติดสีแตกต่างกัน ผนังเซลล์ของพวกแกรมบวกมีความหนาประมาณ 20 – 80 nm ผิวเรียบติดต่อกัน ประกอบด้วยชั้นที่หนาของเปปติโดไกลแคนเป็นหลัก และมีกรดไตโคอิก (teichoic acid) โพลีแซคคาไรด์ หรือ เปปติโดไกลโคไลปิดส์มาเกาะอยู่ ในขณะที่ชั้นเปปติโดไกลแคนของแกรมลบจะเป็นชั้นบางๆ ชั้นเดียวหนาประมาณ 5 – 10 nm มีเยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) ที่เป็นสารพวกไลโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharides – LPS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติเจนที่เรียกว่า somatic antigen หรือ O antigen และส่วนประกอบที่เป็นไขมันของ LPS ที่เรียกว่า lipid A ยังมีคุณสมบัติเป็นเอ็นโดทอกซินอีกด้วย

1.5. เยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane หรือ cytoplasmic membrane) ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์ ควบคุมการเข้าออกของสารอาหาร และสร้างผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยเยื่อ 2 ชั้นของสารประกอบระหว่างโปรตีนและไขมัน (lipoprotein) ซึ่งส่วนของไขมันโดยส่วนใหญ่เป็นพวก phospholipid เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียไม่มีสเตอรอล (sterols) เหมือนพวกเซลล์ชั้นสูง

1.6. มีโซโซม (mesosome) เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยื่นเข้าไปภายในไซโตพลาซึม มีบทบาทเกี่ยวกับการแบ่งตัวของเซลล์ การสังเคราะห์แสง และการสร้างเอนไซม์

## 2. โครงสร้างและส่วนประกอบภายใน

2.1. นิวคลีโอยด์ (nucleoid) เซลล์ของแบคทีเรียไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง เหมือนเซลล์สัตว์ชั้นสูงของสัตว์หรือพืช แต่มีส่วนประกอบทำหน้าที่คล้ายนิวเคลียส เรียกว่า นิวคลีโอยด์ ไม่มีเยื่อหุ้มล้อมรอบเหมือนนิวเคลียส ประกอบด้วย DNA หรือ chromosome ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลทางพันธุกรรมของเชื้อที่จะถ่ายทอดไปยังเซลล์รุ่นต่อไป และทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของแบคทีเรีย

นอกจากนี้อาจพบมีสารพันธุกรรมอยู่นอกโครโมโซมของแบคทีเรีย เรียกว่า พลาสมิด (plasmid) หรือ extrachromosomal gene มีขนาดเล็กกว่าโครโมโซมเป็นสารพันธุกรรมที่ไม่สำคัญต่อการยังชีพในภาวะปกติของแบคทีเรีย เช่น ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะการดื้อยา ควบคุมการสร้างที่อกซินซึ่งมีบทบาทสำคัญในการก่อโรค เป็นต้น

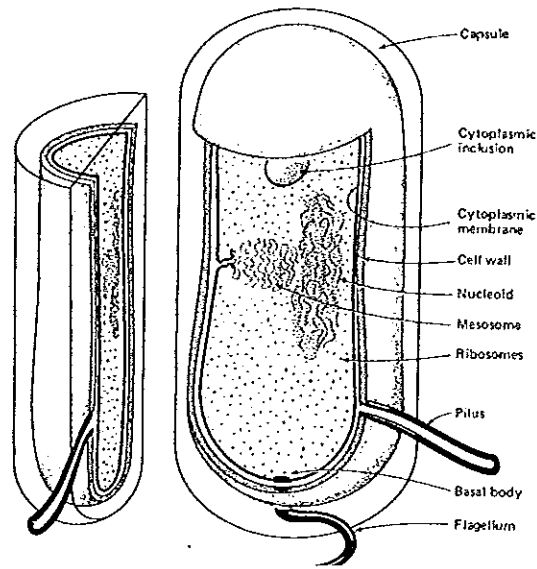
2.2. ไรโบโซม (ribosomes) ภายในไซโตพลาสซึมของแบคทีเรียมีไรโบโซมอยู่เป็นจำนวนมาก คิดเป็นร้อยละ 40 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง ไรโบโซมเป็นสารอาร์เอ็นเอ (ribonucleic acid, RNA) และเป็นแหล่งสร้างโปรตีนของเซลล์

2.3. แกรนูลส์ (granules) เป็นแหล่งสะสมอาหารและพลังงานภายในไซโตพลาสซึมของแบคทีเรีย

2.4. เอ็นโดสปอร์ (endospore หรือ spore) มีลักษณะรูปร่างทรงกลมหรือรูปไข่อยู่ภายในเซลล์ มักเกิดในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต หากได้อยู่ในที่อุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเจริญเติบโต สปอร์จะงอกเป็นตัวเชื้อ (vegetative cell) ที่เจริญแบ่งเซลล์ต่อไปได้ สปอร์มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี เช่น ความร้อน ความแห้งแล้ง และสารเคมี เป็นต้น

แบคทีเรียเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวตามขวางอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าทุกๆ 30 นาที ดังนั้นถ้าในอาหารมีแบคทีเรียปนเปื้อนเพียง 1 เซลล์ ภายในเวลา 10 ชั่วโมง จะมีจำนวนแบคทีเรียมากกว่า 1 ล้านเซลล์ ดังแสดงในตาราง 8 (ปริยา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 77)

อาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนประมาณ 1 ล้านเซลล์ จะมีการเน่าเสียเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนในกรณีที่อาหารปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียชนิดเป็นพิษในอาหาร แบคทีเรียดังกล่าวจะย่อยสลายสารอาหารและเพิ่มจำนวนไปเรื่อยๆจนกระทั่งเพียงพอที่จะก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษหรือโรคระบบทางเดินอาหารขึ้นกับผู้บริโภค ดังแสดงในตาราง 9 (ปริยา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 77)



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างและส่วนประกอบของแบคทีเรีย

ที่มา : McKane and Kandel, 1986 : 64

ตาราง 8 การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

เวลา (ชั่วโมง)	จำนวนเซลล์
0	1
1	4
2	16
3	64
4	256
5	1,024
6	4,096
7	16,384
8	65,538
9	262,144
10	1,048,576

ที่มา : ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 77

ตาราง 9 จำนวนแบคทีเรียขั้นต่ำที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ชนิดแบคทีเรีย	จำนวนเซลล์ (cfu/ml)
<i>Salmonella</i>	$\geq 10^5$ *
<i>Clostridium perfringens</i>	$\geq 10^6$
<i>Bacillus cereus</i>	$\geq 10^6$
<i>Campylobacter</i>	$\geq 10^6$
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	$10^5 - 10^6$
<i>Vibrio cholerae</i>	$\geq 10^6$
<i>Shigella</i>	10 – 100
<i>Escherichia coli</i>	$\geq 10^6$
<i>Yersinia</i>	$\geq 10^9$
<i>Streptococcus faecalis</i>	$10^9 - 10^{10}$

หมายเหตุ : \* หมายถึง เด็กและผู้สูงอายุ = 1 – 10 เซลล์

ที่มา : ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 78

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเชื้อก่อโรค 2 ชนิด คือ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งมีรูปร่างลักษณะ และการเจริญเติบโตดังต่อไปนี้

1. *Escherichia coli* เป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้เล็กตอนปลายและลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์เลือดอุ่น ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนอุจจาระของคนหรือมูลสัตว์ (fecal contamination) (อรษา สุตเจริญกุล, 2541 : 258) *E. coli* เจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดธรรมดา เมื่อเลี้ยงบนอาหารชนิดที่แสดงความแตกต่างของเชื้อ เช่น MacConkey agar โคโลนีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 3 มิลลิเมตร และมีสีชมพูแดง เนื่องจากหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ (lactose fermenter) กรดที่เกิดจากการหมักย่อยน้ำตาลจะทำให้สีของอินดิเคเตอร์ในอาหารเปลี่ยนไปจากเดิม (นริกุล สุระพัฒน์, 2530 : 85) *E. coli* เป็นแบคทีเรียรูปท่อน ดิสส์แกรมลบ มีขนาด  $0.4 - 0.7 \times 1 - 3.5 \mu\text{m}$  เคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่รอบตัว มีพิมเบรียหรือฟิลาบางชนิดมีแคปซูล ไม่มีสปอร์ ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต เชื้อสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เช่น มีชีวิตอยู่ตามเสื้อผ้าแห้งและในฝุ่นละอองได้หลายวัน อยู่ในน้ำได้นาน



หลายสปีดาร์ แต่ถูกทำลายเมื่อต้มที่ 60°C นาน 30 นาที (นริกุล สุระพัฒน์, 2530 : 85) ส่วนในอุณหภูมิที่เย็น 12°C – 21°C หรือในตู้เย็นที่ 3°C – 7°C สามารถเจริญเติบโตได้อย่างช้าๆ ส่วนอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0°C เชื้อสามารถอยู่ได้นานหลายเดือนจนถึงเป็นปี และสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 10°C – 48°C แต่อุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ 37°C ที่ค่า pH 4.4 – 8.5 (อรษา สุตเธียรกุล, 2541 : 259)

#### การทำให้เกิดโรค (นริกุล สุระพัฒน์, 2530 : 85-86)

1. โรคอุจจาระร่วง (Diarrheal diseases) พบเป็นมากในเด็กอายุต่ำกว่า 2 ขวบ (infantile diarrhea) และพบในผู้ใหญ่ที่เดินทางไปต่างถิ่น แล้วเกิดเป็นโรคอุจจาระร่วงที่เรียกว่า Traveller's diarrhea เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงมี 3 กลุ่ม คือ

1.1. กลุ่ม Enterotoxigenic *E. coli* แบคทีเรียที่มีสารพิษพวกเอกโซทอกซินที่เรียกว่าเอนเทอโรทอกซิน ซึ่งอาจเป็นชนิดที่ไม่ทนต่อความร้อน และ/หรือชนิดที่ทนต่อความร้อน สารพิษชนิดที่ไม่ทนต่อความร้อนจะกระตุ้นเอนไซม์ adenylyl cyclase ใน epithelial cell ในลำไส้ทำให้เกิดมีการคั่งของ cyclic adenosine monophosphate (cAMP) ทำให้มีการหลั่งของสารน้ำเข้าไปในช่องว่างของลำไส้ จึงทำให้เกิดอาการอุจจาระร่วง ส่วนกลไกการออกฤทธิ์ของสารพิษชนิดทนต่อความร้อนยังไม่ทราบ

1.2. กลุ่ม Enteroinvasive *E. coli* แบคทีเรียจะทำลาย epithelial cell ของลำไส้ ทำให้ลำไส้เกิดเป็นแผล ผู้ป่วยจะมีอาการคล้ายกับโรคบิดที่เกิดจากเชื้อ *Shigella*

1.3. กลุ่ม Enteropathogenic *E. coli* กลไกการก่อให้เกิดโรคในคนยังไม่ทราบแน่ชัด ผู้ป่วยที่เป็นโรคอาจมีอาการไข้หรือไม่มีไข้ อุจจาระเป็นน้ำ ต่อมาอาจมีมูกปนร่างกายอ่อนเพลียเพราะเสียสารน้ำและเกลือแร่มาก อาจถึงกับช็อกและตายได้

2. โรคติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะ มักมีสาเหตุมาจากเชื้อที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของผู้ป่วย

3. โรคติดเชื้ออื่นๆ เช่น ไล้ติงอักเสบ เยื่อช่องท้องอักเสบ ติดเชื้อในกระแสเลือด แผลติดเชื้อ เป็นต้น

2. *Staphylococcus aureus* ปกติพบอยู่ทั่วไปในอากาศ และในฝุ่นละออง เป็นจุลชีพประจำถิ่นของผิวหนังและผิวเยื่อเมือก (อรษา สุตเธียรกุล, 2541 : 297) เป็นแบคทีเรียติดสีแกรมบวก รูปร่างกลม ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 – 1.2  $\mu\text{m}$  ส่วนใหญ่มีการเรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น (grapelike clusters) บางครั้งอาจพบเดี่ยวๆเป็นคู่หรือเป็นสายสั้นๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดาเกือบทุกชนิด ในที่มีออกซิเจน เชื้อจะเจริญเติบโตได้

ในช่วงอุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ  $37^{\circ}\text{C}$  ที่ค่า pH 4.5 – 9.3 แต่ที่ดีที่สุดคือ ค่า pH 7 – 7.5 ลักษณะโคโลนีกลม นูน ขอบเรียบ เป็นเงา ขนาดประมาณ 1 – 4 มิลลิเมตร และสามารถสร้างรงควัตถุสีเหลืองที่เรียกว่า triterpenoid carotenoids ทำให้เห็นโคโลนีเป็นสีเหลืองทอง *S. aureus* เกือบทุกสายพันธุ์สลายเม็ดเลือดแดงได้ ซึ่งเมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อบน blood agar จะเห็นโซนไล (β-hemolytic zone) รอบๆโคโลนี และสามารถย่อยน้ำตาลได้หลายชนิด โดยจะย่อยได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจน (respiration) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (fermentation) ได้กรดแลคติก แต่ไม่ให้เกิดแก๊ส (เพ็องฟ้า อุตสาหกรรมกิจ, 2541 : 89) *S. aureus* สามารถทนต่อความร้อนสูงถึง  $60^{\circ}\text{C}$  ได้เป็นเวลา 30 นาที และมีชีวิตอยู่ในที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  ได้เป็นเวลาหลายเดือน นอกจากนี้ยังทนต่อฟีนอลและเมอคิวริก คลอไรด์ได้ดีกว่าแบคทีเรียอื่นๆ (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูลศิริ, 2530 : 65) เชื้อสามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงถึง 15% ซึ่งต่างจากแบคทีเรียทั่วไป (อรษา สุตเธียรกุล, 2541 : 297)

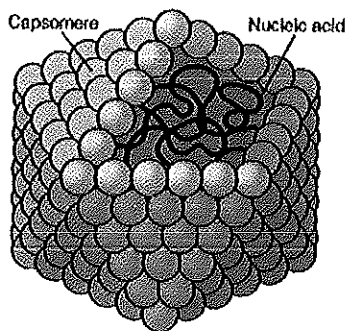
#### การทำให้เกิดโรค

1. การติดเชื้อที่ผิวหนัง เริ่มจากการอักเสบเฉพาะที่ต่อมามีการคั่งของเม็ดเลือดขาว และเกิดการเน่าตายของเนื้อเยื่อกลายเป็นการอักเสบแบบมีหนอง บางครั้งเชื้อสามารถแพร่กระจายไปทางท่อน้ำเหลืองหรือทางกระแสโลหิต ทำให้เกิดการติดเชื้อที่อวัยวะส่วนต่างๆของร่างกายได้ ส่วนใหญ่มักจะเกิดกับบุคคลที่มีภูมิคุ้มกันต้านต่อเชื้อโรคต่ำ (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูลศิริ, 2530 : 66)

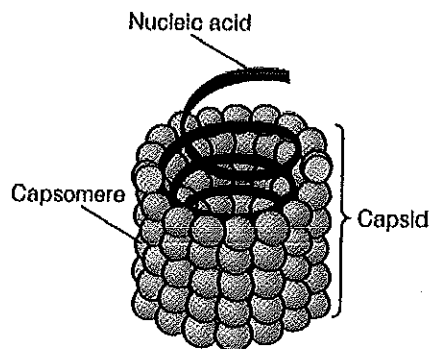
2. โรคอาหารเป็นพิษ เกิดจากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* จากมือ บาดแผล หรือจากทางเดินหายใจส่วนต้น โดยเฉพาะที่จมูกของผู้ปรุงอาหาร และอาหารนั้นถูกเก็บในอุณหภูมิที่เชื้อแบ่งตัวเพิ่มจำนวนและสร้าง enterotoxin เมื่อทอกซินถูกดูดซึมที่กระเพาะอาหาร จะไปกระตุ้นเส้นประสาท vagus และเส้นประสาท sympathetic ไปยัง subcortical vomiting center ที่สมอง ทำให้เกิดอาการอาเจียนขึ้น ในขณะเดียวกันทำให้เกิดการเพิ่มของปริมาณ cyclic adenosine monophosphate (cAMP) ในเยื่อผนังลำไส้ เป็นผลให้เกิดอาการอุจจาระร่วงเป็นน้ำ อาการเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน เช่น คลื่นไส้ อาเจียนอย่างรุนแรง ปวดบิดในท้อง ถ่ายเป็นน้ำ มักไม่มีไข้ อุจจาระร่วงเกิดพร้อมกับอาเจียน ปวดศีรษะ เหงื่อออก หนาวสั่น ในรายที่อาการรุนแรงอาจมีมูกและเลือดปนในอุจจาระ โดยทั่วไปจะหายเป็นปกติภายใน 2 วัน เด็กเล็กหรือผู้สูงอายุอาจเสียชีวิตได้ (อรษา สุตเธียรกุล, 2541 : 298)

## 2. ไวรัส (Virus) (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541 : 10-11)

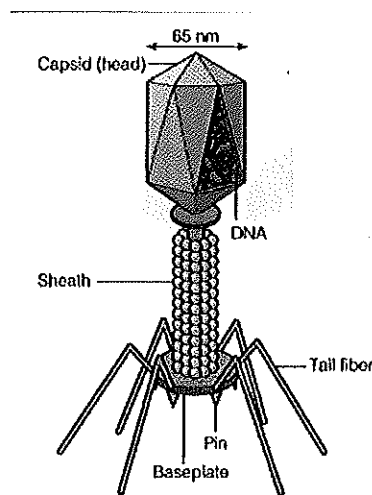
ไวรัสคือจุลชีพที่มีขนาดเล็กมากไม่จัดเป็นเซลล์แต่เรียกเป็นอนุภาค มีขนาดตั้งแต่ 20 – 300 nm จึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้นจึงสามารถมองเห็นได้ ไวรัสแตกต่างจากแบคทีเรียคือ มีขนาดเล็กกว่าแบคทีเรีย 10 – 100 เท่า และจำเป็นต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตเพื่อการยังชีพและการเจริญพันธุ์ ไม่สามารถดำรงชีวิตได้โดยอิสระ ไวรัสที่อยู่นอกเซลล์จะมีชีวิตอยู่ได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งเรียกว่า ไวริออน (virion) นอกจากนี้ไวรัสไม่ถูกทำลายด้วยยาปฏิชีวนะ ไวรัสส่วนใหญ่มี 3 ลักษณะดังนี้ คือ ทรงเหลี่ยม (cubic หรือ icosahedral) , ทรงท่อน (helical) และ ทรงซับซ้อน (complex)



(1) ทรงเหลี่ยม



(2) ทรงท่อน



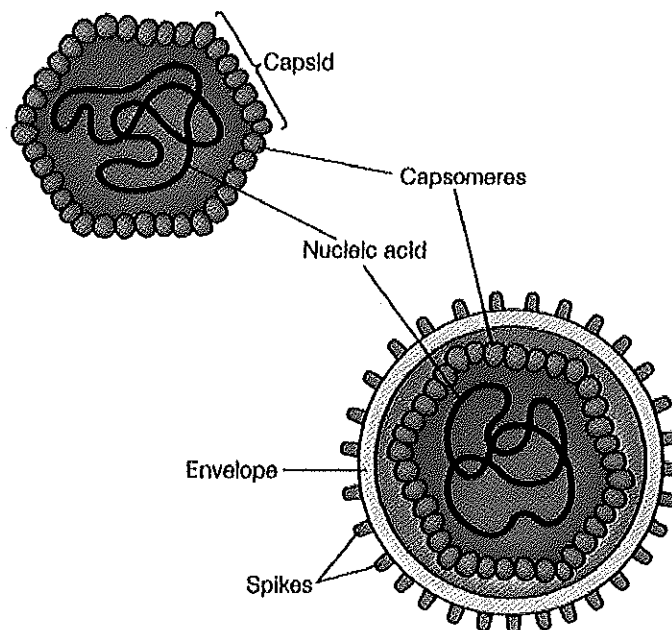
(3) ทรงซับซ้อน

ภาพประกอบ 6 รูปร่างพื้นฐานของไวรัส

ที่มา : Tortora, Funke and Case, 1994 : 336-337

### โครงสร้างและส่วนประกอบของไวรัส

1. กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เป็น DNA (deoxyribonucleic acid) หรือ RNA (ribonucleic acid) อย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นสารพันธุกรรมของไวรัสจะไปควบคุมกลไกการทำงานของเซลล์ที่มันอาศัยอยู่ให้เป็นแหล่งสร้างโปรตีนและส่วนประกอบต่างๆ
2. แคปซิด (capsid) คือโปรตีนที่หุ้มอยู่ภายนอก ทำหน้าที่ให้ไวรัสคง รูปร่างได้ ส่งเสริมการเกาะติดของไวรัสกับเซลล์อื่น และป้องกันกรดนิวคลีอิกที่อยู่ภายใน
3. แคปโซเมีย (capsomere) เป็นหน่วยย่อยของแคปซิด มีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและมีจำนวนต่างกันในไวรัสแต่ละชนิด
4. นิวคลีโอแคปซิด (nucleocapsid) คือ กรดนิวคลีอิกกับแคปซิดรวมกัน
5. เอ็นวิโลพ (envelope) จะมีในไวรัสบางชนิดที่มีชั้นไขมันหรือไลโปโปรตีนหุ้มข้างนอกอีกชั้นหนึ่ง โดยไวรัสที่มีแต่ชั้นแคปซิด หรือ โปรตีนหุ้มภายนอกกรดนิวคลีอิกเรียกว่า naked viruses ส่วนไวรัสที่มีเปลือกชั้นไขมันเพิ่มเข้ามาหุ้มชั้นโปรตีนอีกชั้นหนึ่งจะเรียกว่า enveloped viruses



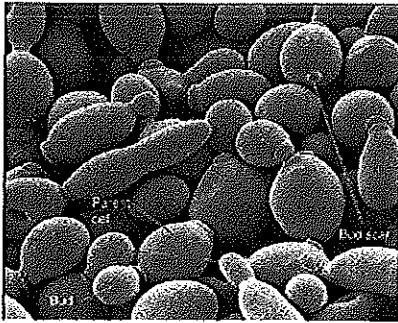
(1) ไวรัสที่ไม่มีเอ็นวิโลพหุ้ม (2) ไวรัสที่มีเอ็นวิโลพหุ้ม

ภาพประกอบ 7 โครงสร้างและส่วนประกอบของไวรัส

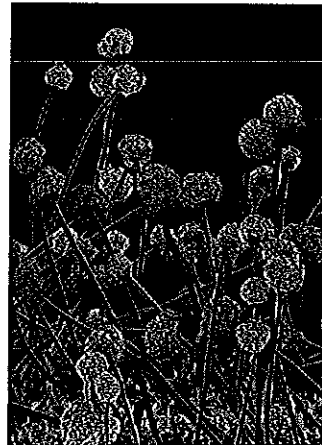
ที่มา : Tortora , Funke and Case, 1994 : 335

### 3. รา (Fungus) (วิทยา มีวุฒิสม, 2530 : 223-226)

ราจัดอยู่ในพวกเซลล์ชั้นสูง (eucaryotes) แต่ไม่สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์ขึ้นมาใช้เองได้ เพราะไม่มีคลอโรฟิลล์เหมือนเช่นในพวกพืช ดังนั้นจึงต้องย่อยสลายสารอินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม ซากพืชและสัตว์ หรือโฮสต์ที่มีชีวิตเพื่อเป็นพลังงานและสร้างเซลล์ของมันเอง เรียกว่า heterotrophs เชื้อราส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่เจริญเติบโตได้ในภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน เชื้อราชอบเจริญเติบโตในที่ที่มีความชื้นสูงและสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุเกือบทุกชนิด โดยที่แสงสว่างไม่มีผลในการเจริญเติบโตแต่จะมีผลในการสร้างและแพร่กระจายของสปอร์ เชื้อรามีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ พวกเซลล์เดี่ยว เรียกว่า ยีสต์ (yeasts) มีลักษณะกลมหรือรูปไข่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 - 5  $\mu\text{m}$  และพวกที่มีหลายเซลล์ ได้แก่ พวกที่มีเส้นใย (hypha) เรียกว่า mold ลักษณะคล้ายกระบองกลมวงยาว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 - 30  $\mu\text{m}$  และมีความยาวไม่จำกัด



(1) ยีสต์



(2) mold

ภาพประกอบ 8 รูปร่างพื้นฐานของรา

ที่มา : Tortora, Funke and Case, 1994 : 297

#### โครงสร้างและส่วนประกอบของรา

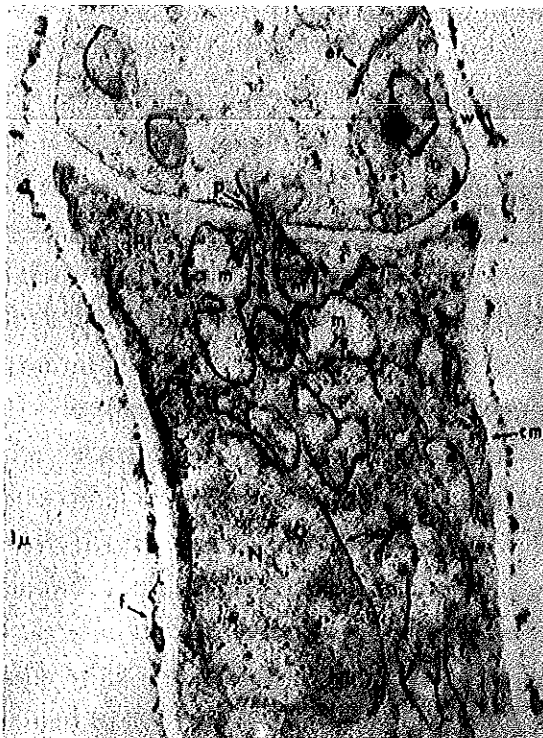
1. นิวเคลียส (nucleus) ภายในเซลล์หนึ่งๆอาจมีเพียงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งนิวเคลียสก็ได้ ขณะสืบพันธุ์จะเห็นชัดเจนมีเยื่อหุ้มนิวเคลียสล้อมรอบ
2. ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ประกอบด้วย lipoprotein เป็นส่วนใหญ่ และมี RNA เล็กน้อย ทำหน้าที่เกี่ยวกับขบวนการหายใจ และเป็นแหล่งสร้างพลังงานของเซลล์

3. แกรนูล (granules) ในยีสต์ที่มีอายุมากๆจะมีการสะสมอาหาร เช่น Volutin (polyphosphate) ไขมัน glycogen และ วิตามิน เป็นต้น

4. ผนังเซลล์ (cell wall) ช่วยให้มีความแข็งแรงรูปร่างคงที่แน่นอน และป้องกันอันตรายจากภายนอก ผนังเซลล์ประกอบด้วยพวกโพลีแซคคาไรด์ 2 ชนิด ได้แก่ glucan และ mannan ซึ่งมีอยู่มากถึง 2/3 ของสารโมเลกุลทั้งหมด นอกนั้นเป็นโปรตีนและไขมัน

5. เยื่อหุ้มเซลล์ จะคล้ายกับในสัตว์ชั้นสูงคือ มีสารพวกสเตอรอลอยู่ด้วย ดังนั้น ยาต้านจุลชีพพวกโพลีอินจะเป็นอันตรายต่อเซลล์โดยการจับกับสเตอรอล

6. ซัยโตพลาสซึมิก เมมเบรน (cytoplasmic membrane) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเข้า-ออกเซลล์ของสารต่างๆ เป็นพวก lipoprotein มี 3 ชั้น ชั้นนอกและชั้นในสุดเป็นโปรตีน ส่วนชั้นกลางเป็น lipid



ภาพประกอบ 9 โครงสร้างและส่วนประกอบของรา (s,septum ; p,septal pore ; w,cell wall ; m,mitochondria ; n,nucleus ; nm,nucleolus ; er,endoplasmic reticulum ; cm,เยื่อหุ้มเซลล์ ; nm,เยื่อหุ้มนิวเคลียส ; f,ส่วนที่ยื่นออกมาขอบนอกของผนังเซลล์)

ที่มา : วิทยา มีวุฒิสม, 2530 : 224

เชื้อก่อโรคทั้ง 3 กลุ่มคือ แบคทีเรีย ไวรัส และรา มีโครงสร้างและส่วนประกอบเป็นพวกโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก เมื่อนำเดาอบไมโครเวฟมาใช้ในการทำลายเชื้อก่อโรค คลื่นไมโครเวฟซึ่งมีคุณสมบัติการดูดซึม (absorption) จะถูกดูดกลืนและแพร่กระจายเข้าไปในเซลล์ และทำให้โมเลกุลของของเหลวในเซลล์ เช่น น้ำ ไขมัน และน้ำตาล เป็นต้น เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลด้วยความเร็วสูง การสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างโมเลกุลด้วยกันเองกลายเป็นพลังงานความร้อนขึ้นภายในเซลล์ (Decareau, 1985 : 9-10) ซึ่งความร้อนนี้สามารถหยุดการเจริญเติบโตหรือฆ่าเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารได้อย่างรวดเร็ว

## 5. การควบคุมจุลชีพในอาหาร

### คำจำกัดความ

1. การทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) หมายถึงการกำจัดหรือทำลายเชื้อจุลชีพทุกชนิดที่อยู่ในสภาพเซลล์ปกติ และกำลังเจริญแบ่งตัว (vegetative cells) หรือ สปอร์ โดยวิธีการทางกายภาพ หรือ การใช้สารเคมีที่เรียกว่า sterilants หรือ sterilizing agents (Block, 1991 : 22)

2. การทำลายเชื้อ (Disinfection) หมายถึงการกำจัดเชื้อจุลชีพชนิดก่อโรค (pathogens) ในสภาพเซลล์ปกติจากอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์แต่ไม่ทำลายสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยอาศัยวิธีการทางกายภาพ หรือ การใช้สารเคมีที่เรียกว่า disinfectants (อัญชลี ตันท์ศุภศิริ, 2541 : 55-56) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ (อะเคื้อ อุดนเลขกะ, 2541 : 151-152)

2.1. High-level Disinfection สามารถทำลายจุลชีพก่อโรคได้ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลารวดเร็ว

2.2. Intermediate-level Disinfection สามารถทำให้เชื้อ *Mycobacterium-tuberculosis* เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส และเชื้อราอ่อนกำลังลงจนไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียได้

2.3. Low-level Disinfection สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส และเชื้อราบางชนิด แต่ไม่สามารถทำลายเชื้อที่มีความคงทน เช่น tubercle bacilli หรือสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียได้

3. การลดการปนเปื้อนเชื้อ (Decontamination) หมายถึงการทำให้อุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ รวมทั้งพื้นผิวปลอดภัยในการหยิบจับ แต่ไม่ได้หมายความว่าอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์จะปลอดภัยสำหรับการนำไปใช้กับผู้ป่วย หรือหมายถึงการทำความสะอาด การทำลายเชื้อ และการทำให้ปราศจากเชื้อ (อะเคื้อ อุดมเลขกะ, 2541 : 149)

4. การทำความสะอาด (Cleaning) หมายถึงการจัดอินทรีย์สารและสิ่งสกปรกต่างๆ เช่น เลือด สารคัดหลั่ง อาเจียน หนอง และอุจจาระ เป็นต้น ออกจากอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ โดยอาศัยวิธีการล้างและขัดถู เป็นการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ และเป็นกระบวนการขั้นแรกของการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อที่มีประสิทธิภาพ (อะเคื้อ อุดมเลขกะ, 2541 : 149)

5. Antisepsis หมายถึงการยับยั้งการติดเชื้อบนผิวหนังหรือเนื้อเยื่อต่างๆของสิ่งมีชีวิต โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อในร่างกายคน โดยอาศัยวิธีการทางกายภาพ หรือใช้สารเคมีที่เรียกว่า antiseptics ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญ หรือหยุดกิจกรรมต่างๆของจุลชีพเท่านั้น (อัญชลี ตันท์ศุภศิริ, 2541 : 56)

6. Germicide หมายถึงสารเคมีที่ทำลายจุลชีพโดยมีผลฆ่าเซลล์ที่กำลังเจริญ แต่ไม่มีผลทำลายสปอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ (Block, 1991 : 21)

6.1. sporicide หมายถึงสารเคมีที่สามารถทำลายสปอร์ได้

6.2. bactericide หมายถึงสารที่มีผลทำลายหรือฆ่าแบคทีเรีย

6.3. fungicide หมายถึงสารที่ทำลายเฉพาะเชื้อรา

6.4. virucide หมายถึงสารที่ทำลายไวรัสได้

6.5. bacteriostatic agents หมายถึงสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแต่ไม่ทำลายเชื้อ

6.6. fungistatic agents หมายถึงสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แต่ไม่ทำลายเชื้อ

7. Sanitization หมายถึงการลดจำนวนจุลชีพให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยกับผู้บริโภค ซึ่งสถาบันต่างๆได้กำหนดเป็นค่ามาตรฐานต่างๆกัน เช่น ปริมาณของจุลชีพในน้ำประปา อาหาร หรือผลิตภัณฑ์นมที่ยอมให้มีได้ หรือไม่ให้มีมากเกินไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะเป็นอันตรายกับผู้บริโภคได้ สารที่ทำให้เกิดสภาวะการณ์นี้เรียกว่า sanitizer หรือ sanitizing agents (อัญชลี ตันท์ศุภศิริ, 2541 : 56)



วิธีการควบคุมจุลชีพในอาหาร (อัญชลี ตัณฑศ์ภักศิริ, 2541 : 56-65)

1. การใช้ความร้อน วิธีนี้นิยมใช้ในการทำลายจุลชีพ เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายต่อการควบคุม และให้ผลที่น่าเชื่อถือได้ ดังแสดงในตาราง 10 กลไกที่ทำลายเชื้อของความร้อนคือ ทำให้โปรตีนจับรวมตัวกันเป็นก้อน (coagulation) ทำให้โปรตีนและเอมไซม์ส่วนใหญ่ของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง และสูญเสียสภาพธรรมชาติไป (denature) จึงไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ซึ่งถ้ามีน้ำเป็นตัวกลางจะเร่งให้โปรตีนจับรวมตัวกันเป็นก้อนเร็วขึ้น เพราะไปทำลายปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในเซลล์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ ได้แก่

1.1. การต้มเดือด (boiling) วิธีนี้ใช้ต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  นาน 15 นาที สามารถทำลายแบคทีเรียในรูปเซลล์ปกติได้ภายใน 5 – 10 นาที แต่ไม่อาจทำลายสปอร์หรือไวรัส บางพวกที่ทนความร้อนขนาดนี้ได้เป็นเวลาหลายชั่วโมง วิธีนี้จึงไม่สามารถทำให้ปราศจากจุลชีพได้ทั้งหมด

1.2. พาสเจอร์ไรเซชัน (pasteurization) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $100^{\circ}\text{C}$  ปัจจุบันนำมาใช้ฆ่าเชื้อในอาหารที่ใช้ความร้อนสูงไม่ได้ เช่น การพาสเจอร์ไรซ์นม และผลิตภัณฑ์อาหารจากนม เป็นต้น การทำลายเชื้อมี 2 ระบบ คือ ระบบอุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time : LTLT) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  นาน 30 นาที และ ระบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Short Time : HTST) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ  $72^{\circ}\text{C}$  นาน 15 วินาที ให้ทุกส่วนโดนความร้อนแล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว (ทnung ภักรัชพันธุ์, 2540 : 115) วิธีนี้จะทำลายเชื้อก่อโรคที่มาจากสัตว์หรือจากผู้ติดนม เช่น *mycobacteria* , *brucella* , *salmonella* , *streptococcus* และ *rickettsia* เป็นต้น แต่ทำลายเชื้อไม่หมดทุกชนิดและไม่ทำลายสารพิษที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เช่น ทอกซินของ *staphylococcus* เป็นต้น

1.3. Ultra-high-temperature treatment การทำให้ปราศจากเชื้อวิธีนี้เรียกว่า "ยูเอชที" (UHT) ใช้อุณหภูมิสูง  $141^{\circ}\text{C}$  นาน 2 – 3 วินาที จึงเหมาะสำหรับฆ่าเชื้อในอาหารที่โดนความร้อนนานไม่ได้เพราะจะทำให้เสียคุณค่าไป มักนิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารระบบยูเอชที เพื่อทำลายจุลชีพในอาหารเหลวและกึ่งแข็งเหลว เช่น นม น้ำผลไม้ เครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งกรรมวิธีแบบเดิม หรือพาสเจอร์ไรเซชันมีผลเพียงทำลายเชื้อก่อโรคแต่ไม่ทำลายสปอร์ แต่วิธีนี้จะทำลายจุลชีพทุกชนิดรวมทั้งสปอร์ ทำให้ได้สภาวะปลอดเชื้อ จึงถนอมอาหารไว้ได้นาน

ตาราง 10 ระดับอุณหภูมิที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์

อุณหภูมิ (°C)	การทำลายเชื้อจุลินทรีย์
121	ไอน้ำร้อนที่ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เวลา 15 – 20 นาที ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์
116	ไอน้ำร้อนที่ความดัน 10 ปอนด์/ตร.นิ้ว เวลา 30 – 40 นาที ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์
110	ไอน้ำร้อนที่ความดัน 6 ปอนด์/ตร.นิ้ว เวลา 60 – 80 นาที ทำลายแบคทีเรียได้ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์
100	ทำลายเซลล์แบคทีเรียได้ แต่ทำลายสปอร์ของแบคทีเรียไม่ได้
82 – 93	ทำลายเซลล์แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราได้
66 – 82	แบคทีเรียชนิดทนความร้อนเจริญได้
65 – 72	การพาสเจอร์ไรซ์ทำลายเซลล์ของแบคทีเรียชนิดเป็นพิษได้ แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียชนิดเป็นพิษในอาหารได้

ที่มา : ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 89

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำลายเชื้อด้วยความร้อน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 127)

ก. ชนิดของจุลินทรีย์ เชื้อแต่ละชนิดหรือแต่ละสายพันธุ์จะทนความร้อนได้แตกต่างกัน โดยทั่วไปความร้อนสูงใช้ได้ผลดีกับจุลินทรีย์ทุกชนิด แต่มีปัจจัยอื่นๆที่ทำให้เชื้อต้านทานความร้อนสูงได้ เช่น สปอร์ของเชื้อแบคทีเรียจะต้านทานความร้อนได้มากกว่าเซลล์ปกติ เป็นต้น

ข. อายุของจุลินทรีย์ เซลล์ที่เจริญอยู่ในช่วง log phase จะถูกทำลายได้ง่ายกว่าช่วงอื่นๆ แต่ช่วงท้ายของ stationary phase เชื้อจะทนความร้อนได้ดี ส่วนสปอร์จะทนความร้อนได้ดีกว่าเซลล์ปกติ

ค. จำนวนของจุลินทรีย์ ถ้ามีเชื้อเริ่มต้นจำนวนมากต้องใช้ความร้อนหรือเวลาเพิ่มขึ้น

ง. อุณหภูมิและเวลา ถ้าให้อุณหภูมิสูงขึ้น เชื้อจะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว

จ. สภาพแวดล้อม โปรตีนหรือไขมันที่ห่อหุ้มเซลล์จะป้องกันเชื้อไว้ ทำให้ความร้อนเข้าถึงเชื้อยากขึ้น

- จ. สภาพกรด – ต่างในอาหาร อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำจะใช้เวลาในการฆ่าเชือนานกว่า
- ช. คุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร
- ข. ความเป็นฉนวนความร้อนของอาหาร
- ฅ. รูปทรงและมิติของบรรจุภัณฑ์อาหาร

2. การใช้ความเย็น การใช้ความเย็นที่อุณหภูมิต่ำๆ มีผลต่อการทำลายจุลชีพได้น้อยมาก จึงไม่ใช้ในการทำให้ปราศจากจุลชีพ แต่นิยมใช้มากในการถนอมอาหารเพื่อให้เก็บไว้ได้นานๆ เช่น การเก็บอาหารสด เวชภัณฑ์ต่างๆ หรือซีรัม ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิต่ำประมาณ 4°C หรือแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำ -20°C หรือ -70°C เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 11 เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อเจริญแบ่งตัวเพิ่มจำนวนแต่ไม่ฆ่าเชื้อ ยกเว้นเชื้อบางพวกที่ไวต่ออุณหภูมิต่ำ เช่น *Neisseria* หรือ *Treponema pallidum* เป็นต้น ซึ่งกลไกที่หยุดยั้งการเจริญของเชื้อนี้ เนื่องจากเอนไซม์ทำงานได้ช้าในสภาวะอุณหภูมิต่ำ เป็นผลทำให้เมตาบอลิซึมของเซลล์ลดลง หรือทำให้โปรตีนเสียสภาพ เซลล์เกิดการฉีกขาด แต่มีจุลชีพบางพวกในกลุ่ม psychrophiles จะเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำตั้งแต่ -8°C ถึง 20°C เช่น *Pseudomonas* *Flavobacterium* รวมทั้งเชื้อราพวก *Penicillium* และ *Monilia*

ตาราง 11 ระดับอุณหภูมิต่ำที่มีผลกระทบต่ออาหารและเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร

อุณหภูมิ (°C)	ผลกระทบต่ออาหารและเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร
5	เชื้อจุลินทรีย์แบ่งตัวเพิ่มช้าลงช่วยยืดอายุอาหาร
0 ถึง -5	ความชื้นในอาหารเปลี่ยนรูปเป็นเกล็ดน้ำแข็งตันทะลุผนังเซลล์และทำลายรสชาติอาหาร
-8	หยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราช่วยยืดอายุอาหาร
-18	หยุดปฏิกิริยาต่างๆทางเคมีของอาหารและจุลินทรีย์
-70 ถึง -195	สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้หมดทุกชนิด

ที่มา : ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 127

3. การใช้รังสี (Radiation) รังสีทำลายเชื้อจุลชีพได้เพราะพลังงานของรังสีมีผลต่อสภาวะของอเล็กตรอนในโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์และมีผลต่อดีเอ็นเอของเชื้อ รังสีที่ใช้มีหลายชนิด ได้แก่

3.1. รังสีพวก ionizing radiation เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวช่วงคลื่นสั้นประมาณ 200 nm มีพลังงานสูงและมีอำนาจการทะลุทะลวงสูง มีผลทำลายเซลล์จุลินทรีย์ในสิ่งของหรือในอาหาร ได้แก่ รังสีแกมมา (gamma rays) , บีตา (beta rays) , เอกซ์ (X-rays) และ cathode rays เป็นต้น รังสีแกมมาเกิดจากเครื่องกำเนิดรังสีที่มีสารกัมมันตภาพรังสีที่นิยมใช้คือ โคบอลต์ 60 จะให้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูงมาก ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวให้อนุภาค hydroxyl radicals ทำลายดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ และเกิดความผิดปกติ มีผลให้เชื้อตาย พร้อมทั้งลดโอกาสการทำปฏิกิริยาต่างๆที่จะทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ ดังแสดงในตาราง 12 โดย WHO ของสหประชาชาติอนุมัติให้ใช้การฉายรังสีในการยืดอายุอาหารด้วยปริมาณรังสี 1 Mrad โดยไม่ต้องมีการทดลองใดๆ (ปริมาณรังสี 1 Mrad หมายความว่า เป็นรังสีที่ได้จากแหล่ง Cobalt 60 ที่กระจายรังสีด้วยความถี่ 100 rads ต่อวินาที เป็นเวลา 2.78 ชั่วโมง หรืออาจได้จากการใช้ลำแสงอิเล็กตรอนแต่ใช้เวลาเพียง 0.01 วินาทีก็จะได้ปริมาณรังสีจำนวนเท่ากัน ส่วนหน่วย rads เป็นการวัดปริมาณพลังงานที่ถูกดูดซึม โดยมีค่าพลังงานเทียบเท่ากับ  $2.4 \times 10^6$  แคลอรีต่อกรัม) ส่วนองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้จัดให้การฉายรังสีเป็นวัตถุเจือปนอาหาร เนื่องจากการฉายรังสีอาจก่อให้เกิดสารใหม่ที่ยังไม่ทราบขึ้นในอาหารที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 136) ส่วนพวก cathode rays มีอำนาจทะลุทะลวงน้อยกว่ารังสีเอกซ์และรังสีแกมมา นิยมใช้รังสีฆ่าจุลินทรีย์ในวัตถุที่มีความหนาหรือพลาสติกที่ไม่ทนความร้อน จึงใช้ในด้านเภสัชกรรมและการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง แต่ความนิยมลดลงเนื่องจากทำให้อาหารเปลี่ยนสีและกลิ่น และเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

ตาราง 12 ผลกระทบของอาหารที่ผ่านการฉายรังสี

ผลกระทบ	ปริมาณรังสี (Mrads)
การฆ่าเชื้อ	2 – 6
ยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์	100 – 1,000
ยับยั้งการเติบโตของแมลง	น้อยกว่า 100
ยับยั้งการเติบโตของเชื้อพาราซิท	น้อยกว่า 100

ที่มา : ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 137

3.2. รังสีพวก nonionizing radiation เป็นรังสีของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ของคลื่นต่ำแต่มีความยาวของคลื่นสูง ได้แก่ คลื่นวิทยุทั้งระบบคลื่นยาวและคลื่นสั้น คลื่นโทรทัศน์ คลื่นไมโครเวฟจนถึงอินฟราเรด ซึ่งคลื่นความถี่สูงในระดับไมโครเวฟและอินฟราเรดนั้นสามารถทำให้เกิดพลังงานความร้อนได้กับสสารที่สามารถดูดซับคลื่นดังกล่าว ซึ่งนับว่าเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจในการทำลายจุลชีพที่ปนเปื้อนในอาหารได้ (สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2540 : 173) เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 130 – 400 nm มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ จึงมีผลเฉพาะบริเวณผิวของสิ่งของเท่านั้น รังสีมีพลังงานต่ำ ไม่ทำให้เกิดการแตกตัวของอะตอมในสิ่งของ แต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีเอ็นเอของเชื้อ โดยทำให้เกิดพันธะระหว่าง pyrimidines ที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น thymine dimers เป็นผลให้การทรานส์คริปหรือรีพลีเคชันของดีเอ็นเอผิดไป และทำให้เซลล์ตายในที่สุด เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้รังสีคล้ายกับการใช้ความร้อนควบคุมจุลชีพ เช่น ชนิด อายุ และจำนวนของจุลชีพ รวมทั้งสภาวะแวดล้อม ปริมาณรังสี และระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับอาหาร และเวลาที่ให้วัตถุโดนรังสี เป็นต้น โดยทั่วไปแบคทีเรียที่สร้างสปอร์มีความทนทานรังสีมากกว่าเซลล์ปกติ พวกแกรมบวกจะต้านทานมากกว่าแกรมลบ และเชื้อราจะต้านทานรังสีได้ดีกว่าแบคทีเรีย เซลล์ในระยะ lag phase ทนรังสีได้ดีกว่าระยะ log phase จุลชีพที่อยู่ในอาหารจะทนรังสีได้ดีกว่าอยู่ในอากาศปกติ หรือในสภาพแห้งจะต้านทานกว่าอยู่ในสภาพเปียก

4. การกรอง (Filtration) การกรองเป็นการขจัดจุลชีพออกจากสิ่งที่ต้องการด้วยแผ่นกรอง มักใช้ขจัดเชื้อออกจากของเหลวที่ไม่สามารถทำให้ปราศจากเชื้อด้วยความร้อนหรือวิธีอื่นได้ เพราะเป็นสิ่งของที่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน เช่น พลาสมา ซีรัม เอนไซม์ ยาปฏิชีวนะบางชนิด สารสกัดจากเซลล์ หรือผลิตภัณฑ์ที่เชื้อผลิต เช่น วิตามิน หรือสารพิษ เป็นต้น กลไกของการกรองคือการเคลื่อนที่ของสารผ่านรูของแผ่นกรองที่มีขนาดเล็กซึ่งจุลชีพไม่สามารถผ่านรูได้ และยังเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสถิตย์ของการดูดซับ อุปกรณ์ในการกรองประกอบด้วยแผ่นกรองและตัวเครื่องกรอง แผ่นกรองมีหลายแบบซึ่งอาจทำด้วยกระดาษ เส้นใย หรือสารอื่นๆ เช่น ดินเหนียว (clay) , แก้ว , แอสเบสตอส และเซลลูโลสอะซิเตต เป็นต้น ทำเป็นเกรดต่างๆให้เหมาะกับการใช้งาน สำหรับการกรองอากาศก็ใช้วัสดุเส้นใยหยาบ เม็ดอะลูมินา หรือสำลี ซึ่งสามารถกรองจุลชีพในอากาศได้ ส่วนตัวเครื่องกรองทำให้เกิดสูญญากาศเพื่อช่วยให้กรองได้รวดเร็วขึ้น เพราะรูแผ่นกรองมีขนาดเล็กมาก ประสิทธิภาพของการกรองอยู่ที่โครงสร้างทางกายภาพของเครื่องและแผ่นกรอง โดยทั่วไปการกรองมีประสิทธิภาพสูงในการขจัดแบคทีเรียและเชื้ออื่นๆที่มี

ขนาดใหญ่และสามารถขจัดไวรัสได้ถ้าเลือกใช้แผ่นกรองที่มีขนาดรูเล็กมากๆ ข้อจำกัดที่อาจพบได้คือแผ่นกรองบางชนิดดูดซับของเหลวไว้ และมักจะเปราะบางแตกหักได้ง่าย

เครื่องและแผ่นกรองที่ใช้มีหลายชนิดแต่ที่นิยมกันในปัจจุบันคือ เยื่อแผ่นกรอง (membrane filter) ชนิดเซลลูโลสอะซิเตต มีความหนา 0.1 mm และมีขนาดรูตั้งแต่ 0.2 – 0.45  $\mu\text{m}$  เพื่อให้เหมาะกับการกรองจุลินทรีย์ต่างๆ แผ่นกรองไม่ดูดซับสารในสารละลาย และยั้งฆ่าเชื้อได้จึงนิยมใช้กันมาก เพื่อขจัดแบคทีเรียออกจากของเหลว หรือใช้หาจำนวนแบคทีเรียในของเหลวได้

5. การใช้แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ตามปกติเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าและออกของสารละลาย และไอออนต่างๆ เพื่อรักษาแรงดันให้มีสภาวะสมดุลระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ ถ้าหากเชื้ออยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง (hypertonic solution) กว่าภายในเซลล์ จะเกิดการไหลของน้ำออกจากเซลล์ (plasmolysis) ทำให้เซลล์เหี่ยวแฟบ เชื้อจะไม่เจริญ แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าภายในเซลล์ (hypotonic solution) จะเกิดการไหลของน้ำจากภายนอกเข้าสู่เซลล์ (plasmoptysis) เป็นเหตุให้เซลล์บวมพองและอาจแตกได้ แรงดันจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ปฏิกิริยาในเมตาบอลิซึมต่างๆ ข้างลง การทำงานภายในเซลล์หยุดชะงักและมีผลให้เชื้อตายได้ จึงนิยมใช้วิธีนี้ในการถนอมอาหาร เช่น การดองเกลือ น้ำตาล แซลิม หรือ เชื่อม เป็นต้น

6. การใช้สารเคมี การควบคุมจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีมักจะใช้กับอาหารที่ไม่สามารถใช้ความร้อนหรือวิธีทางกายภาพอื่นๆ ได้ ในปัจจุบันมีสารเคมีจำนวนมากที่ใช้ในการยืดอายุอาหาร เช่น เกลือไนไตรต์และไนเตรท , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์ , กรดเบนโซอิกและเกลือโซเดียมเบนโซเอต และ กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบต เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ก็ทำลายได้เฉพาะเซลล์ปกติแต่ไม่ทำลายสปอร์ และสารเคมีออกฤทธิ์กับเชื้อแตกต่างกันไป บางพวกมีผลเฉพาะกับแบคทีเรียหรือเชื้อรา โดยยับยั้งการเจริญหรือฆ่าเชื้อเหล่านี้ให้ตาย ดังแสดงในตาราง 13 บางพวกนอกจากเป็นพิษกับเชื้อแล้วยังก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ การทำลายเชื้อให้หมดจึงมักใช้ร่วมกับการถนอมอาหารวิธีอื่นๆ และมักจะมีกฎหมายควบคุมการใช้สารเคมีดังกล่าวในอาหารนั้นด้วยเสมอ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 134)

#### กลไกการทำลายเชื้อ

ก. เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งปกติทำหน้าที่เป็นเยื่อห่อหุ้มไซโตพลาซึม และควบคุมการผ่านเข้าและออกของสารละลายหรือไอออนต่างๆ โดยสารเคมี



7. การใช้สารปฏิชีวนะ (Antibiotics) คือสารประกอบเคมีที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์ และสารนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโต และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆได้ในสารละลายที่เจือจาง ได้แก่ nisin , pimaricin , nystatin , tylosin , tetracyclines และ subtilin (สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2540 : 204)

วิธีการควบคุมจุลชีพในอาหารดังกล่าวข้างต้น ต่างก็มีข้อดีในการทำลายเชื้อจุลชีพแตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของเครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ จุดประสงค์ และวิธีการนำไปใช้ แต่กระนั้นก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดของแต่ละวิธี เช่น ใช้เวลาในการทำลายเชื้อจุลชีพนาน , ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีราคาแพงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง รวมทั้งต้องใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องที่มีความรู้ความชำนาญพิเศษ ซึ่งเครื่องมือบางชนิดต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ ทำให้สิ้นเปลืองและขาดดุลการค้าระหว่างประเทศ , มีการจำกัดประเภทของอาหารที่ใช้ทำลายเชื้อ อีกทั้งยังทำให้อาหารบางประเภทที่ผ่านการทำลายเชื้อเกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ , อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ควบคุมเครื่องมือหรือบุคคลที่สัมผัสกับรังสีหรือสารเคมีดังกล่าว และในกรณีที่มีรังสีหรือสารเคมีเหลือตกค้างอยู่ในอาหารที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้ว อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของบุคคลที่นำเอาอาหารนั้นไปบริโภคโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ นอกจากนี้รังสีหรือสารเคมีบางชนิดอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์หรือเกิดการดื้อยาของเชื้อจุลชีพได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆในอนาคต จากสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นเหตุจูงใจให้เกิดความคิดที่จะหาวิธีการทำลายเชื้อที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล สะดวกใช้งานง่าย คุ้มทุน รวมทั้งมีข้อจำกัดในด้านต่างๆน้อยที่สุด มีผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของบุคคลที่ต้องสัมผัสกับเครื่องมือ รังสี หรือสารเคมีดังกล่าว มีผลต่อการเสียหายหรือเสื่อมสภาพของอาหารที่ใช้ทำลายเชื้อ มีผลต่อการแพร่กระจายเชื้อออกสู่สิ่งแวดล้อม และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆให้น้อยที่สุด จึงได้คิดนำเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในบ้านเรือนนำมาทดลองประยุกต์ใช้สำหรับทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ในครั้งนี้



## วัตถุประสงค์

### 1. วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสม และอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

### 2. วัตถุประสงค์เฉพาะ

2.1. เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

2.2. เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ ภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

2.3. เพื่อศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ทราบระดับอุณหภูมิ ระยะเวลา และจำนวนวัตต์ของเตาอบไมโครเวฟที่เหมาะสมใช้ในการทำลายเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

2. สามารถประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟเพื่อทำลายเชื้อก่อโรค เพิ่มทางเลือกในการทำลายเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

3. ผู้ป่วยได้บริโภคนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่สะอาดถูกสุขอนามัย ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค

4. ลดค่าใช้จ่ายและจำนวนวันในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะแทรกซ้อน จากการบริโภคนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่ปนเปื้อนเชื้อก่อโรค

5. ประชาชนสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟ สำหรับทำลายเชื้อก่อโรคในชีวิตประจำวันได้

## ระเบียบวิธีวิจัย

### 1. การออกแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental research)

### 2. ประชากรวิจัย

เชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

### 3. ประชากรควบคุม

ความเข้มข้นของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ก่อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ

### 4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

#### 4.1. ตัวแปรอิสระ

รังสีไมโครเวฟที่ใช้ในการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

#### 4.2. ตัวแปรตาม

ผลการฆ่าเชื้อของรังสีไมโครเวฟที่ใช้ในการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

#### 4.3. ตัวแปรภายนอก

4.3.1. การปรับความชื้นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5

4.3.2. การปนเปื้อนเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ในขั้นตอนการผลิต และการบรรจุ จากงานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

#### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อในนมผสม และอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยนำนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ มาทำการทดลอง โดยทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลา คือ

1. ศึกษาผลของไมโครเวฟที่ขนาดจำนวนวัตต์และที่ระยะเวลาต่างกันต่อเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2543 ถึง 30 กันยายน 2543

2. ศึกษาผลของไมโครเวฟที่ขนาดจำนวนวัตต์ และ ที่ระยะเวลาต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม สูตร F 1:2 , อาหารทางสายให้อาหาร สูตร 1:1 และภาชนะที่บรรจุ นมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร รวมทั้งค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2543 ถึง 15 ธันวาคม 2543

หลังจากนั้นจึงนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาเพื่อเสนอแนะแนวทางในการนำเตาอบไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้สำหรับทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ต่อไป

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

#### วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ อาหารเลี้ยงเชื้อ และ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

#### 1. ชนิดของแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์

แบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

- 1.1. *Escherichia coli* ATCC 25922 ได้จากหน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 1.2. *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ได้จากหน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

#### 2. อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

- 2.1. Nutrient agar (Merck : Germany)
- 2.2. Blood agar (Merck : Germany)
- 2.3. MacConkey agar (Merck : Germany)

#### 3. สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

- 3.1. Barium chloride :  $BaCl_2$  (FLUKA : Switzerland)
- 3.2. Sulfuric acid :  $H_2SO_4$  (Merck : Germany)
- 3.3. Sodium chloride :  $NaCl$  (Carlo erba : Italy)
- 3.4. Potassium chloride :  $KCl$  (Carlo erba : Italy)
- 3.5. Hydrogen chloride :  $HCl$  (Carlo erba : Italy)
- 3.6. Sodium hydrozide :  $NaOH$  (Merck : Germany)
- 3.7. Potassium dihydrogen phosphate :  $KH_2PO_4$  (FLUKA : Switzerland)
- 3.8. Disodium hydrogen phosphate :  $Na_2HPO_4$  (FLUKA : Switzerland)
- 3.9. แอลกอฮอล์ 70% (องค์การเภสัชกรรม)

## อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และอุปกรณ์การเพาะเชื้อ

### 1. อุปกรณ์การทดลอง

- 1.1. เตาอบไมโครเวฟ (microwave oven) , Samsung CE245G : Korea
- 1.2. นมผสม สูตรนม F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บรรจุในขวดนมพลาสติกขนาดความจุ 120 มิลลิลิตร ได้จากงานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์
- 1.3. อาหารทางสายให้อาหาร สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกชนิดฝาเกลียว ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ได้จากงานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์
- 1.4. อาหารทางสายให้อาหาร สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกชนิดฝาจุก ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ได้จากงานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

### 1.5. ถุงมือผ้า 1 คู่

### 2. อุปกรณ์การเพาะเชื้อ

- 2.1. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) , Tomy SS-325 : Japan
- 2.2. ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (air incubator) 37°C , Memmert
- 2.3. ตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°C
- 2.4. เครื่องอ่างน้ำ (water bath) , Memmert
- 2.5. ตู้อบความร้อน (hot-air sterilizing oven) , Contherm
- 2.6. เครื่องเขยาสารให้เป็นเนื้อเดียวกัน (vortex mixer)
- 2.7. เครื่องชั่งไฟฟ้า (digital balance) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง , Mettler Toledo รุ่น PB1502 : Switzerland
- 2.8. ห่วงเชี่ยเชื้อ (wire loop) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
- 2.9. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
- 2.10. หลอดดูดสารอัตโนมัติ (automatic dispenser) ขนาด 0.1 และ 1 มิลลิลิตร
- 2.11. หลอดทดลองพร้อมจุกพลาสติกขนาด 18x150 มิลลิเมตร
- 2.12. จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish)
- 2.13. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermo couple) , Union 306 : Germany

- 2.14. ขวดแก้วเก็บตัวอย่างขนาด 50 มิลลิลิตร , Duran : West Germany
- 2.15. ตะกร้าใส่จานเลี้ยงเชื้อ
- 2.16. ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 2.17. ฟอยล์อลูมิเนียม
- 2.18. ลูกยางแดง
- 2.19. ที่วางหลอดทดลอง (rack)
- 2.20. แผงแก้วสามเหลี่ยม (spreader)
- 2.21. ปีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.22. ขวดแก้วบรรจุสารละลายพร้อมฝาปิดขนาด 1,000 มิลลิลิตร

### วิธีดำเนินการ

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกทำการศึกษากลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษากลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ ภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร และขั้นตอนที่ 3 ทำการศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. การศึกษากลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

1.1. เตรียมเชื้อที่ใช้ในการทดลอง คือเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 และ *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานของ American Type Culture Collection ซึ่งได้จากหน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มาเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ MacConkey agar และ Blood agar ตามลำดับ และนำไปเก็บไว้ในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°C

1.2. ใช้ loop เขี่ยเชื้อจากข้อ (1.1) มา streak เพาะเชื้อใน MacConkey agar และ Blood agar ตามลำดับ นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง

1.3. ใช้ loop เขี่ยเชื้อจากข้อ (1.2) ใส่ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปราศจากเชื้อ นำไปอบในตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อแบ่งตัวเพิ่มจำนวน

1.4. นำ phosphate buffer pH 7.0 จากข้อ (1.3) มาปรับด้วยสายตาให้มีความชุ่มเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml และทำ colony count เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของเชื้อที่ปรับความชุ่มด้วยสายตา

1.5. ดูดเชื้อจากข้อ (1.4) จำนวน 3 มิลลิลิตร ใส่ในอาหารทางสายให้อาหาร สูตร 1:1 (หมายถึง อาหารทางสายให้อาหาร 1 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 1 แคลอรี) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ชนิดฝาจุกและฝาเกลียว และจำนวน 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในนมผสม สูตร F 1:2 (หมายถึง นม 1 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 2 แคลอรี) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะมีเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ  $10^6$  ตัว/มิลลิลิตร นำไปแช่ในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°C ประมาณ 16 ชั่วโมง

1.6. นำอาหารทางสายให้อาหาร และ นมผสมจากข้อ (1.5) มาทำ colony count เพื่อหาจำนวนเชื้อก่อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ

1.7. นำอาหารทางสายให้อาหาร และ นมผสมจากข้อ (1.5) วางเรียงเป็นรูปสามเหลี่ยมในเตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบผนวก 4 , 5 และ 6 โดยอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกและฝาเกลียว ใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อที่ 5 , 7 และ 10 นาที และนมผสมใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อที่ 1 , 2 และ 3 นาที

1.8. ดูดอาหารทางสายให้อาหาร และ นมผสมจากข้อ (1.7) จากก้นขวดด้านข้าง บริเวณด้านในของจุดศูนย์กลางของเตาอบไมโครเวฟ จำนวน 50 มิลลิลิตร และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดเก็บตัวอย่างปราศจากเชื้อ ปิดฝา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำ colony count นับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ บันทึกผลการทดลอง

1.9. ตรวจสอบเชื้อที่รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ โดยใช้ loop จุ่มในขวดเก็บตัวอย่างที่เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำมา streak เพาะเชื้อใน MacConkey agar และ Blood agar ตามลำดับ นำไปอบในตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง อ่านผลจากลักษณะโคโลนีของเชื้อที่เจริญแบ่งตัวในอาหารเลี้ยงเชื้อ และบันทึกผลการทดลอง

2. การศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

2.1. นำขวดนมพลาสติกที่บรรจุนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร แขนในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°C ประมาณ 16 ชั่วโมง แล้วใช้ Thermo couple วัดอุณหภูมิที่บริเวณก้นขวดด้านข้าง และบันทึกผลการทดลอง

2.2. นำนมผสม และ อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก จากข้อ (2.1) วางเรียงเป็นรูปสามเหลี่ยมในเตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที และที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง แล้วบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการสังเกตด้วยสายตา โดยนำมาเปรียบเทียบกับขวดนมพลาสติกที่บรรจุนมผสมและขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกที่ไม่ได้ใส่ในเตาอบไมโครเวฟ

2.3. นำนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก จากข้อ (2.2) มาวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ โดยใช้ Thermo couple วัดอุณหภูมิส่วนบนที่บริเวณตรงกลางผิวหน้า (ที่ขีด 30 มิลลิลิตรในขวดนมผสม และที่ขีด 300 มิลลิลิตรในขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก) , ส่วนกลางวัดที่บริเวณตรงกลางกึ่งกลางของปริมาณอาหารทั้งหมด (ที่ขีด 15 มิลลิลิตรในขวดนมผสม และที่ขีด 150 มิลลิลิตรในขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก) , ส่วนล่างวัดที่บริเวณตรงกลางก้นขวด และส่วนข้างวัดที่บริเวณก้นขวดด้านข้างบริเวณด้านในจุดศูนย์กลางของเตาอบไมโครเวฟ และบันทึกผลการทดลอง

3. การศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

ในปัจจุบันคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พยายามลดต้นทุนของหน่วยงานให้มากที่สุด เนื่องจากคณะแพทยศาสตร์ต้องเสียค่าใช้จ่ายเดือนละไม่น้อยกว่าหนึ่งล้านบาท การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นเป้าหมายหลักอย่างหนึ่ง แต่เนื่องจากการต่อวงจรไฟฟ้าของคณะแพทยศาสตร์เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบศูนย์รวม และที่ศูนย์รวมมีหม้อแปลงจ่ายพลังงานไฟฟ้าหลายเครื่อง ไม่มีหน่วยงานไหนที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าเครื่องเดียว เพราะคณะแพทยศาสตร์มีระบบไฟฟ้าฉุกเฉินสำรอง ซึ่งมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินสำรองที่จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าแทนหม้อแปลงไฟฟ้าในกรณีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคดับหรือขัดข้อง



ทุกหน่วยงานจึงได้รับไฟฟ้ามาจากแหล่งจ่ายไฟมากกว่าหนึ่งแหล่ง และหลายวงจร จึงได้คิดวิธีการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าของหน่วยงานในคณะแพทย์ โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บมาใช้ในการคำนวณ โดยคิดค่าเฉลี่ยที่คณะแพทยศาสตร์จ่ายค่าไฟฟ้าแก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งประมาณหน่วยละ 2.56 บาท ในที่นี้คิดที่ราคาหน่วยละ 3 บาท (จารุ คัดตพันธ์, 2542 : 1)

### 3.1. วิธีการคำนวณ

นำขนาดกำลังไฟฟ้าเข้า (วัตต์) และ จำนวนเวลาที่ใช้ (นาที) เตาอบไมโครเวฟ ทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ในแต่ละครั้งมาคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

สูตร

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเข้า (วัตต์)} \times 3.00 \text{ (บาท)}}{1,000} \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

หรือ

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเข้า (วัตต์)} \times \text{เวลาที่ใช้ (นาที)} \times 3.00 \text{ (บาท)}}{1,000 \times 60} \quad \text{บาทต่อนาที}$$

### บทที่ 3

#### ผลการวิจัย

1. ผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ปนเปื้อนนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 นาที และ อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 10 นาที โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540, 720 และ 900 W ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.1. ผลการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในนมผสม

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 และ 720 W ที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที และ ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 นาที ไม่พบเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *S. aureus* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 1 นาที มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้) และ ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 1 นาที มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลอง 3 ครั้งใน 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 60 (ฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้บ้างไม่ได้บ้าง) ดังแสดงในตาราง 14 และ 20

ตาราง 14 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในนมผสม

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัส กับรังสี MCW (นาที)		
	1	2	3
900	×	×	×
720	⊗	×	×
540	○	×	×

- หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *S. aureus* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 × หมายถึง ไม่พบเชื้อ *S. aureus* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 ⊗ หมายถึง พบเชื้อ *S. aureus* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟเป็นบางครั้ง

### 1.2. ผลการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในนมผสม

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 และ 720 W ที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที และ ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 นาที ไม่พบเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *E. coli* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 1 นาที มีจำนวนเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้) และขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 1 นาที มีจำนวนเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลอง 2 ครั้งใน 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40 (ฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้บ้างไม่ได้บ้าง) ดังแสดงในตาราง 15 และ 20

ตาราง 15 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในนมผสม

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัส กับรังสี MCW (นาที)		
	1	2	3
900	×	×	×
720	⊗	×	×
540	○	×	×

- หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *E. coli* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 × หมายถึง ไม่พบเชื้อ *E. coli* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 ⊗ หมายถึง พบเชื้อ *E. coli* ในนมผสมรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟเป็นบางครั้ง

1.3. ผลการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที , ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 7 และ 10 นาที และ ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ไม่พบเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *S. aureus* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 5 และ 7 นาที และขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 5 นาที มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ ลดลงตามลำดับ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้) ดังแสดงในตาราง 16 และ 21

ตาราง 16 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อล้มผิด กับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	×	×	×
720	○	×	×
540	○	○	×

หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

× หมายถึง ไม่พบเชื้อ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

1.4. ผลการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที , ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 7 และ 10 นาที และ ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 10 นาที ไม่พบเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *E. coli* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 5 และ 7 นาที

และ ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 5 นาที มีจำนวนเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟลดลงตามลำดับ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้) ดังแสดงในตาราง 17 และ 21

ตาราง 17 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัส กับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	×	×	×
720	○	×	×
540	○	○	×

หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

× หมายถึง ไม่พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

1.5. ผลการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 7 และ 10 นาที ไม่พบเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *S. aureus* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 5 และ 7 นาที , ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 5 นาที , ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 นาที และ ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟลดลงตามลำดับ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้) ดังแสดงในตาราง 18 และ 21

ตาราง 18 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดผง

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัส กับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	○	×	×
720	○	×	×
540	○	○	○

หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดผง  
รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

× หมายถึง ไม่พบเชื้อ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดผง  
รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

1.6. ผลการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดผง

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที และ ขนาด 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 7 และ 10 นาที ไม่พบเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ฆ่าเชื้อ *E. coli* ตายหมด) ในขณะที่ขนาด 540 และ 720 W ที่ระยะเวลา 5 นาที และ ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 7 นาที มีจำนวนเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟลดลงตามลำดับ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 (ไม่สามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้) และ ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 นาที มีจำนวนเชื้อ *E. coli* รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟจากการทดลอง 2 ครั้งใน 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40 (ฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้บ้างไม่ได้บ้าง) ดังแสดงในตาราง 19 และ 21

ตาราง 19 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัส กับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	⊗	×	×
720	○	×	×
540	○	○	×

หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก  
รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

× หมายถึง ไม่พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก  
รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ

⊗ หมายถึง พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก  
รอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟเป็นบางครั้ง

ตาราง 20 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในนมผสม

ชนิดอาหารที่ใช้ ในการทดลอง	ชนิดแบคทีเรียที่ใช้ ในการทดลอง	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)		
			1	2	3
1. นมผสม ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติก โพลีคาร์บอเนต ขนาดความจุ 120 มิลลิลิตร	- <i>S. aureus</i>	540	○	×	×
		720	⊗	×	×
		900	×	×	×
	- <i>E. coli</i>	540	○	×	×
		720	⊗	×	×
		900	×	×	×

- หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 × หมายถึง ไม่พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 ⊗ หมายถึง พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟเป็นบางครั้ง

ตาราง 21 การรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก

ชนิดอาหารที่ใช้ในการทดลอง	ชนิดแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)		
			5	7	10
1. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน ความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร	- <i>S. aureus</i>	540	○	○	×
		720	○	×	×
		900	×	×	×
	- <i>E. coli</i>	540	○	○	×
		720	○	×	×
		900	×	×	×
2. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน ความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร	- <i>S. aureus</i>	540	○	○	○
		720	○	×	×
		900	○	×	×
	- <i>E. coli</i>	540	○	○	×
		720	○	×	×
		900	⊗	×	×

- หมายเหตุ : ○ หมายถึง พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 × หมายถึง ไม่พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟ  
 ⊗ หมายถึง พบเชื้อแบคทีเรียรอดชีวิตจากรังสีไมโครเวฟเป็นบางครั้ง



## 2. ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ ภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร รวมทั้งภาชนะที่บรรจุนมผสม ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที และ อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร รวมทั้ง ภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหาร ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ ความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1. ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร รวมทั้งภาชนะที่บรรจุนมผสม ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที

จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมดังนี้คือ ไม่มีการจับเป็นฝ้าที่ผิวหน้า , ไม่มีการจับเป็นก้อน , ไม่มีการเปลี่ยนสี , ไม่มีการแยกชั้นของนมผสม และนมผสมไม่เหนียวยังคงเหลวเหมือนเดิม จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รวมทั้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของภาชนะที่บรรจุนมผสมดังนี้คือ ไม่นิ่ม , ไม่ผิดรูป และ ไม่ละลาย จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ดังแสดงในตาราง 23

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที นมผสมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 51.4 , 83.4 และ 88.6°C ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที นมผสมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 67.4 , 90.4 และ 92.4°C ตามลำดับ และสุดท้ายขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที นมผสมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 83.8 , 90.0 และ 93.8°C ตามลำดับ ดังแสดงใน ตาราง 22

ตาราง 22 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของนมผสมหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่นมผสมสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)		
	1	2	3
900	83.8	90.0	93.8
720	67.4	90.4	92.4
540	51.4	83.4	88.6

ตาราง 23 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมและภาชนะที่บรรจุจากการสังเกตด้วยสายตา

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสม และภาชนะที่บรรจุ จากการสังเกต ด้วยสายตา	จำนวนวัตต์ (W) และ ระยะเวลาที่สัมผัสกับรังสี MCW (นาที)								
	540 W			720 W			900 W		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.นมผสมจับเป็นฝ้า	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.นมผสมจับเป็นก้อน	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3.นมผสมเปลี่ยนสี	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4.นมผสมแยกชั้น	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5.นมผสมเหนียว	×	×	×	×	×	×	×	×	×
6.ภาชนะที่บรรจุมี*	×	×	×	×	×	×	×	×	×
7.ภาชนะที่บรรจุผิดรูป*	×	×	×	×	×	×	×	×	×
8.ภาชนะที่บรรจุละลาย*	×	×	×	×	×	×	×	×	×

หมายเหตุ : × หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมและภาชนะที่บรรจุ

\* หมายถึง ขวดนมพลาสติกใสแบบหนาผลิตจากพลาสติกโพลีคาร์บอเนต  
ขนาดความจุ 120 มิลลิลิตร และฝาปิดมีลักษณะเป็นเกลียว  
พลาสติกผลิตจากพลาสติกโพลีพรอเพอริลีน พร้อมจุกนมผลิตจาก  
ยางซิลิโคน และฝาครอบชั้นนอกผลิตจากพลาสติกโพลีพรอเพอริลีน

2.2. ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝาเกลียว ปริมาตร 300 มิลลิลิตร รวมทั้งภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหาร ที่ระยะเวลา 5 , 7  
และ 10 นาที

จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด  
540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ  
อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวดังนี้คือ มีการจับเป็นฝ้าที่ผิวหน้า จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง  
คิดเป็นร้อยละ 100 ดังแสดงในภาพประกอบผนวก 12 แต่ไม่มีการจับเป็นก้อน , ไม่มีการเปลี่ยน  
สี , ไม่มีการแยกชั้นของอาหารทางสายให้อาหาร และอาหารทางสายให้อาหารไม่เหนียวยังคงเหลว  
เหมือนเดิม จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ  
ของภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารดังนี้คือ มีลักษณะนิ่มลง จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง

คิดเป็นร้อยละ 100 แต่ไม่มีรูปร่าง และ ไม่ละลาย จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ดังแสดงในตาราง 25

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 30.8 , 44.6 และ 58.0°C ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 38.6 , 56.6 และ 80.4°C ตามลำดับ และสุดท้ายขนาด 900W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วย มีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 48.0 , 71.4 และ 89.4°C ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วย หลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่นมผสมสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	48.0	71.4	89.4
720	38.6	56.6	80.4
540	30.8	44.6	58.0

ตาราง 25 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว  
และภาชนะที่บรรจุจากการสังเกตด้วยสายตา

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหาร ทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และ ภาชนะที่บรรจุ จากการสังเกตด้วยสายตา	จำนวนวัตต์ (W) และ ระยะเวลาที่สัมผัสกับรังสี MCW (นาที)								
	540 W			720 W			900 W		
	5	7	10	5	7	10	5	7	10
1.อาหารทางสายให้อาหารจับเป็นฝ้า	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.อาหารทางสายให้อาหารจับเป็นก้อน	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3.อาหารทางสายให้อาหารเปลี่ยนสี	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4.อาหารทางสายให้อาหารแยกชั้น	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5.อาหารทางสายให้อาหารเหนียว	×	×	×	×	×	×	×	×	×
6.ภาชนะที่บรรจุมี "	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.ภาชนะที่บรรจุผิดรูป "	×	×	×	×	×	×	×	×	×
8.ภาชนะที่บรรจุละลาย "	×	×	×	×	×	×	×	×	×

หมายเหตุ : × หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝาเกลียว หรือภาชนะที่บรรจุ

✓ หมายถึง มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝาเกลียว หรือภาชนะที่บรรจุ

\*\* หมายถึง ขวดพลาสติกสีขาวขุ่นแบบบาง ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีน  
ความหนาแน่นสูง สำหรับบรรจุยาน้ำขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร  
และฝาปิดมีลักษณะเป็นเกลียวพลาสติก ผลิตจากพลาสติก  
โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง

2.3. ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝาจุก ปริมาตร 300 มิลลิลิตร รวมทั้งภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหาร ที่ระยะเวลา 5 , 7  
และ 10 นาที

จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด  
540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ  
อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกดังนี้คือ มีการจับเป็นฝ้าที่ผิวหน้า จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง  
คิดเป็นร้อยละ 100 แต่ไม่มีการจับเป็นก้อน , ไม่มีการเปลี่ยนสี , ไม่มีการแยกชั้นของอาหารทาง

สายให้อาหาร และอาหารทางสายให้อาหารไม่เหนียวยังคงเหลวเหมือนเดิม จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารดังนี้คือ มีลักษณะนิ่มลง จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 แต่ไม่มีผิวดู และไม่ละลาย จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ดังแสดงในตาราง 27

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 26.8 , 36.4 และ 56.2°C ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 38.2 , 47.4 และ 65.8°C ตามลำดับ และสุดท้ายขนาด 900W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 42.8 , 56.6 และ 77.8°C ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 26

ตาราง 26 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก หลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่นมผสมสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)		
	5	7	10
900	42.8	56.6	77.8
720	38.2	47.4	65.8
540	26.8	36.4	56.2

ตาราง 27 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝ่จาก  
และภาวะที่บรจจากการสังเกตด้วยสายตา

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหาร ทางสายให้อาหารชนิดฝ่จาก และ ภาวะที่บรจ จากการสังเกตด้วยสายตา	จำนวนวัตต์ (W) และ ระยะเวลาที่สัมผัสกับรังสี MCW (นาที)								
	540 W			720 W			900 W		
	5	7	10	5	7	10	5	7	10
1.อาหารทางสายให้อาหารจับเป็นฝ่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.อาหารทางสายให้อาหารจับเป็นก้อน	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3.อาหารทางสายให้อาหารเปลี่ยนสี	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4.อาหารทางสายให้อาหารแยกชั้น	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5.อาหารทางสายให้อาหารเหน็ด	×	×	×	×	×	×	×	×	×
6.ภาวะที่บรจมีม ***	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.ภาวะที่บรจผิดรูป ***	×	×	×	×	×	×	×	×	×
8.ภาวะที่บรจละลาย ***	×	×	×	×	×	×	×	×	×

หมายเหตุ : × หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝ่เกลียว หรือภาวะที่บรจ

✓ หมายถึง มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิด  
ฝ่เกลียว หรือภาวะที่บรจ

\*\*\* หมายถึง ขวดพลาสติกสีขาวขุ่นแบบบาง ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีน  
ความหนาแน่นสูง สำหรับบรรจุน้ำดื่มขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร และ  
ฝ่ปิดมีลักษณะเป็นจุกยาง ใช้ปลอกพลาสติกในการฝ่กให้ปิดสนิท

2.4. ผลของไมโครเวฟที่มีต่ออุณหภูมิของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝ่เกลียว  
และฝ่จากที่ตำแหน่งต่างๆ

จากการทดลองทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝ่เกลียวและ  
ฝ่จาก พบว่าอุณหภูมิภายในขวดนมผสมที่ส่วนบน ส่วนกลาง ส่วนล่าง และส่วนข้าง มีค่าเท่ากัน  
จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ในขณะที่อุณหภูมิภายในขวดอาหารทางสายให้อาหาร  
ชนิดฝ่เกลียวและฝ่จาก มีอุณหภูมิแตกต่างกันที่ส่วนบน ส่วนกลาง ส่วนล่าง และส่วนข้าง  
จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 โดยส่วนบนมีอุณหภูมิสูงที่สุด รองลงมาคือ  
ส่วนกลาง ส่วนล่าง และส่วนข้าง ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 28

ตาราง 28 ระดับอุณหภูมิภายในขบวนการผสมและขบวนการทางสายให้อาหารชนิด  
ฝาเกลียวและฝาจุกที่ตำแหน่งต่างๆ

ชนิดขวดที่ใช้ ในการทดลอง	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆภายในขวดที่ใช้ในการทดลอง			
			ส่วนบน	ส่วนกลาง	ส่วนล่าง	ส่วนข้าง
1. ขวดนม	540	1	57.40 ± 0.55	57.40 ± 0.55	57.40 ± 0.55	57.40 ± 0.55
		2	88.40 ± 0.55	88.40 ± 0.55	88.40 ± 0.55	88.40 ± 0.55
		3	94.60 ± 0.55	94.60 ± 0.55	94.60 ± 0.55	94.60 ± 0.55
	720	1	73.40 ± 0.55	73.40 ± 0.55	73.40 ± 0.55	73.40 ± 0.55
		2	95.40 ± 0.55	95.40 ± 0.55	95.40 ± 0.55	95.40 ± 0.55
		3	97.40 ± 0.55	97.40 ± 0.55	97.40 ± 0.55	97.40 ± 0.55
	900	1	88.80 ± 0.45	88.80 ± 0.45	88.80 ± 0.45	88.80 ± 0.45
		2	96.00 ± 0.00	96.00 ± 0.00	96.00 ± 0.00	96.00 ± 0.00
		3	99.80 ± 0.45	99.80 ± 0.45	99.80 ± 0.45	99.80 ± 0.45
2. ขวดอาหาร ทางสายให้อาหารชนิด ฝาเกลียว	540	5	45.60 ± 0.55	41.40 ± 0.55	38.40 ± 0.55	37.40 ± 0.55
		7	61.20 ± 1.92	55.60 ± 0.55	51.40 ± 0.55	50.40 ± 0.55
		10	81.80 ± 1.48	73.00 ± 4.18	64.00 ± 1.00	63.00 ± 1.00
	720	5	58.80 ± 0.84	50.20 ± 0.45	45.60 ± 0.55	44.60 ± 0.55
		7	76.00 ± 0.71	69.20 ± 2.86	63.60 ± 0.55	62.60 ± 0.55
		10	94.40 ± 0.55	90.00 ± 0.71	86.40 ± 0.89	85.40 ± 0.89
	900	5	70.00 ± 2.00	57.40 ± 3.29	53.40 ± 0.55	53.00 ± 0.00
		7	90.80 ± 1.64	83.40 ± 1.34	78.40 ± 0.55	77.40 ± 0.55
		10	100.00 ± 1.22	99.40 ± 1.34	97.00 ± 2.35	95.40 ± 2.51
3. ขวดอาหาร ทางสายให้อาหารชนิด ฝาจุก	540	5	51.40 ± 1.82	40.60 ± 0.55	34.80 ± 0.84	34.00 ± 1.00
		7	62.40 ± 1.14	50.80 ± 1.64	43.60 ± 1.52	41.40 ± 0.89
		10	80.60 ± 1.34	74.60 ± 0.55	64.00 ± 1.00	62.20 ± 0.84
	720	5	62.80 ± 2.68	52.00 ± 1.00	45.20 ± 1.79	44.40 ± 0.89
		7	73.60 ± 2.51	66.00 ± 1.00	54.60 ± 0.89	52.40 ± 0.55
		10	93.60 ± 1.34	86.80 ± 2.59	73.80 ± 1.10	72.20 ± 0.45
	900	5	71.00 ± 1.87	61.40 ± 0.55	51.60 ± 1.14	50.60 ± 0.55
		7	88.40 ± 5.55	79.60 ± 4.88	66.00 ± 2.00	63.40 ± 1.14
		10	100.40 ± 0.89	99.00 ± 1.41	87.00 ± 3.08	83.80 ± 3.27

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD)

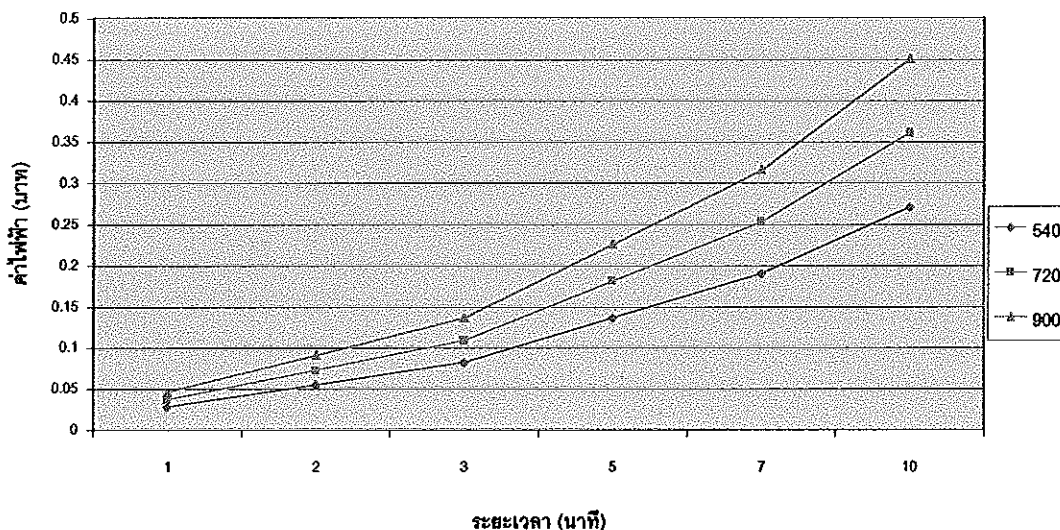
### 3. ค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ที่ปนเปื้อนนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที และ อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1. เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.027, 0.054, 0.081, 0.135, 0.189 และ 0.270 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10

3.2. เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.036, 0.072, 0.108, 0.180, 0.252 และ 0.360 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10

3.3. เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.045, 0.090, 0.135, 0.225, 0.315 และ 0.450 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร



จากผลการศึกษาพบว่า ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับการใช้เตาอบไมโครเวฟที่ขนาดจำนวนวัตต์และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง) ดังนั้นจึงได้หาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัตต์ ระยะเวลา และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเสียค่าน้อยที่สุด โดยนำระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถทำลายเชื้อได้หมดที่จำนวนวัตต์ต่างๆมาเปรียบเทียบ โดยเลือกระยะเวลาที่เสียค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อน้อยที่สุด พบว่า นมผสมควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟ เท่ากับ 0.045 บาท ในขณะที่อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วยควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟ เท่ากับ 0.225 บาท และอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักจากควรใช้ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 7 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟ เท่ากับ 0.252 บาท ดังแสดงในตาราง 29

ตาราง 29 เปรียบเทียบจำนวนวัตต์ ระยะเวลา อุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเสียค่าน้อยที่สุด

ชนิดอาหารที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลาที่เชื้อสัมผัสกับรังสี MCW (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น (°C)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1. นมผสม	540	2	83.4	0.054
	720	2	90.4	0.072
	900	1	83.8	0.045
2. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักกล้วย	540	10	58.0	0.270
	720	7	56.6	0.252
	900	5	48.0	0.225
3. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝักจาก	720	7	47.4	0.252
	900	7	56.6	0.315

#### บทที่ 4

#### บทวิจารณ์

#### 1. การศึกษาผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

การศึกษาผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารครั้งนี้ ได้จำลองให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยให้เชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 และ *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานของ American Type Culture Collection ที่ได้จากหน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์กลุ่ม Gram negative bacilli และ กลุ่ม Gram positive cocci ที่พบเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์อันดับที่ 1 และ 3 ตามลำดับ (หน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2543 : 1) ที่ความเข้มข้น  $10^6$  cfu/ml ซึ่งสามารถก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษหรือโรคระบบทางเดินอาหารแก่ผู้ที่บริโภคได้ (ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2540 : 78) นำมาใส่ในนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร (เหตุผลที่เลือกใช้นมผสม สูตร F 1:2 ในการทดลอง เนื่องจากปี 2542 ได้มีการระบาดของโรค Necrotizing Enterocolitis (NEC) ในหออภิบาลผู้ป่วยเด็ก (NICU) ซึ่งได้ตรวจพบเชื้อ *Escherichia coli* ใน Gastric content ของผู้ป่วยเด็กในช่วงนั้น สิ่งที่สงสัยคิดว่าน่าจะมาจากนมผสมเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งสาเหตุยังไม่แน่ชัด หน่วยควบคุมการติดเชื้อจึงนำตัวอย่างนมผสมในช่วงนั้นจากหอผู้ป่วยเด็ก 1, หอผู้ป่วยสูติกรรม, หออภิบาลผู้ป่วยเด็ก และ Nursery มาเพาะเชื้อ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli*  $10^7$  cfu/ml ในนมผสมสูตร F 1:2 จากหอผู้ป่วยเด็ก 1 และมีเชื้อก่อโรคชนิดอื่นๆปนเปื้อนเป็นจำนวนมากเกินมาตรฐานอาหารนม ซึ่งสอดคล้องกับสาเหตุของการเกิดโรค NEC คือ มีการติดเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนนมผสมในลำไส้ เช่น *Escherichia Coli*, *Klebsiella*, *Proteus* และ *Staphylococcus coagulans* - positive (สรายุทธ สุภาพรรณชาติ, 2540 : 65) และ เด็กที่กินนมผสมมีโอกาสเกิดโรค NEC มากกว่าเด็กที่กินนมแม่ 6 เท่า (มนตรี ตูจินดา และคณะ, 2542 : 2592) จึงคิดว่าสาเหตุหนึ่งของการระบาดของโรค NEC น่าจะมาจากการที่ผู้ป่วยเด็กได้รับประทานนมผสมที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli* เข้าไป (หน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 24) และเนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณจึงต้องขอความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์จึงเลือกใช้ปริมาตร

30 มิลลิลิตรในการทดลอง) และอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (เหตุผลที่เลือกใช้เนื่องจากเป็นสูตรที่แพทย์สั่งให้ผู้ป่วยบริโภคเป็นส่วนใหญ่ และเนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณจึงต้องขอความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์จึงเลือกใช้ปริมาตร 300 มิลลิลิตรในการทดลอง) แล้วนำไปแช่ในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°C เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อเจริญแบ่งตัวเพิ่มจำนวนแต่ไม่ฆ่าเชื้อ (อัณฺฐลี ดันต์ศุภศิริ, 2541 : 59) ประมาณ 16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาในการเก็บรักษานมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในตู้เย็นที่นานที่สุดตั้งแต่ผลิตเสร็จจนผู้ป่วยได้บริโภค คือเป็นการผลิตนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารรอบที่ 2 เวลาประมาณ 11.00 – 13.30 น. เพื่อส่งไปยังหอผู้ป่วยเวลา 14.00 น. และผู้ป่วยได้บริโภคมือสุดท้ายเวลา 6.00 น.ในวันถัดไป จากผลการศึกษา colony count ของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ก่อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ พบว่าในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก มีค่าอยู่ในช่วง  $1.74 \times 10^6 - 4.54 \times 10^7$  cfu/ml ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ เกสราพรรณ พงษ์พิณิชศักดิ์ (2541 : 41) พบว่าหลังจากออกจากตู้เย็นทันทีก่อนอุ่นอาหารทางสายให้อาหารให้ผู้ป่วยบริโภคมีค่า total bacteria count อยู่ในช่วง  $1.73 \times 10^2 - 5.6 \times 10^5$  cfu/ml ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่เกิน  $1.0 \times 10^2$  cfu/ml (Anderson, Haward and Scott, 1986 : 163-167) และเมื่อนำมาทำลายเชื้อโดยใช้เตาอบไมโครเวฟ ความถี่ 2,450 MHz พบว่าเมื่อใช้ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 2 , 2 และ 1 นาทีขึ้นไปตามลำดับ ไม่พบเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในนมผสม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kindle, et al. (1996 : 273-278) โดยพบว่าสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ความเข้มข้น  $10^5$  cfu/ml ที่ปนเปื้อนนมผสม 5 ชนิด ปริมาตร 100 มิลลิลิตรได้ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 600 W ที่ระยะเวลา 95 , 85 , 90 , 100 และ 100 วินาที ตามลำดับ

ในขณะที่ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 , 7 และ 5 นาทีขึ้นไปตามลำดับ ไม่พบเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และขนาด 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 7 นาทีขึ้นไป ไม่พบเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก รวมทั้งที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป ไม่พบเชื้อ *E. coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Najdovski, Dragas and Kotnik (1991 : 239-247) พบว่าสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* ความเข้มข้น  $10^7$  และ  $10^8$  cfu/ml ในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตรได้ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 325 และ 650 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป ในขณะที่ขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที ยังคงพบเชื้อ *S. aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษา

ของ Najdovski, Dragas and Kotnik (1991 : 239-247) ที่พบว่าสามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* ความเข้มข้น  $10^6$  และ  $10^7$  cfu/ml ในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตรได้ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 325 และ 650 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป อาจเนื่องจากปริมาณของสารละลายในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร น้อยกว่าปริมาณของอาหารทางสายให้อาหารปริมาตร 300 มิลลิลิตรมาก แม้ว่าความเข้มข้นของเชื้อจะเท่ากัน จึงอาจทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทำลายเชือนานกว่า

จากผลการทดลองพบว่า ผลการทำลายเชื้อ *E. coli* ที่ขนาด 900 W ระยะเวลา 5 นาที และ *S. aureus* ที่ขนาด 540 และ 900 W ระยะเวลา 10 และ 5 นาทีตามลำดับ ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวมีประสิทธิภาพมากกว่าในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก อาจเนื่องจากขนาด รูปทรง และค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟของขวดพลาสติก และ ลักษณะการจัดวางขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกในเตาอบไมโครเวฟแตกต่างกัน โดยขวดพลาสติกบรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงมีค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟ 0.001 (Andrews, 1995 : 168) ทรงกลมสูง 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร จัดวางเรียงเป็น 3 จุด ดังแสดงในภาพประกอบผนวก 5 จึงไม่มีการบังคลื่นไมโครเวฟ และภาคแก้วหมุนตลอดเวลาที่เครื่องทำงาน ทำให้ได้รับคลื่นไมโครเวฟเท่าๆกันทั้ง 3 ขวด ในขณะที่ขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงมีค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟ 0.001 (Andrews, 1995 : 168) ทรงกลมสูง 21 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร ซึ่งไม่สามารถจัดวางเรียงเป็น 3 จุดบนภาคแก้วในเตาอบไมโครเวฟได้ เนื่องจากมีความสูงเกินขนาดภายในเตาอบไมโครเวฟ จึงประยุกต์ใช้โถตุ้มทรงเหลี่ยมผลิตจาก Polyester compound สามารถทนความร้อนได้สูงถึง  $204^{\circ}\text{C}$  (บริษัทมาลาเคมีอุตสาหกรรม จำกัด, 2542 : 1) มีค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟ 0.0005 (Andrews, 1995 : 168) มาบรรจุขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก 3 ขวด แล้วนำไปวางในเตาอบไมโครเวฟ ดังแสดงในภาพประกอบผนวก 6 ทำให้มีการบังคลื่นไมโครเวฟด้วยโถตุ้มและลักษณะการจัดวาง นอกจากนี้ขวดพลาสติกยังมีขนาดและรูปทรงที่แตกต่างกัน โดยขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าและมีรูปร่างสูงกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว ทำให้อาหารทางสายให้อาหารที่อยู่ด้านในตรงกลางขวดจะร้อนช้ากว่าบริเวณอื่นๆ และใช้เวลานานกว่าในการทำให้อาหารทางสายให้อาหารร้อนเท่ากันทั่วทั้งขวด (บริษัทชาร์ป, 2541 : 12) รวมทั้งมีค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟรวมเท่ากับ 0.0015

(ขวดพลาสติก + โถตุ่น) ซึ่งมีค่ามากกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิด ฝาเกลียวซึ่งมีค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟเท่ากับ 0.001 ทำให้อาหารทางสายให้อาหารชนิด ฝาจุกได้รับความร้อนน้อยกว่าและไม่ทั่วถึงทุกด้านทั้ง 3 ขวด จึงส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทำละลายเชื่อนานกว่า

และจากวิธีการทดลองมีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันในขั้นตอนการทำ colony count ของ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้ MacConkey agar เพาะเลี้ยงเชื้อ *E. coli* และใช้ Blood agar เพาะเลี้ยงเชื้อ *S. aureus* ในขณะที่ขั้นตอนการทำ colony count ของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และฝาจุกก่อนและหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ ใช้ Nutrient agar เพาะเลี้ยงเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณจึงเลือกใช้ Nutrient agar ซึ่งมีราคาถูกกว่า แทน MacConkey agar และ Blood agar จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* จะมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีวิธีการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ค และจากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างของจำนวน colony count ของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน ดังแสดงผลการทดลองในตารางผนวก 12 แสดงว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* มีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน สามารถที่จะนำ Nutrient agar มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อในการทดลองแทน MacConkey agar และ Blood agar ได้

การนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ทำละลายเชื่อนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิด ฝาเกลียวและฝาจุกบนห่อผู้ป่วยจำเป็นที่จะต้องมีการ calibrate เตาอบไมโครเวฟก่อนใช้งานจริง ดังวิธีการที่แสดงในภาคผนวก ง เนื่องจากแต่ละห่อผู้ป่วยใช้เตาอบไมโครเวฟคนละยี่ห้อ ขนาดจำนวนวัตต์ และขนาดความจุแตกต่างกัน จึงต้องทำการ calibrate เครื่องก่อนใช้งานจริง เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถทำละลายเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าสามารถประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟทำละลายเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ที่ปนเปื้อนในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารได้จริง เนื่องจากแบคทีเรียมีโครงสร้างและส่วนประกอบเป็นพวกโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และน้ำเป็นหลัก เมื่อนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ในการทำละลายเชื้อ คลื่นไมโครเวฟซึ่งมีคุณสมบัติการดูดซึม (absorption) จะถูกดูดกลืนและแพร่กระจายเข้าไปในเซลล์ ทำให้โมเลกุลของของเหลวในเซลล์ เช่น น้ำ ไขมัน และน้ำตาล เป็นต้น

เกิดการสั้นสะท้อนของโมเลกุลด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างโมเลกุลด้วยกันเอง กลายเป็นพลังงานความร้อนขึ้นภายในเซลล์ (Decareau, 1985 : 9-10) ซึ่งความร้อนนี้สามารถหยุดการเจริญเติบโตหรือฆ่าเชื้อได้อย่างรวดเร็ว (Wu, 1996 : 752) โดยในสภาวะที่เป็นของเหลว คลื่นไมโครเวฟสามารถทำลายเชื้อได้ดีกว่าในสภาวะที่แห้ง (Najadovski, Dragas and Kotnik, 1991 : 239-247) ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาอื่นๆ ที่นำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ฆ่าเชื้อในอุปกรณ์ทางการแพทย์ได้จริง (Culkin and Fung, 1975 : 8-15 ; Harris, *et al.*, 1989 : 82-86 ; Latimer and Matson, 1977 : 340-342 ; Rohrer and Bulard, 1985 : 194-198 ; Rohrer, *et al.*, 1986 : 49-57 ; Sanborn, *et al.*, 1982 : 960-964 ; Young, *et al.*, 1985 : 581-585, quoted in Rosaspin, Anzanel and Salvatorelli, 1993 : 269) นอกจากนี้ยังพบว่าเตาอบไมโครเวฟสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้ โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันระหว่างจำนวนวัตต์กับระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเชื้อ คือ ที่จำนวนวัตต์น้อยใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อมาก และที่จำนวนวัตต์มากใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อน้อย

การฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟเป็นกระบวนการยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหารค่อนข้างใหม่ในเมืองไทย แต่ในระดับตลาดผู้บริโภคหรือร้านอาหารปลีกได้รับความนิยมใช้ในการอุ่นอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความสะดวกและรวดเร็วในการปรุง-ประกอบอาหาร สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์คิดว่าในประเทศไทยยังไม่มีใครเริ่มลงทุน เนื่องจากต้นทุนที่สูงกว่า ต้องใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับไมโครเวฟเท่านั้น และต้องปรับแมกนีตรอนให้เข้ากับอาหารแต่ละชนิด หรือแม้แต่อาหารชนิดเดียวกันที่มีความหลากหลาย แต่ในต่างประเทศเริ่มมีการผลิตในเชิงพาณิชย์เมื่อประมาณกลางปีค.ศ. 1960 โดยใช้ไมโครเวฟฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชันในอุตสาหกรรมผลิตขนมปังในยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ต่อมาได้มีการพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตนม เนื่อวัว และ pasta เป็นต้น โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำและระยะเวลาสั้น (Decareau, 1991, quoted in Coles, 1993 : 112) เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ ใช้พาสเจอร์ไรส์อาหารที่บรรจุในถาด CPET (Crystallised Polyethylene Terepyhalate) ปิดฝาด้วยพลาสติกใส โดยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 2 นาที (Mantholouthi, 1994, อ้างถึงใน ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 134) และ ประเทศอังกฤษ ใช้พาสเจอร์ไรส์นมที่อุณหภูมิ 63 - 65°C เป็นเวลา 30 นาที , เนื้อวัวที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 5 นาที และขนมปังที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 5 นาที (Shute, 1990, quoted in Coles, 1993 : 135) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อและการเย็นตัวของระบบฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 3 ระบบ โดย Coles (1993 : 132-134) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกัน แต่จะ

ต่างกันที่เวลาและอัตราการเพิ่มของความร้อนและการเย็นตัวในขณะที่ทำการฆ่าเชื้อ โดยระบบ อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST หรือ UHT) ใช้เวลาและอัตราการเพิ่มของความร้อนและการเย็นตัว ในขณะที่ทำการฆ่าเชื่อน้อยที่สุด รองลงมาคือระบบไมโครเวฟ และระบบดั้งเดิม (ใช้ความร้อน) ตามลำดับ และสาเหตุที่การฆ่าเชื้อด้วยระบบไมโครเวฟไม่ได้รับความนิยมมากนักเพราะว่าระบบนี้ สามารถยืดอายุอาหารได้เช่นเดียวกับการฆ่าเชื้อด้วยพาสเจอร์ไรซ์ แต่มีอายุไม่ยาวนานพอและ ยังต้องจัดส่งในระบบแช่เย็นอีกด้วย (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 134)

## 2. การศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ ภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

ผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และ ภาชนะที่บรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร จากการสังเกตด้วยสายตา โดยใช้เตาอบ ไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz พบว่าขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมและภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากนมผสมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 51.4 – 93.8°C โดยทั่วไปนมผสมจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเมื่อ อุณหภูมิถึงจุดเดือด คือ ประมาณ 100°C จึงจะมีฝ้าลอยเป็นฝ้าชั้นมาบนผิวหน้า เนื่องจากการ จับตัวกันของเคซีน แคลเซียม และไขมัน (นรินทร์ ทองศิริ, 2528 : 30-31) และ ขวดนมที่ใช้ในการ ทดลองเป็นขวดนมพลาสติกใสแบบหนา ผลิตจากพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ส่วนฝาครอบและ ฝาเกลียว ผลิตจากพลาสติกโพลีพรอเพอริลีน สามารถทนความร้อนได้ถึง 120°C จุกนมผลิตจาก ยางซิลิโคน สามารถทนความร้อนได้ถึง 150°C และ ตัวอักษรสีที่ใช้พิมพ์ขวดเป็น สี Food Grade จึงมีความปลอดภัยสูง (บริษัทรีเจนท์ อินดัสทรี จำกัด, 2543 : 3) ในขณะที่ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารทางสาย ให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกดังนี้คือ มีการจับเป็นฝ้าที่ผิวหน้า เนื่องจากอาหารทางสายให้อาหารมีส่วนผสมของถั่วเหลืองและไซดัม และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 26.8 – 89.4°C โดยพบว่าเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นสูงประมาณ 7% ก็จะทำให้เกิดเป็นวุ้นแข็ง (gel) ได้ ซึ่งการให้ความร้อนนี้จะใช้เวลาเพียง 10 – 30 นาที ที่อุณหภูมิ 70 - 100°C แต่ถ้าความร้อนสูงขึ้นเป็น 125°C วุ้นนี้ก็จะเปลี่ยนสภาพกลับเป็นสารละลายได้อีก (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2527 : 18) ส่วนโปรตีนของไซจะแข็งตัวตกตะกอนจับเป็นก้อนเมื่อได้รับความร้อน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 : 39) ดังนั้นจึงควรเขย่าขวดเพื่อทำให้ฝ้าที่ผิวหน้าอาหารทางสายให้อาหารแตกตัวออกและผสมเป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะนำไปให้ผู้ป่วยบริโภคทางสายให้อาหาร โดยไม่ก่อให้เกิดการอุดตันของสายให้อาหารและกระบอกให้อาหาร และภาชนะที่บรรจุมี

ลักษณะนิ่มลงแต่ไม่ละลายและไม่ผิดรูป เนื่องจากขูดอาหารทางสายให้อาหารแบบฝาเกลียวและฝาจุกเป็นขวดพลาสติกสีขาวขุ่นแบบบาง ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) สามารถทนความร้อนได้ถึง 250°C จึงมีความปลอดภัยสูง (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 62) แต่เนื่องจากเนื้อพลาสติกมีความบางกว่าขวดนมเมื่อได้รับความร้อนจึงมีลักษณะนิ่มลงได้ เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นก็จะสามารถคืนสภาพกลับมาแข็งตามเดิม และเนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาและงบประมาณ จึงทำให้ไม่ได้ทำการศึกษาต่อว่ามีสารที่เป็นส่วนผสมในเนื้อพลาสติกละลายออกมาปนเปื้อนในอาหารทางสายให้อาหารหรือไม่ และก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ป่วยที่บริโภคอาหารทางสายให้อาหารที่มีการปนเปื้อนสารที่เป็นส่วนผสมในเนื้อพลาสติกเข้าไปทั้งในระยะสั้นและระยะยาวอย่างไร แต่จากการศึกษาคุณสมบัติของขวดพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารทางสายให้อาหารที่ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่าสามารถทนอุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ -20°C ถึง 250°C และมีความทนทานต่อสารเคมี เช่น กรด ด่าง และสารระเหย เป็นต้น ในระดับดีมาก (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 62) ดังแสดงในตารางผนวก 13 และจากผลการศึกษาของ Freire, *et al.* (1998 : 473-480) โดยนำภาชนะที่ใช้บรรจุอาหารที่ผลิตจากพลาสติก Polyethylene terephthalate มาสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 120 , 150 และ 230°C เป็นระยะเวลา 50 นาที และนำมาตรวจหาสิ่งเจือปนในอาหารโดยใช้วิธี chromatography / mass spectrometry (GC/MS) พบว่ามีสิ่งเจือปนในอาหารที่อุณหภูมิสูงในระดับต่ำมาก คือมีปริมาณน้อยกว่า 10 µg/kg สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Begley, *et al.* (1990 : 797-803) โดยนำอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ผลิตจากพลาสติก Polyethylene terephthalate ที่สามารถอุ่นให้ร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟ แล้วนำมาตรวจหาสิ่งเจือปนในอาหาร พบว่ามีสิ่งเจือปนในอาหาร 0.012 - 7 µg/g ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

จากผลการทดลองครั้งนี้ได้เลือกใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ขนาดจํานวนวัตต์สูงคือ 900 และ 720 W แต่ใช้ระยะเวลาสั้นคือ 5 และ 7 นาที โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 48.0 และ 47.4°C ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกตามลำดับ จึงไม่น่าจะมีการปนเปื้อนสารที่เป็นส่วนผสมในเนื้อพลาสติกในอาหารทางสายให้อาหารหรือถ้ามีการปนเปื้อนก็น่าจะมีปริมาณที่น้อยมากโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยที่บริโภคอาหารทางสายให้อาหารเข้าไป เพราะใช้ระยะเวลาในการสัมผัสกับความร้อนสั้นถึงแม้ว่าจะใช้จํานวนวัตต์สูงแต่ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นก็ไม่สูงมากนัก นอกจากนี้พลาสติกเป็นสารที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย เพราะมีน้ำหนักโมเลกุลสูง คืออยู่ในช่วง  $10^4 - 10^6$  จึงทำให้มีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีและละลายได้ยากหรือ



ไม่ละลายเลยในน้ำหรือไขมัน จึงไม่ถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกาย แต่ผลิตภัณฑ์พลาสติกอาจก่อให้เกิดพิษได้หากนำไปใช้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากผลิตภัณฑ์พลาสติกมีสารอื่นผสมอยู่ด้วย เช่น สารด้านการเสื่อมสภาพ , พลาสติกไซเซออร์ , สารตัวเติม , สี , สารหล่อลื่น และสารลดการติดแม่พิมพ์ เป็นต้น แม้ว่าสารเติมแต่งเหล่านี้บางตัวเป็นสารมีพิษ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกจะกลายเป็นวัตถุมีพิษเสมอไป เนื่องจากปริมาณสารเติมแต่งที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก คือเพียงร้อยละ 0.1 – 1 โดยน้ำหนัก โดยพบว่าพลาสติกไซเซออร์หลายชนิดละลายในไขมันหรือน้ำมันและแอลกอฮอล์ได้หากบรรจุภัณฑ์นั้นสัมผัสกับอาหารเป็นเวลานาน ซึ่งอาจมีผลต่อกลิ่นหรือรสชาติของอาหารที่บรรจุ , สีที่ผสมอยู่ในพลาสติกปกติจะติดอยู่ในพลาสติกแน่นและไม่ค่อยละลาย และใช้ผสมในพลาสติกปริมาณน้อยมาก คือเพียงร้อยละ 0.01 – 0.02 โดยน้ำหนัก ทำให้ปริมาณสีที่มีโอกาสหลุดปนเข้าไปในอาหารจึงต่ำมาก โดยพบว่าสีจะถูกสกัดออกมาจากพลาสติกที่ผลิตจากโพลีเอทิลีนได้ยากกว่าโพลีสไตรีนและโพลีไวนิลคลอไรด์ ตามลำดับ , คะตะลิสต์หรือสารเริ่มปฏิกิริยา เป็นสารพวกเปอร์ออกไซด์ และ AIBN ซึ่งใช้เริ่มปฏิกิริยาในการผลิตโพลิเมอร์เป็นสารมีพิษ แต่ก็ไม่น่าจะมีเหลือตกค้างอยู่จนเป็นอันตรายได้ เนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยมากและมักจะสลายตัวไปก่อน ส่วนคะตะลิสต์ที่เป็นสารประกอบโลหะและสารประกอบโลหะอินทรีย์ก็ไม่เป็นอันตรายในการใช้กับอาหาร โดยทำการทดลองกับสารประกอบโครเมียม พบว่า 95% แอลกอฮอล์ , 50% กรดอะซิติก , น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันหมูไม่สามารถสกัดโครเมียมออกจากพลาสติกได้ และสารด้านการเสื่อมสภาพหรือสารรักษาความเสถียร เช่น สารพวกฟีนอลสกัดออกจากพลาสติกได้ยากโดยเฉพาะพลาสติกที่ผลิตจากโพลีเอทิลีน จากการทดลองสกัดสารด้านการเสื่อมสภาพด้วยน้ำ , น้ำมันพืช , กรดแลกติก และ กรดอะซิติก พบว่ามีสารถูกสกัดออกมาเพียง 0.001 – 0.006 ส่วนในล้านส่วน แต่แอลกอฮอล์สามารถละลายฟีนอลได้ (กฤษฎา สุชีวะ, 2534 : 21-16) และจากการทดลองส่วนผสมของอาหารทางสายให้อาหารประกอบด้วย ถั่วเหลือง , ไข่ต้ม , น้ำตาลทราย , น้ำมันพืช และเกลือแกง (งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 20) จึงคิดว่าสามารถที่จะประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อในอาหารทางสายให้อาหารที่บรรจุในขวดพลาสติกชนิดฝาเกลียวและฝาจุก และนำไปให้ผู้ป่วยบริโภคได้อย่างปลอดภัยในระดับหนึ่งที่ยอมรับได้

และจากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในขวดนมผสมแต่ละส่วนมีค่าเท่ากัน เนื่องจากปริมาตรนมผสมที่ใช้ในการทดลองน้อยมาก คือ 30 มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับขนาดความจุของขวดนมพลาสติกที่มีขนาดความจุเท่ากับ 120 มิลลิลิตร จึงสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟและก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในนมผสมอย่างทั่วถึง ในขณะที่อุณหภูมิภายในขวดอาหารทางสายให้

อาหารชนิดฝากลีวยและฝาจุกแต่ละส่วนมีค่าแตกต่างกัน โดยส่วนบนมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาคือ ส่วนกลาง ส่วนล่าง และ ส่วนข้าง ตามลำดับ อาจเนื่องจากขนาด รูปทรง ค่าการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟของขวดพลาสติก และ ลักษณะการจัดวางขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝากลีวยและฝาจุกในเตาอบไมโครเวฟ ทำให้มีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟแตกต่างกัน (Andrews, 1995 : 168) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหน้า 75-76 ส่งผลให้อุณหภูมิภายในขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝากลีวยและฝาจุกแต่ละส่วนมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งตรงข้ามกับผลการทดลองของ Madeleine, Gloria and Ramaswamy (1992 : 412-415) พบว่าขวดพลาสติกใส วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ส่วนบน รองลงมาคือส่วนกลาง ส่วนล่าง และส่วนข้าง ตามลำดับ และขวดพลาสติกสีฟ้า สีชมพู และ สีเหลือง วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ส่วนบน รองลงมาคือส่วนกลาง ส่วนข้าง และ ส่วนล่าง ตามลำดับ เนื่องจากตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยในการทดลองวัดอุณหภูมิส่วนบนที่บริเวณตรงกลางผิวหน้า (ที่ขีด 30 มิลลิลิตรในขวดนมผสม และ ที่ขีด 300 มิลลิลิตรในขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝากลีวยและฝาจุก) ส่วนกลางวัดที่บริเวณตรงกลางกึ่งกลางของปริมาณอาหารทั้งหมด (ที่ขีด 15 มิลลิลิตรในขวดนมผสม และ ที่ขีด 150 มิลลิลิตรในขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝากลีวยและฝาจุก) ส่วนล่างวัดที่บริเวณตรงกลางก้นขวด และส่วนข้างวัดที่บริเวณด้านข้างก้นขวด ในขณะที่การทดลองของ Madeleine, Gloria and Ramaswamy วัดอุณหภูมิส่วนบนที่ขีด 200 มิลลิลิตร ตรงกลาง ส่วนกลางวัดที่ขีด 125 มิลลิลิตรตรงกลาง ส่วนล่างวัดที่ขีด 50 มิลลิลิตรตรงกลาง และส่วนข้างวัดที่ขีด 125 มิลลิลิตรด้านข้าง ดังนั้นจึงควรเขย่าหรือกลับขวดนมผสมและขวดอาหารทางสายให้อาหาร เพื่อทำให้อุณหภูมิของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารเท่ากันทั่วทั้งขวดแล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงในระดับที่สามารถนำไปให้ผู้ป่วยบริโภคได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อเยื่อในช่องปากและทางเดินอาหาร

ในการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารหลังจากได้รับคลื่นไมโครเวฟที่ขนาดจํานวนวัตต์และที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันนั้น คำนวณโดยใช้ "อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านข้าง - อุณหภูมิเริ่มต้น" ดังแสดงในตารางผนวก 2 , 3 และ 4 สาเหตุที่ใช้ อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านข้าง เนื่องจากเป็นจุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุด (cold spot หรือ critical point) ถ้าให้ความร้อนที่จุดนี้ไม่เพียงพออาจทำให้เชื้อก่อโรครยังคงมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ จึงใช้จุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุดนี้เป็นหลักในการหาอุณหภูมิและเวลาในการทำลายเชื้อได้โดยสมบูรณ์ สามารถกล่าวได้ว่าจุดอื่นๆภายในขวดบรรจุนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารก็จะได้รับความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายเชื้อเช่นกัน (ทง ภัครัชพันธุ์, 2540 : 123)

นอกจากนี้การทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารจะต้องคลายเกลียวฝาขวดนม และจะต้องเปิดฝาขวดอาหารทางสายให้อาหารแบบฝาเกลียวและฝาจุกก่อนทุกครั้ง เพื่อป้องกันการระเบิดจากความดันที่เพิ่มขึ้นภายในขวดขณะอยู่ในเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเตาอบไมโครเวฟและแมกนีตรอนได้ (บริษัทซาร์ป, 2541 : 13) แต่การคลายเกลียวฝาขวดนมผสมหรือการเปิดฝาขวดอาหารทางสายให้อาหาร ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร เมื่อนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจากการสังเกตด้วยสายตา พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่ทำให้นมผสมและอาหารทางสายให้อาหารหนืดขึ้นจากเดิม เมื่อนำไปให้ทางสายให้อาหารก็ไม่ก่อให้เกิดการอุดตันของสายให้อาหารและกระบอกให้อาหาร

### 3. การศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

จากผลการศึกษาพบว่าค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อจะเพิ่มมากขึ้นตามการใช้เตาอบไมโครเวฟที่ขนาดจำนวนวัตต์และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง) และจากผลการทดลองพบว่านมผสมควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า เท่ากับ 0.045 บาท/ครั้ง ในขณะที่อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า เท่ากับ 0.225 บาท/ครั้ง และอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกควรใช้ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 7 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า เท่ากับ 0.252 บาท/ครั้ง ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน ซึ่งใช้น้ำร้อนจากกาน้ำที่ต้มด้วยเตาไฟฟ้าขนาด 1,500 W เป็นระยะเวลาประมาณ 20 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า เท่ากับ 1.50 บาท/ครั้ง

ตาราง 30 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร ชนิดฝาเกลียวและฝาจุกชนิดละ 9 ขวด ระหว่างเตาอบไมโครเวฟกับเตาไฟฟ้า

ชนิดอาหารที่ใช้ ในการทดลอง	เตาอบไมโครเวฟ			เตาไฟฟ้า		
	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	ค่าไฟฟ้า <sup>#</sup> (บาท)	จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	ค่าไฟฟ้า <sup>§</sup> (บาท)
1.นมผสม	900	1	0.81	1500	20	9
2.อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว	900	5	4.05	1500	20	9
3.อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก	720	7	4.54	1500	20	9

หมายเหตุ : # หมายถึง ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อด้วยเตาอบไมโครเวฟ โดยการใส่ขวดนมผสมหรือขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวหรือฝาจุกในเตาอบไมโครเวฟครั้งละ 3 ขวด จำนวน 3 ครั้งใน 1 มื้อ (เท่ากับ 9 ขวดใน 1 มื้อ) และทำการทำลายเชื้อ 6 มื้อใน 1 วัน (ผู้ป่วยในหอผู้ป่วยได้รับอาหารทางสายให้อาหารอย่างมากที่สุด 6 มื้อต่อวัน)

§ หมายถึง ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อด้วยน้ำร้อนจากกาน้ำที่ต้มด้วยเตาไฟฟ้าขนาด 1,500 W โดยการใส่ขวดนมผสมหรือขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวหรือฝาจุกแช่ในกาน้ำครั้งละ 9 ขวด จำนวน 1 ครั้งใน 1 มื้อ และทำการทำลายเชื้อ 6 มื้อใน 1 วัน (ผู้ป่วยในหอผู้ป่วยได้รับอาหารทางสายให้อาหารอย่างมากที่สุด 6 มื้อต่อวัน)

และจากการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกชนิดละ 9 ขวด ระหว่างเตาอบไมโครเวฟกับเตาไฟฟ้า ดังแสดงในตาราง 30 จะเห็นว่าค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกด้วยเตาอบไมโครเวฟน้อยมาก และมีราคาถูกกว่าการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกด้วยการอุ่นในน้ำร้อนจากกาน้ำที่ต้มด้วยเตาไฟฟ้า

ตาราง 31 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อด้วยเตาอบไมโครเวฟที่จำนวนครั้งที่แตกต่างกัน

ชนิดอาหารที่ใช้ในการทดลอง	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อ (บาท/จำนวนครั้ง)			
	50 ครั้ง	100 ครั้ง	150 ครั้ง	200 ครั้ง
1.นมผสม	2.25	4.50	6.75	9.00
2.อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว	11.25	22.50	33.75	45.00
3.อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก	12.60	25.20	37.80	50.40

เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อด้วยเตาอบไมโครเวฟที่จำนวนครั้งที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 31 แสดงให้เห็นว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เสียค่าไฟฟ้าไม่แพงเลยเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่จะได้รับกลับมาในแง่ที่ผู้ป่วยได้บริโภคนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารที่สะอาดถูกสุขอนามัย ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันโรคต่ำซึ่งเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในนมและอาหารทางสายให้อาหารเพิ่มเติมอีก ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายและจำนวนวันในการรักษาพยาบาลลง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยทั้งในด้านสุขภาพกาย สุขภาพจิต และเศรษฐกิจของผู้ป่วยเอง รวมทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายของประเทศชาติด้วย

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อได้หมดที่ขนาดจำนวนวัตต์สูง ระยะเวลาสั้น โดยเสียค่าน้ำมันน้อยที่สุด แต่ในการใช้งานจริงในแต่ละหอผู้ป่วยต่างก็มีลักษณะการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน หอผู้ป่วยที่ต้องดูแลผู้ป่วยหนักเป็นส่วนใหญ่หรือมีงานในความรับผิดชอบมาก เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบในการอุ่นนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกให้ผู้ป่วยบริโภค ต้องนำนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกเข้าเตาอบไมโครเวฟครั้งละจำนวนน้อย (ครั้งละ 3 ขวด) จึงต้องนำนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุกเข้าเตาอบไมโครเวฟบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบอาจไม่มีเวลามากพอ จึงควรมีการศึกษาค้นคว้าที่มากขึ้นเมื่อใช้งานจริง ผลดี ผลเสีย และการยอมรับของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ต่อไปในอนาคต

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### บทสรุป

การประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟในการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เป็นการศึกษาวิจัยทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม (environmental health) เกี่ยวกับการสุขาภิบาลอาหาร (food sanitation) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไมโครเวฟในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร และ ศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของนมผสม , อาหารทางสายให้อาหาร และภาชนะที่บรรจุ รวมทั้งศึกษาค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟในการทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร โดยการใส่เชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ 2 ชนิด คือ เชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 และ *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานของ American Type Culture Collection ที่ได้จากหน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ซึ่งจะมีเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ  $10^6$  cfu/ml และใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ทำลายเชื้อ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 2 , 2 และ 1 นาทีขึ้นไปตามลำดับ ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ในนมผสม ในขณะที่ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 , 7 และ 5 นาทีขึ้นไปตามลำดับ ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว และขนาด 720 และ 900 W ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 7 นาทีขึ้นไป ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก ยกเว้นขนาด 540 W ที่ระยะเวลา 10 นาที ยังคงพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก แต่ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* ในอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก

นอกจากนี้จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของนมผสมและภาชนะที่บรรจุ ในขณะที่ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ

อาหารทางสายให้อาหารชนิดผงเกลียวและผงจุกดังนี้คือ มีการจับเป็นฝ้าที่ผิวหน้า และภาชนะที่บรรจุมีลักษณะนิ่มลง

สำหรับค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับการใช้เตาอบไมโครเวฟที่ขนาดจำนวนวัตต์และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง)

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัตต์กับค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเสียค่าน้อยที่สุด พบว่านมผสมควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 1 นาที ในขณะที่อาหารทางสายให้อาหารชนิดผงเกลียวควรใช้ขนาด 900 W ที่ระยะเวลา 5 นาที และอาหารทางสายให้อาหารชนิดผงจุกควรใช้ขนาด 720 W ที่ระยะเวลา 7 นาที

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าสามารถประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารได้จริง เป็นการเพิ่มทางเลือกในการทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์อีกทางเลือกหนึ่ง รวมทั้งผู้ป่วยที่จำเป็นต้องบริโภคนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารต่อที่บ้านก็สามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ได้เช่นกัน เนื่องจากวิธีการปฏิบัติไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทำให้ผู้ป่วยได้บริโภคนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารที่ไม่มีสารปนเปื้อนเชื้อก่อโรค ส่งผลให้ผู้ป่วยฟื้นฟูสภาพทางร่างกายและจิตใจได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ลดค่าใช้จ่ายและจำนวนวันในการรักษาพยาบาลลง ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณด้านการสาธารณสุขของประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปทดลองใช้จริงบนหอผู้ป่วย พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้งานจริง ข้อดีข้อเสีย และการยอมรับของบุคลากรและเจ้าหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบในการใช้เตาอบไมโครเวฟในการทำลายเชื้อในนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารก่อนนำไปให้ผู้ป่วยรับประทาน โดยใช้แบบสอบถามปลายเปิดและแบบสมุดบันทึก เพื่อนำข้อมูล (feed back) ที่ได้มาวิเคราะห์หาจุดบกพร่อง และทำการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมสามารถนำเตาอบไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้งานจริงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและประสิทธิผลอย่างต่อเนื่อง

2. โดยภาพรวมแล้วการทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารด้วยเตาอบไมโครเวฟมีประสิทธิภาพดีกว่าและเสียค่าไฟฟ้าน้อยกว่าวิธีการอุ่นในน้ำร้อนที่ใช้ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน แต่ก่อนที่จะนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ควรวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายความสะดวกในการปฏิบัติงานประจำ และประโยชน์สูงสุดในการทำลายเชื้อโดยนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการทำลายเชื้อวิธีอื่นๆ ถ้าวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายไม่มากกว่าวิธีอื่นๆ มีความสะดวกในการปฏิบัติงานประจำ และได้รับประโยชน์สูงสุดในการทำลายเชื้อ ก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่โรงพยาบาลสงขลานครินทร์นำไปประยุกต์ใช้ทำลายเชื้อในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารต่อไปในอนาคต

3. ถึงแม้ว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีสปอร์ในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งก็ตาม แต่คลื่นไมโครเวฟเองก็มีผลข้างเคียงต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อในนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารก่อนนำไปให้ผู้ป่วยบริโภคได้ เช่น ทำให้เกิดต่อกระดูก, ปวดศีรษะ, เป็นหมันชั่วคราว เป็นต้น (Lambert, 1980 : 625-628) ดังนั้นเจ้าหน้าที่ที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับเตาอบไมโครเวฟควรปฏิบัติตามข้อแนะนำการใช้และการดูแลรักษาเตาอบไมโครเวฟอย่างเคร่งครัด และควรมีการตรวจการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟจากเตาอบไมโครเวฟที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป ซึ่งมีค่าไม่เกิน  $5 \text{ mW/cm}^2$  (Lambert, 1980 : 628) เป็นประจำทุกปี ถ้ามีค่าการรั่วไหลเกินค่ามาตรฐานควรจะเปลี่ยนเตาอบไมโครเวฟเครื่องใหม่แทน

4. จากการศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของภาชนะที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก พบว่าภาชนะที่บรรจุมีลักษณะนิ่มลง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาว่ามีการปล่อยสารที่เป็นส่วนผสมในเนื้อพลาสติกของภาชนะที่บรรจุออกมาปนเปื้อนในอาหารทางสายให้อาหารหรือไม่ ก่อนนำมาใช้ปฏิบัติงานจริงบนหอผู้ป่วย เพื่อที่ผู้ป่วยจะได้รับประโยชน์สูงสุดในการบริโภคอาหารทางสายให้อาหารที่ผ่านการทำลายเชื้อด้วยเตาอบไมโครเวฟอย่างแท้จริง

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

1. ศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อแบคทีเรียที่มีสปอร์, เชื้อรา และเชื้อไวรัสที่ปนเปื้อนในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร



2. ศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟสำหรับทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนในวัสดุทางการแพทย์ เช่น สายสวนปัสสาวะยางแดง , สายสวนอุจจาระยางแดง , syringe disposable , สายดูดเสมหะ เป็นต้น
3. ศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อคุณค่าสารอาหารในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร
4. ศึกษาผลของไมโครเวฟต่อการปล่อยสารที่เป็นส่วนผสมในเนื้อพลาสติกของภาชนะที่บรรจุออกมาปนเปื้อนในนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร และความปลอดภัยในการนำมาใช้

## บรรณานุกรม

- กนกรัตน์ ศิริพานิชกร. 2541. "จุลชีวะวิทยาเบื้องต้น", ใน ตำราโรคติดต่อ, หน้า 1 – 15.  
กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทไฮลิติก  
พับลิชชิง จำกัด.
- กฤษฎา สุชีวะ. 2534. "พลาสติกอันตรายจริงหรือ?", วารสารพลาสติก. 6 (2534), 21 – 26.
- เกสรพรรณ พงษ์พินิจศักดิ์. 2541. "การประยุกต์หลักการวิเคราะห์หาอันตรายที่จุดควบคุม  
วิกฤตเพื่อตรวจสอบคุณภาพอาหารทางสายให้อาหารในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์  
(Application of HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) for Quality  
Assessment of Enteral Tube Feeding in Songklanagarind Hospital)", วิทยานิพนธ์  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.  
(สำเนา)
- ไกรสิทธิ์ ตันติศิริพันธ์. 2522. "การเลี้ยงทารกแรกเกิดด้วยนมผสม", ใน กุมารเวชศาสตร์ เล่ม 1,  
หน้า 28 – 31. ม.ร.ว. จันทนิวัธ เกษมสันต์ และ บุญชอบ พงษ์พานิชย์, บรรณาธิการ.  
พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์.
- จารุ คัตตพันธ์. 2542. ค่าใช้จ่ายของเครื่องใช้ไฟฟ้า คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา  
นครินทร์. สงขลา : หน่วยไฟฟ้า งานวิศวกรรมซ่อมบำรุง โรงพยาบาลสงขลานครินทร์.
- ทนง ภัครัชพันธุ์. 2540. "การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน", ใน ตำราวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
การอาหาร, หน้า 115 – 130. คณะจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บรรณาธิการ.  
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นรินทร์ ทองศิริ. 2528. เทคโนโลยีอาหารนม. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์.

- นริกุล สุระพัฒน์. 2530. "แอโรบิคแบคทีเรียไลแอมลอบ 1", ใน ตำราจุลชีววิทยาทางการแพทย์, หน้า 84 – 95. นริกุล สุระพัฒน์ และคณะ, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร.
- บริษัทชาร์ป. 2541. เคล็ดลับการปรุงอาหารด้วยเตาไมโครเวฟชาร์ป. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- บริษัทมาลาเคมีอุตสาหกรรม จำกัด. 2542. คู่มือการใช้ไมโคร-เมท รุ่น C-1000. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- บริษัทรีเจนท์ อินดัสทรี จำกัด. 2543. คู่มือการใช้ขวดนมยี่ห้อ BABY JOY. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- ปรียา วิบูลเศรษฐ์. 2540. "การเน่าเสียของอาหาร", ใน ตำราวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 73 – 91. คณะอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญจำกัด ร่วมค้า.
- ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาศิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- เฟื่องฟ้า อุตราชตักิจ. 2541. "โรคติดเชื้อจากสเตฟิโลค็อกคัส", ใน ตำราโรคติดเชื้อ, หน้า 88 – 95. กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทโฮลิสติก พับลิชชิง จำกัด.
- มนตรี ตูจันดา และคณะ. 2542. กุมารเวชศาสตร์ เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เรือนแก้ว การพิมพ์.

- รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2539. "หน่วยที่ 7 การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการเอกซ์ทรักชัน ไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด การใช้ความร้อนแบบโอห์มิก และความดันสูง", ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 1-7, หน้า 267 - 306. คณาจารย์สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, บรรณานิการ. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- รุจิรา สัมมะสุด. 2531. "อาหารที่ใช้ทั่วไปในโรงพยาบาลและการสัง", สงขลานครินทร์เวชสาร. 6 (2531), 51 - 54.
- ลัดดา เหมาะสุวรรณ, เกศินี สุภัทรชัยวงศ์ และ ชะอ้อน จันจะนะ. 2535. "การทดสอบความเหน็ดและการยอมรับสูตรอาหารสายยางสูตรใหม่ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์", สงขลานครินทร์เวชสาร. 10 (2535), 1 - 6.
- วิทยา มีวุฒิสม. 2530. "เชื้อราทางการแพทย์", ใน ตำราจุลชีววิทยาทางการแพทย์, หน้า 223 - 238. นริกุล สุระพัฒน์ และคณะ, บรรณานิการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร.
- สงขลานครินทร์, โรงพยาบาล. งานโภชนาการ. 2542. นมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร. สงขลา.
- สงขลานครินทร์, โรงพยาบาล. หน่วยควบคุมการติดเชื้อ. 2542. รายงานการประชุมหน่วยควบคุมการติดเชื้อ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ประจำปี 2538 - 2542. สงขลา.
- สงขลานครินทร์, โรงพยาบาล. หน่วยจุลชีววิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา. 2543. รายงานความไวของเชื้อแบคทีเรียต่อยาต้านจุลชีพในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ มกราคม - ธันวาคม 2543. สงขลา.

สหายุทธ สุภาพรณชาติ. 2540. "Necrotizing Enterocolitis", ใน ตำรากุมารเวชศาสตร์ เล่ม 2, หน้า 64 – 69. วันดี วราวิทย์, ประพุทธ ศิริบุญย์ และ สุรางค์ เจียมจรรยา, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. "การถนอมรักษาอาหารด้วยสารเคมี", ใน ตำราวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 196 – 212. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. "การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร", ใน ตำราวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 173 - 195. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพรณี พัวเพิ่มพูลศิริ. 2530. "แอโรบิคคอกโคไคแกรมบวก", ใน ตำราจุลชีววิทยาทางการแพทย์, หน้า 64 – 71. นรีกุล สุระพัฒน์ และคณะ, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร.

อรษา สุตเธียรกุล. 2541. "โรคติดเชื้อที่เกิดจากอาหารและน้ำ", ใน ตำราโรคติดเชื้อ, หน้า 246 – 295. กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทไฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด.

อรษา สุตเธียรกุล. 2541. "โรคอาหารเป็นพิษ", ใน ตำราโรคติดเชื้อ, หน้า 296 – 308. กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทไฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เอกสารคำสอนวิชาเบเกอรี่เทคโนโลยี :คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อะเคื้อ อุณหเลขกะ. 2541. การป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท เจ.ซี.ซี. การพิมพ์ จำกัด.

อัญชลี ตันท์ศุภศิริ. 2541. "การควบคุมจุลชีพ", ใน ตำราโรคติดเชื้อ, หน้า 55 – 76. กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทไฮลิสติกพับลิชชิง จำกัด.

อารีรักษ์ พีชนิไพบูลย์, ชะอ้อน จันจะนะ และ เสาวนีย์ บรมธนรัตน์. 2538. "คุณค่าอาหารของสูตรอาหารทางสายให้อาหารของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โดยวิธีวิเคราะห์ : การศึกษาเบื้องต้น", สงขลานครินทร์เวชสาร. 13 (2538), 41 – 47.

Anderson, J.P., Haward, J.P. and Scott, D.W. 1986. "Microbiology Control in Enteral Feeding", Human Nutrition : Applied Nutrition. 40A (1986), 163 – 167.

Anderton, A. 1993. "A Comparative Study of the Numbers of Bacteria Present in Enteral Feeds Prepared and Administered in Hospital and The Home", Journal of Hospital Infection. 23 (1993), 43 – 49.

Andrews, G. 1995. Developments in the Packaging of Convenience Foods. s.l. : Pira International.

Bastow, M.D., Greaves, P. and Allison, S.P. 1982. "Microbial Contamination of Enteral Feeds", Human Nutrition : Applied Nutrition. 36A (1982), 213 – 217.

- Begley, T.H., *et al.* 1990. "Migration into Food of Polyethylene Terephthalate (PET) Cyclic Oligomers from PET Microwave Susceptor Packaging", Food. 7 (1990) : 797 – 803.
- Block, S.S. 1991. Disinfection, Sterilization, and Preservation. 4th ed. Philadelphia : Lea & Febiger.
- Coles, R.E. 1993. "Microwave processing and package integration", In Aseptic Processing and Packaging of Particulate Foods, pp. 132 – 134. Willhoft, E.M.A., eds. London : Blackie Academic & Professional.
- Copson, D.A. 1975. Microwave Heating. 2nd ed. Westport, Connecticut : The AVI Publishing Company, Inc.
- Curnutte, B. 1980. "Principles of Microwave Radiation", Journal of Food Protection. 43 (1980), 618-624.
- Darrington, H. 1986. "Packaging for the Microwave", Food Manufacture. 61 (1986), 29-33.
- Decareau, R.V. 1985. Microwave in the Food Processing Industry. Orlando, Florida : Academic Press, Inc.
- Decareau, R.V. 1991. International Microwave Power Institute. New York : s.n.,  
quoted in Coles, R.E. 1993. "Microwave Processing and Package Integration",  
In Aseptic Processing and Packaging of Particulate Foods, pp. 112.  
Willhoft, E.M.A., eds. London : Blackie Academic & Professional.

- Fernandez-Crehuet, N.M., *et al.* 1992. "Bacteria Contamination of Enteral Feeds a Possible Risk of Nosocomial Infection", Journal of Hospital Infection. 21 (1992), 111 – 120.
- Freire, M.T., *et al.* 1998. "Thermal Stability of Polyethylene Terephthalate Food Contact Materials : Formation of Volatiles from Retain Samples and Implications for Recycling", Food. 15 (1998), 473 – 480.
- Garrick, P. 1967. "Recent Advances in the Use of Microwave Energy in the Food Industry", Food Trade Review. 5 (1967), 36-39.
- Glese, J. 1992. "Advances in Microwave Food Processes", Food Technology. 46 (1992), 118-123.
- Goldblith, S.A. 1966. "Basic Principles of Microwaves and Recent Development", Advances in Food Research. 15 (1966), 277-301.
- Gormican, A. and Liddy, E. 1973. "Nasogastric Tube Feeding : Practical Considerations in Prescription and Evaluation", Postgraduate Medicine. 53 (1973), 71 – 76.
- Kindle, G., *et al.* 1996. "Killing Activity of Microwaves in Milk", Journal of Hospital Infection. 33 (1996), 273 – 278.
- Lambert, J.P. 1980. "Biological Hazards of Microwave Radiation", Journal of Food Protection. 43 (1980), 625-628.
- Madeleine, S.G., Gloria, B. and Ramaswamy, A. 1992. "Microwave Heating of Infant Formula : A Dilemma Resolved", Pediatrics. 90 (1992), 412 – 415.



Mantholouthi, M. 1994. Food Packaging and Preservation. United Kingdom : Blackie Academic & Professional, quoted in ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. "อายุของผลิตภัณฑ์อาหาร", ใน บรรจุภัณฑ์อาหาร, หน้า 115 – 148.  
 ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ :  
 ห้างหุ้นส่วนสามัญจำกัด ร่วมค้า.

McKane, L. and Kandel, J. 1986. Microbiology : Essentials and Applications.  
 Singapore : B & JoEnterprise Pte Ltd.

Najdovski, L., Dragas, A.Z. and Kotnik, V. 1991. "The Killing Activity of Microwaves on  
 Some Non-Sporogenic Medically Important Bacterial Strains", Journal of  
 Hospital Infection. 19 (1991), 239 – 247.

Patcher, C.J., *et al.* 1994. "Bacterial Contamination of Enteral Feeds", Journal of  
 Disease in Childhood. 70 (1994), 327 – 330.

Pingleton, S.K. 1989. "Enteral Nutrition as a Risk Factor for Nosocomial Pneumonia",  
 8 (1989), 51 – 55, quoted in Jason Payne-James, J., *et al.* 1992. "Retrograde  
 (Ascending) Bacterial Contamination of Enteral Diet Administration System",  
Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 4 (1992), 369 – 373.

Rosaspina, S., Anzanel, D. and Salvatorelli, G. 1993. "Microwave Sterilization of  
 Enterobacteria", Microbios. 76 (1993), 263 – 270.

Shute, R.A. 1990. Microwave Association Annual Conference. United Kingdom : s.n.,  
 quoted in Coles, R.E. 1993. "Microwave Processing and Package Integration",  
 In Aseptic Processing and Packaging of Particulate Foods, pp. 135.  
 Willhoft, E.M.A., eds. London : Blackie Academic & Professional.

Thrun, J., *et al.* 1990. "Enteral Hyperalimentation as a Source of Nosocomial Infection",  
Journal of Hospital Infection. 15 (1990), 203 – 217.

Tortora, G.J., Funke, B.R. and Case, C.L. 1994. Microbiology : An Introduction.  
5th ed. Singapore : The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

Wu, Q. 1996. "Effect of High-Power Microwave on Indicator Bacteria for Sterilization",  
IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 43 (1996), 752 – 754.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### การเตรียมสารละลายและอาหารเลี้ยงเชื้อ

#### การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. การเตรียมสารละลาย Mac Farland No. 0.5

1.1. เตรียมสารละลาย 0.048 M.BaCl<sub>2</sub> โดยชั่ง BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 1.17 กรัม ผสมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

1.2. เตรียมสารละลาย 0.36 N.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> โดยนำ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร

1.3. นำ 0.5 มิลลิลิตร ของ 0.048 M.BaCl<sub>2</sub> ผสมกับ 99.5 มิลลิลิตร ของ 0.36 N.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปิดจุกให้แน่นเก็บในที่มืด ก่อนใช้ต้องเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อน และเก็บไว้ได้ไม่เกิน 6 เดือน

##### 2. การเตรียมสารละลาย phosphate buffer pH 7.0

2.1. ชั่ง NaCl 8 กรัม , KCl 0.2 กรัม , KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.14 กรัม และ Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.9 กรัม ผสมในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 7.0 โดยใช้ 1N.NaOH หรือ conc.HCl เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

2.2. นำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

#### การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. การเตรียม Nutrient agar

1.1. ชั่ง Nutrient agar ปริมาณ 23 กรัม หลอมละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำไปควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 44°C – 46°C ในเครื่องอังน้ำ (water bath)

1.2. เท Nutrient agar ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเชื้อ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นจน Nutrient agar แข็งตัว

1.3. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมเสร็จแล้วใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจการปนเปื้อนเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ

## 2. การเตรียม blood agar

2.1. ชั่ง blood agar base ปริมาณ 40 กรัม และ agar granulated 5 กรัม หลอมละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ผสม sterile defibrinated blood 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำไปควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 44°C – 46°C ในเครื่องอังน้ำ (water bath)

1.2. เท blood agar ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเชื้อ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นจน blood agar แข็งตัว

1.3. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมเสร็จแล้วใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจการปนเปื้อนเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ

## 3. การเตรียม MacConkey agar

1.1. ชั่ง MacConkey ปริมาณ 50 กรัม หลอมละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำไปควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 44°C – 46°C ในเครื่องอังน้ำ (water bath)

1.2. เท MacConkey agar ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเชื้อ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นจน MacConkey agar แข็งตัว

1.3. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมเสร็จแล้วใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจการปนเปื้อนเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ

## ภาคผนวก ข

## การตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การตรวจวิเคราะห์ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 และ นมผสมและอาหารทางสายให้อาหารทางแบคทีเรีย

1. การทำ colony count ของ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5

1.1. ใช้หลอดดูดสารอัตโนมัติดูดเชื้อจาก phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นแล้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้น  $10^8$  cfu/ml ด้วยวิธีการปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ใส่ในหลอดที่บรรจุ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปราศจากเชื้อ 9.9 มิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ 1 และดูดจากหลอดที่ 1 ใส่ในหลอดที่ 2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และดูดจากหลอดที่ 2 ใส่ในหลอดที่ 3 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น  $10^6$ ,  $10^4$  และ  $10^2$  cfu/ml ตามลำดับ

1.2. ดูดตัวอย่างในหลอดที่ 3 ที่ความเข้มข้น  $10^2$  cfu/ml ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (*E. coli* ใช้ MacConkey agar และ *S. aureus* ใช้ Blood agar)

1.3. ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมจุ่มลงใน 70% แอลกอฮอล์ แล้วนำแท่งแก้วนั้นผ่านเปลวไฟ ให้มีไฟลุกติดบนแท่งแก้ว รอจนไฟดับ ทำซ้ำเช่นนี้อีกหนึ่งครั้ง

1.4. ใช้แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อที่อยู่บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทั่ว เกลี่ยกลับไปมาจนกระทั่งผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง แล้วจุ่มแท่งแก้วลงใน 70% แอลกอฮอล์

1.5. นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่  $37^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง

1.6. หลังจากครบกำหนด นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมานับจำนวนโคโลนี (colony counting) แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น cfu/ml

2. การทำ colony count ของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารก่อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ

2.1. ใช้หลอดดูดสารอัตโนมัติดูดนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารก่อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งมีเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้นเท่ากับ  $10^6$  cfu/ml ด้วยวิธีการปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ใส่ในหลอดที่บรรจุน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 9.9 มิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ใน

หลอดที่ 1 และดูจากหลอดที่ 1 ใส่ในหลอดที่ 2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น  $10^4$  และ  $10^2$  cfu/ml ตามลำดับ

2.2. ดูตัวอย่างในหลอดที่ 2 ที่ความเข้มข้น  $10^2$  cfu/ml ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (*E. coli* และ *S. aureus* ใช้ Nutrient agar)

2.3. ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมจุ่มลงใน 70%แอลกอฮอล์ แล้วนำแท่งแก้วนั้นผ่านเปลวไฟ ให้มีไฟลุกติดบนแท่งแก้ว รอจนไฟดับ ทำซ้ำเช่นนี้อีกหนึ่งครั้ง

2.4. ใช้แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อที่อยู่บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทั่ว เกลี่ยกลับไปมาจนกระทั่งผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง แล้วจุ่มแท่งแก้วลงใน 70%แอลกอฮอล์

2.5. นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่  $37^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 24 – 48 ชั่วโมง

2.6. หลังจากครบกำหนด นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมานับจำนวนโคโลนี (colony counting) แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น cfu/ml

### 3. การทำ colony count ของนมผสมและอาหารทางสายให้อาหารหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ

3.1. ใช้หลอดดูดสารอัตโนมัติดูดนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหาร ด้วยวิธีการปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ใส่ในหลอดที่บรรจุน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 9 มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ 1 และดูจากหลอดที่ 1 ใส่ในหลอดที่ 2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  และ  $10^5$  cfu/ml ตามลำดับ

3.2. ดูตัวอย่างนมผสมหรืออาหารทางสายให้อาหารจากขวดเก็บตัวอย่าง และ จากแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (*E. coli* และ *S. aureus* ใช้ Nutrient agar)

3.3. ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมจุ่มลงใน 70%แอลกอฮอล์ แล้วนำแท่งแก้วนั้นผ่านเปลวไฟ ให้มีไฟลุกติดบนแท่งแก้ว รอจนไฟดับ ทำซ้ำเช่นนี้อีกหนึ่งครั้ง

3.4. ใช้แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อที่อยู่บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทั่ว เกลี่ยกลับไปมาจนกระทั่งผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง แล้วจุ่มแท่งแก้วลงใน 70%แอลกอฮอล์

3.5. นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่  $37^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 24 – 48 ชั่วโมง

3.6. หลังจากครบกำหนด นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมานับจำนวนโคโลนี (colony counting) แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น cfu/ml

### ภาคผนวก ค

การเปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน

1. การเตรียม phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5
  - 1.1. ใช้ loop เชี่ยเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปราศจากเชื้อ เชื้อละ 1 หลอดทดลอง
  - 1.2. นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อแบ่งตัวเพิ่มจำนวน
  - 1.3. นำ phosphate buffer pH 7.0 จากข้อ (1.2) มาปรับให้มีความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml
2. การเปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน
  - 2.1. ใช้หลอดดูดสารอัตโนมัติดูดเชื้อจาก phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นแล้วจากข้อ (1.3) ด้วยวิธีการปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุ phosphate buffer pH 7.0 ที่ปราศจากเชื้อ 9.9 มิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ 1 และดูดจากหลอดที่ 1 ใส่ในหลอดที่ 2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และดูดจากหลอดที่ 2 ใส่ในหลอดที่ 3 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น  $10^6$ ,  $10^4$  และ  $10^2$  cfu/ml ตามลำดับ
  - 2.2. ดูดตัวอย่างในหลอดที่ 3 ที่ความเข้มข้น  $10^2$  cfu/ml ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (*E. coli* ใช้ MacConkey agar และ Nutrient agar, *S. aureus* ใช้ Blood agar และ Nutrient agar)
  - 2.3. ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมจุ่มลงใน 70%แอลกอฮอล์ แล้วนำแท่งแก้วนั้นผ่านเปลวไฟ ให้มีไฟลุกติดบนแท่งแก้ว รอจนไฟดับ ทำซ้ำเช่นนี้อีกหนึ่งครั้ง
  - 2.4. ใช้แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อที่อยู่บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทั่ว เกลี่ยกลับไปมาจนกระทั่งผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง แล้วจุ่มแช่แท่งแก้วลงใน 70%แอลกอฮอล์
  - 2.5. นำไปอบในตู้อบเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง



2.6. หลังจากครบกำหนด นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมานับจำนวนโคโลนี (colony counting) แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น cfu/ml

2.7. นำมาเปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ *E. coli* ระหว่างอาหารเลี้ยงเชื้อ MacConkey agar กับ Nutrient agar และ เชื้อ *S. aureus* ระหว่างอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood agar กับ Nutrient agar

## ภาคผนวก ง

วิธีการ Calibrate เต้าอบไมโครเวฟยี่ห้ออื่นๆ กับเต้าอบไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลอง

1. การวัดอุณหภูมิน้ำเพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการ Calibrate เต้าอบไมโครเวฟยี่ห้ออื่นๆ กับเต้าอบไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลอง

1.1. นำน้ำประปา ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ทนความร้อนขนาด 1,000 มิลลิลิตร วัดอุณหภูมิเริ่มต้นบริเวณตรงกลางก้นบีกเกอร์ และบันทึกผลการทดลอง

1.2. นำบีกเกอร์ จากข้อ (1.1) วางที่จุดศูนย์กลางของจานหมุนในเต้าอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2 , 3 , 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ

1.3. นำบีกเกอร์ จากข้อ (1.2) มาวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ โดยโดยใช้ Thermo couple วัดอุณหภูมิส่วนบนที่บริเวณตรงกลางผิวหน้า (ที่ขีด 1,000 มิลลิลิตร) , ส่วนกลางวัดที่บริเวณตรงกลางกึ่งกลางของปริมาณน้ำทั้งหมด (ที่ขีด 500 มิลลิลิตร) , ส่วนล่างวัดที่บริเวณตรงกลางก้นขวด และส่วนข้างวัดที่บริเวณก้นขวดด้านข้าง และบันทึกผลการทดลอง ดังแสดงในตารางผนวก 1

2. การ Calibrate เต้าอบไมโครเวฟยี่ห้ออื่นๆ กับเต้าอบไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลอง

2.1. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1) ในเต้าอบไมโครเวฟยี่ห้ออื่น โดยทำการทดลองที่จำนวนวัตต์และระยะเวลาที่ต้องการใช้งานจริง แล้วนำค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐาน จากข้อ (1) ดังแสดงในตารางผนวก 1 เช่น เปรียบเทียบที่ขนาด 720 W ระยะเวลา 2 นาที แล้วพบว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อใช้งานจริงจะต้องเพิ่มขนาดจำนวนวัตต์ หรือ ระยะเวลาให้นานขึ้นกว่าเดิม หรือพบว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อใช้งานจริงจะต้องลดขนาดจำนวนวัตต์ หรือ ระยะเวลาให้สั้นลงกว่าเดิม เป็นต้น

## ภาคผนวก จ

## ปัญหาและอุปสรรค

## 1. นมผสม

นมผสมที่ใช้ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์มี 3 สูตร คือ สูตร N (1:2) , F (1:2) และ P (1:2) ซึ่งในปี 2542 ได้มีการระบาดของโรค Necrotizing Enterocolitis (NEC) ในหออภิบาลผู้ป่วยเด็ก (NICU) และได้ตรวจพบเชื้อ *Escherichia coli* ใน Gastric content ของผู้ป่วยเด็กในช่วงนั้น สิ่งที่น่าสนใจคิดว่าน่าจะมาจากนมผสมเป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งสาเหตุยังสรุปไม่แน่ชัด หน่วยควบคุมการติดเชื้อจึงนำตัวอย่างนมผสมในช่วงนั้นจากหอผู้ป่วยเด็ก 1 , หอผู้ป่วยสูติกรรม , หออภิบาลผู้ป่วยเด็ก และ Nursery มาเพาะเชื้อ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli*  $10^7$  cfu/ml ในนมผสมสูตร F 1:2 จากหอผู้ป่วยเด็ก 1 และมีเชื้อก่อโรคชนิดอื่นๆปนเปื้อนเป็นจำนวนมากเกินมาตรฐานอาหารนม จึงคิดว่าสาเหตุหนึ่งของการระบาดของโรค NEC น่าจะมาจากการที่ผู้ป่วยเด็กรับประทานนมผสมที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli* เข้าไป (หน่วยควบคุมการติดเชื้อโรงพยาบาลสงขลานครินทร์, 2542 : 24) จึงเลือกใช้นมผสม สูตร F 1:2 ในการทดลอง นำนมผสมมาแช่ในตู้เย็น (ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ อุณหภูมิอยู่ในช่วง  $0 - 10^{\circ}\text{C}$ ) แล้วนำมาทำการทดลองโดยใช้นมผสมปริมาตร 120 และ 240 มิลลิลิตร และใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 3 , 5 , 7 และ 10 นาที ทำการทดลองโดยปิดฝาขวดนมและคลายเกลียวฝาขวดนมและฝากรอบจุกนม พบว่าเมื่ออุณหภูมินมผสมอยู่ในช่วง  $93 - 97^{\circ}\text{C}$  ขวดนมที่ปิดฝาฝากรอบจุกนมจะกระเด็นออกไปพร้อมทั้งจุกนมจะโป่งพองคล้ายลูกโป่งแต่ไม่ระเบิด ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับเตาอบไมโครเวฟได้ และขวดนมที่คลายเกลียวฝาขวดนมและฝากรอบจุกนมฝาจะฝอยขึ้นแต่ไม่กระเด็นออกไป และทดลองวางเรียงขวดนมในเตาอบไมโครเวฟ 3 รูปแบบโดยเปิดฝาขวด คือ วางตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด , วางเรียงแถว 4 ขวด ตามเส้นผ่าศูนย์กลางถาดแก้ว และวางเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำมุม  $90^{\circ}$  4 ขวดในถาดแก้ว พบว่าการวางตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด อุณหภูมินมผสมจะร้อนเร็วที่สุด รองลงมาคือการวางเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำมุม  $90^{\circ}$  4 ขวดในถาดแก้ว (อุณหภูมิกายในขวดทั้ง 4 ขวดใกล้เคียงกัน) และการวางเรียงแถว 4 ขวดตามเส้นผ่าศูนย์กลางถาดแก้ว (อุณหภูมิกายในขวดนมตรงกลาง 2 ขวดต่ำกว่าอุณหภูมิกายในขวดนมด้านนอก 2 ขวด ประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$ ) ตามลำดับ โดยระดับอุณหภูมิกายในขวดนมที่ตำแหน่งต่างๆแตกต่างกันดังนี้ อุณหภูมิสูงสุดที่ส่วนบน รองลงมาคือ

ส่วนกลาง ส่วนล่าง และส่วนข้าง ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ช่วงอุณหภูมิ 80 – 100°C นมผสมจะหกออกจากขวด

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในด้านงบประมาณต้องขอความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ จึงเลือกใช้นมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด วางเรียงเป็นรูปสามเหลี่ยมในถาดแก้ว โดยคลายเกลียวฝาขวดนมและฝาครอบจุกนมในวิธีการทดลอง และเมื่อนำมาทดลองเพาะเชื้อหาระยะเวลาที่ฆ่าเชื้อไม่ตาย , ฆ่าเชื้อตายบางส่วน และฆ่าเชื้อตายหมด จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อที่ 1 , 2 และ 3 นาทีในวิธีการทดลอง

## 2. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว

อาหารทางสายให้อาหารที่ใช้ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์มีหลายสูตร โดยแต่ละสูตรจะเหมาะสำหรับสภาวะการเจ็บป่วยของผู้ป่วยแต่ละโรคในขณะนั้น ซึ่งอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวนิยมใช้กับผู้ป่วยที่รับประทานเองได้และผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตนเองไม่ได้หรือไม่รู้สึกรู้ตัว จำเป็นต้องได้รับอาหารทางสายให้อาหาร ในการทดลองได้นำอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวที่หมดอายุ (แช่ในตู้เย็นเกิน 24 ชั่วโมง) แต่ยังไม่บูดจากหอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 1 , หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 2 และ หออภิบาลผู้ป่วยหนัก มาแช่ในตู้เย็น (ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 0 – 10°C) แล้วนำมาทำการทดลอง โดยใช้ปริมาตร 200 , 300 และ 400 มิลลิลิตร และใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 10 , 15 และ 20 นาที ทำการทดลองโดยปิดฝาขวดและคลายเกลียวฝาขวด พบว่าเมื่ออุณหภูมิอาหารทางสายให้อาหารอยู่ในช่วง 90 – 100°C ขวดพลาสติกที่ปิดฝาจะบิดเบี้ยวผิดรูป และขวดพลาสติกที่คลายเกลียวฝาปิดจะระเบิดกระเด็นอยู่ภายในเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับเตาอบไมโครเวฟได้ และทดลองวางเรียงขวดพลาสติกในเตาอบไมโครเวฟ 3 รูปแบบโดยเปิดฝาขวด คือ วางตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด , วางเรียงแถว 4 ขวด ตามเส้นผ่าศูนย์กลางถาดแก้ว และ วางเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำมุม 90° 4 ขวดในถาดแก้ว พบว่าการวางตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด อุณหภูมิอาหารทางสายให้อาหารจะร้อนเร็วที่สุด รองลงมาคือ การวางเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำมุม 90° 4 ขวดในถาดแก้ว (อุณหภูมิภายในขวดทั้ง 4 ขวดใกล้เคียงกัน) และการวางเรียงแถว 4 ขวดตามเส้นผ่าศูนย์กลางถาดแก้ว (อุณหภูมิภายในขวดตรงกลาง 2 ขวดต่ำกว่าอุณหภูมิภายในขวดด้านนอก 2 ขวด ประมาณ 10°C) ตามลำดับ โดยระดับอุณหภูมิภายในขวดที่ตำแหน่งต่างๆแตกต่างกันดังนี้ อุณหภูมิสูงสุดที่ส่วนบน รองลงมาคือส่วนกลาง ส่วนล่าง และ

ส่วนข้าง ตามลำดับ นอกจากนี้มีการจับเป็นฝ้าที่บริเวณผิวหน้า และที่ช่วงอุณหภูมิ 80 – 100°C อาหารทางสายให้อาหารจะหกออกจากขวด

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในด้านงบประมาณต้องขอความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาล สงขลานครินทร์ จึงเลือกใช้อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร เนื่องจากเป็นสูตรที่แพทย์สั่งให้ผู้ป่วยบริโภคเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 3 ขวด วางเรียงเป็น รูปสามเหลี่ยมในถาดแก้ว โดยเปิดฝาขวดพลาสติกในวิธีการทดลอง และเมื่อนำมาทดลองเพาะ เชื้อหาระยะเวลาที่ฝ้าเชื้อไม่ตาย , ฝ้าเชื้อตายบางส่วน และฝ้าเชื้อตายหมด จึงเลือกใช้ระยะเวลา ในการทำลายเชื้อที่ 5 , 7 และ 10 นาทีในวิธีการทดลอง

### 3. อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก

อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกนิยมใช้กับผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตนเองไม่ได้หรือผู้ป่วยที่ไม่รู้สึก ตัวที่มีปัญหาเกี่ยวกับการดูดซึมสารอาหารในระบบทางเดินอาหารที่จำเป็นต้องได้รับอาหารทาง สายให้อาหารโดยการให้ช้าๆตามอัตราเร็ว (มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร/ชั่วโมง) ที่แพทย์กำหนด ซึ่งมีวิธี การให้อาหารทางสายให้อาหาร 2 แบบ คือ ใช้ชุดให้สารน้ำทางที่ฝาจุกยางของขวดอาหารทางสาย ให้อาหารและต่อเข้ากับสายให้อาหารที่ใส่เข้าไปในร่างกายผู้ป่วยไปยังกระเพาะอาหารแล้วปรับ อัตราเร็วด้วยมือ และการให้อาหารทางสายให้อาหารด้วยเครื่อง Syringe pump โดยนำมาต่อเข้ากับสายให้อาหารที่ใส่เข้าไปในร่างกายผู้ป่วยไปยังกระเพาะอาหาร ในการทดลองได้นำอาหารทาง สายให้อาหารชนิดฝาจุกที่หมดอายุ (แช่ในตู้เย็นเกิน 24 ชั่วโมง) แต่ยังไม่บูดจากหอผู้ป่วย อายุรกรรมชาย 1 , หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 2 และ หออภิบาลผู้ป่วยหนัก มาแช่ในตู้เย็นซึ่งไม่ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 0 – 10°C) แล้วนำมาทำการทดลองโดยใช้ ปริมาตร 200 , 300 และ 400 มิลลิลิตร และใช้เตาอบไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz ขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 10 , 15 และ 20 นาที แต่เนื่องจากขวดพลาสติกที่บรรจุอาหาร ทางสายให้อาหารชนิดฝาจุกมีความสูงเกินขนาดภายในเตาอบไมโครเวฟ จึงทดลองวางขวด พลาสติกที่ฝาจุกปิดสนิทในแนวนอนตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด พบว่าเมื่ออุณหภูมิอาหารทางสาย ให้อาหารอยู่ในช่วง 90 – 100°C ฝาจุกจะระเบิดกระเด็นอยู่ภายในเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับเตาอบไมโครเวฟได้ จึงเปลี่ยนมาประยุกต์ใช้หลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร เป่าเป็นรูปแบบต่างๆ ดังนี้ หลอดแก้วขวดเป็นเกลียวส่วนปลายทำมุม 90° ซี่ขึ้น ข้างบน , หลอดแก้วตรงหักทำมุม 90° ส่วนปลายซี่ขึ้นข้างบน และ หลอดแก้วโค้งรูปตัว S ส่วนปลายทำมุม 90° ซี่ขึ้นข้างบน นำมาเสียบฝาจุกยางขวดพลาสติก แล้ววางขวดพลาสติกใน

แนวนอนตรงกลางถาดแก้ว 1 ขวด พบว่า อาหารทางสายให้อาหารหกออกมาทางหลอดแก้วสุดท้ายจึงคิดประยุกต์ใช้โถตุ้นทรงเหลี่ยมมาบรรจุขวดพลาสติกที่บรรจุอาหารทางสายให้อาหาร โดยเปิดฝาจาก วางเรียงในเตาอบไมโครเวฟ 4 รูปแบบ คือ วางตรงกลางโถตุ้น 1 ขวด , วางชิดขอบโถตุ้นข้างละขวด (2 ขวด) , วางเรียงแถว 3 ขวดในโถตุ้น และ วางชิดขอบโถตุ้นข้างละขวดและวางแนวขวางด้านตรงข้ามอีก 1 ขวด (3ขวด) พบว่าการวางตรงกลางถาดโถตุ้น 1 ขวด อุณหภูมิอาหารทางสายให้อาหารจะร้อนเร็วที่สุด รองลงมาคือ การวางชิดขอบโถตุ้นข้างละขวด (อุณหภูมิภายในขวดทั้ง 2 ขวด ใกล้เคียงกัน) , การวางชิดขอบโถตุ้นข้างละขวดและวางแนวขวางด้านตรงข้ามอีก 1 ขวด (อุณหภูมิภายในขวดทั้ง 3 ขวด ใกล้เคียงกัน) และการวางเรียงแถว 3 ขวดในโถตุ้น (อุณหภูมิภายในขวดตรงกลางจะต่ำกว่าอุณหภูมิภายในขวดด้านนอก 2 ขวด ประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$ ) ตามลำดับ โดยระดับอุณหภูมิภายในขวดที่ตำแหน่งต่างๆแตกต่างกันดังนี้ อุณหภูมิสูงสุดที่ส่วนบน รองลงมาคือส่วนกลาง ส่วนล่าง และ ส่วนข้าง ตามลำดับ นอกจากนี้มีการจับเป็นฝ้าที่บริเวณผิวหนัง และที่ช่วงอุณหภูมิ  $70 - 100^{\circ}\text{C}$  อาหารทางสายให้อาหารจะหกออกจากขวด

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านงบประมาณต้องขอความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ จึงเลือกใช้อาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร เนื่องจากเป็นสูตรที่แพทย์สั่งให้ผู้ป่วยโรคไตเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 3 ขวด วางชิดขอบโถตุ้นข้างละขวดและวางแนวขวางด้านตรงข้ามอีก 1 ขวด (3ขวด) โดยเปิดฝาจากขวดพลาสติกในวิธีการทดลอง และเมื่อนำมาทดลองเพาะเชื้อหาระยะเวลาที่ฆ่าเชื้อไม่ตาย , ฆ่าเชื้อตายบางส่วน และฆ่าเชื้อตายหมด จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการทำลายเชื้อที่ 5 , 7 และ 10 นาทีในวิธีการทดลอง

## ภาคผนวก จ

ตารางผนวก 1 ระดับอุณหภูมิของน้ำ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 1 , 2, 3 , 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
540	1	27	34	33	32	32	5
		26	33	33	32	32	6
		26	33	33	32	32	6
		26	33	32	31	32	5
		26	33	32	31	32	5
	2	26	40	39	37	38	11
		26	39	38	37	38	11
		26	39	38	37	38	11
		26	39	38	37	38	11
		26	39	38	37	38	11
	3	26	45	44	42	43	16
		26	45	44	42	43	16
		27	45	44	42	43	15
		25	44	43	41	42	16
		26	44	43	41	42	15
	5	27	58	57	54	55	27
		27	58	57	54	55	27
		27	58	57	54	55	27
		27	58	57	54	55	27
		27	58	57	54	55	27

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
540	7	26	66	67	64	65	38
		26	67	68	64	65	38
		25	67	68	63	64	38
		25	66	67	63	64	38
		25	65	66	62	63	37
	10	25	81	82	77	78	52
		25	81	81	77	78	52
		25	82	82	78	79	53
		25	82	82	78	79	53
		25	82	82	78	79	53
720	1	26	35	34	33	34	7
		26	35	34	33	34	7
		26	35	34	33	34	7
		26	35	35	34	34	8
		26	35	34	33	34	7
	2	26	44	43	40	41	14
		26	44	43	40	41	14
		26	43	42	40	41	14
		26	43	42	40	41	14
		26	43	42	40	41	14
	3	26	54	53	49	51	23
		26	53	52	48	50	22
		26	53	51	49	50	23
		26	53	52	48	49	22
		26	53	51	48	49	22



## ตารางผนวก 1 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)	
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง		
720	5	26	67	66	63	63	37	
		26	67	66	63	63	37	
		26	67	67	63	63	37	
		26	67	67	62	63	36	
		26	66	66	62	63	36	
	7	26	79	79	75	76	49	
		26	79	79	75	76	49	
		26	81	80	75	77	49	
		26	80	80	76	77	50	
		26	81	80	76	77	50	
	10	26	96	96	94	95	68	
		27	97	97	96	97	69	
		27	97	97	96	97	69	
		27	97	97	95	96	68	
		27	97	97	95	96	68	
	900	1	26	37	36	35	36	9
			26	38	37	36	36	10
			26	37	36	35	36	9
			26	37	36	35	36	9
			26	38	37	36	36	10
2		25	48	47	44	45	19	
		25	48	47	44	45	19	
		26	49	48	44	45	18	
		26	49	48	44	45	18	
		26	48	47	44	45	18	

## ตารางผนวก 1 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
900	3	26	60	59	54	55	28
		27	61	59	56	57	29
		27	61	60	56	57	29
		26	58	57	54	55	28
		26	60	59	54	55	28
	5	26	75	76	71	72	45
		26	75	76	72	73	46
		26	77	78	72	74	46
		25	76	77	71	72	46
		26	76	76	71	72	45
	7	26	91	91	87	88	61
		26	91	90	86	88	60
		26	91	90	86	88	60
		26	91	90	87	88	61
		26	91	91	87	88	61
	10	26	99	99	99	99	73
		26	99	99	99	99	73
		26	99	99	99	99	73
		26	99	99	99	99	73
		26	99	99	99	99	73

หมายเหตุ : \* หมายถึง อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านล่าง - อุณหภูมิเริ่มต้น

ตารางผนวก 2 ระดับอุณหภูมิของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
540	5	8	45	42	39	38	30
		7	45	42	39	38	31
		6	46	41	38	37	31
		6	46	41	38	37	31
		6	46	41	38	37	31
	7	6	63	55	52	51	45
		5	58	55	52	51	46
		6	62	56	51	50	44
		6	62	56	51	50	44
		6	61	56	51	50	44
	10	5	81	78	64	63	58
		5	84	75	65	64	59
		5	80	74	63	62	57
		5	82	71	65	64	59
		5	82	67	63	62	57
720	5	6	58	50	45	44	38
		6	59	50	46	45	39
		6	59	50	46	45	39
		6	60	51	45	44	38
		6	58	50	46	45	39

หมายเหตุ : \* หมายถึง อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านข้าง - อุณหภูมิเริ่มต้น

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
720	7	6	77	74	63	62	56
		6	76	69	64	63	57
		6	76	69	64	63	57
		6	75	67	63	62	56
		6	76	67	64	63	57
	10	5	95	90	85	84	79
		5	94	89	86	85	80
		5	94	90	87	86	81
		5	94	90	87	86	81
		5	95	91	87	86	81
900	5	5	68	55	53	53	48
		5	68	55	53	53	48
		5	70	55	53	53	48
		5	72	61	54	53	48
		5	72	61	54	53	48
	7	6	92	84	79	78	72
		6	92	84	79	78	72
		6	91	84	78	77	71
		6	91	84	78	77	71
		6	88	81	78	77	71
	10	6	102	101	100	98	92
		6	99	98	95	93	87
		6	99	98	95	93	87
		6	100	100	99	98	92
		6	100	100	96	95	89

ตารางผนวก 3 ระดับอุณหภูมิของอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W ที่ระยะเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ตามลำดับ

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)	
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง		
540	5	6	51	41	34	33	27	
		6	52	40	34	33	27	
		8	54	41	36	35	27	
		8	51	40	35	35	27	
		8	49	41	35	34	26	
	7	5	63	53	44	42	37	
		5	64	52	41	40	35	
		5	61	49	45	41	36	
		5	62	50	44	42	37	
		5	62	50	44	42	37	
	10	6	79	75	63	61	55	
		6	80	75	65	63	57	
		6	80	75	65	63	57	
		6	82	74	64	62	56	
		6	82	74	63	62	56	
	720	5	7	61	53	48	46	39
			6	67	53	43	44	38
			6	63	51	45	44	38
			6	63	51	45	44	38
			6	60	52	45	44	38

หมายเหตุ : \* หมายถึง อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านข้าง - อุณหภูมิเริ่มต้น

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
720	7	5	76	67	54	53	48
		5	76	67	56	53	48
		5	70	66	55	52	47
		5	73	65	54	52	47
		5	73	65	54	52	47
	10	6	93	89	75	72	66
		6	93	89	75	72	66
		6	92	88	73	73	67
		7	95	84	73	72	65
		7	95	84	73	72	65
900	5	8	69	61	51	50	42
		8	72	61	52	51	43
		8	72	61	52	51	43
		8	73	62	53	51	43
		7	69	62	50	50	43
	7	6	84	73	65	64	58
		7	96	86	68	65	58
		7	90	81	67	63	56
		7	90	81	67	63	56
		7	82	77	63	62	55
	10	6	100	99	83	80	74
		6	100	99	88	85	79
		6	100	99	88	85	79
		6	102	101	91	88	82
		6	100	97	85	81	75

ตารางผนวก 4 ระดับอุณหภูมิของนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร  
 ที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟขนาด 540 , 720 และ 900 W  
 ที่ระยะเวลา 1 , 2 และ 3 นาที ตามลำดับ

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่* เพิ่มขึ้น (°C)
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง	
540	1	6	57	57	57	57	51
		6	57	57	57	57	51
		6	58	58	58	58	52
		6	57	57	57	57	51
		6	58	58	58	58	52
	2	5	88	88	88	88	83
		5	88	88	88	88	83
		5	89	89	89	89	84
		5	88	88	88	88	83
		5	89	89	89	89	84
	3	6	94	94	94	94	88
		6	94	94	94	94	88
		6	95	95	95	95	89
		6	95	95	95	95	89
		6	95	95	95	95	89
720	1	6	74	74	74	74	68
		6	74	74	74	74	68
		6	73	73	73	73	67
		6	73	73	73	73	67
		6	73	73	73	73	67

หมายเหตุ : \* หมายถึง อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟบริเวณด้านข้าง - อุณหภูมิเริ่มต้น

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิหลังเข้าเตาอบไมโครเวฟ (°C)				อุณหภูมิที่ * เพิ่มขึ้น (°C)	
			ด้านบน	ตรงกลาง	ด้านล่าง	ด้านข้าง		
720	2	5	95	95	95	95	90	
		5	96	96	96	96	91	
		5	95	95	95	95	90	
		5	96	96	96	96	91	
		5	95	95	95	95	90	
	3	5	98	98	98	98	93	
		5	97	97	97	97	92	
		5	98	98	98	98	93	
		5	97	97	97	97	92	
		5	97	97	97	97	92	
	900	1	5	89	89	89	89	84
			5	89	89	89	89	84
			5	89	89	89	89	84
			5	88	88	88	88	83
			5	89	89	89	89	84
2		6	96	96	96	96	90	
		6	96	96	96	96	90	
		6	96	96	96	96	90	
		6	96	96	96	96	90	
		6	96	96	96	96	90	
3		6	100	100	100	100	94	
		6	100	100	100	100	94	
		6	99	99	99	99	93	
		6	100	100	100	100	94	
		6	100	100	100	100	94	



ตารางผนวก 5 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสาย  
ให้อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	5	$7.7 \times 10^8$	$-2.7 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$5.7 \times 10^5$
		$4.6 \times 10^8$	$4.0 \times 10^5$	$5.0 \times 10^6$	$5.5 \times 10^5$
		$1.1 \times 10^8$	$3.9 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$4.5 \times 10^5$
		$6.7 \times 10^8$	$13.3 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$8.3 \times 10^5$
		$7.7 \times 10^8$	$-2.7 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$6.3 \times 10^5$
	7	$6.7 \times 10^8$	$13.3 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$1.0 \times 10^5$
		$6.7 \times 10^8$	$13.3 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$1.2 \times 10^5$
		$4.6 \times 10^8$	$5.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$2.4 \times 10^5$
		$4.6 \times 10^8$	$5.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$4.0 \times 10^5$
		$6.4 \times 10^8$	$3.6 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$5.5 \times 10^5$
	10	$4.1 \times 10^8$	$5.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$3.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$4.4 \times 10^8$	$10.6 \times 10^6$	$1.5 \times 10^7$	-
		$8.4 \times 10^8$	$-3.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$3.0 \times 10^8$	$7.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
720	5	$8.5 \times 10^8$	$1.5 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$2.3 \times 10^5$
		$8.6 \times 10^8$	$26.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	$1.5 \times 10^5$
		$3.0 \times 10^8$	$7.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$2.9 \times 10^5$
		$8.4 \times 10^8$	$-3.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$5.9 \times 10^5$
		$3.0 \times 10^8$	$7.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$6.5 \times 10^5$

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	7	$8.1 \times 10^8$	$1.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$8.4 \times 10^8$	$-3.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$3.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$6.4 \times 10^8$	$3.6 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$8.5 \times 10^8$	$1.5 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
	10	$4.4 \times 10^8$	$10.6 \times 10^6$	$1.5 \times 10^7$	-
		$3.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$4.1 \times 10^8$	$5.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$8.5 \times 10^8$	$1.5 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$8.1 \times 10^8$	$1.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
900	5	$5.0 \times 10^8$	$15.0 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	-
		$8.6 \times 10^8$	$26.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$3.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.7 \times 10^8$	$-2.7 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$5.0 \times 10^8$	$15.0 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	-
	7	$1.0 \times 10^8$	$9.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$1.0 \times 10^8$	$9.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$1.0 \times 10^8$	$9.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$2.3 \times 10^8$	$7.7 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$5.0 \times 10^8$	0.0	$5.0 \times 10^6$	-

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	10	$3.6 \times 10^8$	$46.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$3.6 \times 10^8$	$46.4 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$8.1 \times 10^8$	$1.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$4.1 \times 10^8$	$5.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$4.4 \times 10^8$	$10.6 \times 10^6$	$1.5 \times 10^7$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความขุ่นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในอาหารทางสายให้อาหาร  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 6 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในอาหารทางสายให้  
อาหารชนิดฝาเกลียว สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	5	$3.1 \times 10^8$	$20.9 \times 10^6$	$2.4 \times 10^7$	$6.1 \times 10^6$
		$3.0 \times 10^8$	$19.0 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$5.0 \times 10^6$
		$3.4 \times 10^8$	$26.6 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	$6.2 \times 10^6$
		$3.4 \times 10^8$	$16.6 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$6.4 \times 10^6$
		$2.9 \times 10^8$	$12.1 \times 10^6$	$1.5 \times 10^7$	$6.5 \times 10^6$
	7	$5.8 \times 10^8$	$36.2 \times 10^6$	$4.2 \times 10^8$	$2.0 \times 10^5$
		$1.8 \times 10^8$	$20.2 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$4.0 \times 10^5$
		$1.8 \times 10^8$	$20.2 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$9.0 \times 10^5$
		$1.8 \times 10^8$	$20.2 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$2.5 \times 10^6$
		$2.6 \times 10^8$	$32.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	$2.5 \times 10^6$
	10	$1.7 \times 10^8$	$123.0 \times 10^6$	$1.4 \times 10^8$	-
		$2.4 \times 10^8$	$157.6 \times 10^6$	$1.6 \times 10^8$	-
		$8.3 \times 10^8$	$221.7 \times 10^6$	$2.3 \times 10^8$	-
		$9.2 \times 10^8$	$440.8 \times 10^6$	$4.5 \times 10^8$	-
		$6.1 \times 10^8$	$473.9 \times 10^6$	$4.8 \times 10^8$	-
720	5	$6.7 \times 10^8$	$16.3 \times 10^6$	$2.3 \times 10^7$	$7.6 \times 10^4$
		$1.3 \times 10^8$	$18.7 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$1.5 \times 10^5$
		$1.3 \times 10^8$	$18.7 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$5.0 \times 10^5$
		$1.3 \times 10^8$	$18.7 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$7.0 \times 10^5$
		$3.3 \times 10^8$	$1.7 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$6.0 \times 10^4$

ตารางผนวก 6 (ต่อ)

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	7	$7.5 \times 10^8$	$112.5 \times 10^6$	$1.2 \times 10^8$	-
		$9.8 \times 10^8$	$280.2 \times 10^6$	$2.9 \times 10^8$	-
		$6.5 \times 10^8$	$343.5 \times 10^6$	$3.5 \times 10^8$	-
		$9.2 \times 10^8$	$440.8 \times 10^6$	$4.5 \times 10^8$	-
		$6.7 \times 10^8$	$353.3 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	-
	10	$3.2 \times 10^8$	$91.8 \times 10^6$	$9.5 \times 10^7$	-
		$2.5 \times 10^8$	$10.5 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	-
		$2.8 \times 10^8$	$27.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	-
		$2.8 \times 10^8$	$22.2 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	-
		$4.4 \times 10^8$	$34.6 \times 10^6$	$3.9 \times 10^7$	-
900	5	$3.1 \times 10^8$	$41.9 \times 10^6$	$4.5 \times 10^7$	-
		$2.7 \times 10^8$	$46.3 \times 10^6$	$4.9 \times 10^7$	-
		$3.3 \times 10^8$	$31.7 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$2.9 \times 10^8$	$29.1 \times 10^6$	$3.2 \times 10^7$	-
		$3.0 \times 10^8$	$32.0 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
	7	$3.9 \times 10^8$	$39.1 \times 10^6$	$4.3 \times 10^7$	-
		$3.7 \times 10^8$	$31.3 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$4.1 \times 10^8$	$42.9 \times 10^6$	$4.7 \times 10^7$	-
		$4.1 \times 10^8$	$38.9 \times 10^6$	$4.3 \times 10^7$	-
		$5.1 \times 10^8$	$53.9 \times 10^6$	$5.9 \times 10^7$	-

## ตารางผนวก 6 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	10	$3.1 \times 10^8$	$41.9 \times 10^6$	$4.5 \times 10^7$	-
		$2.7 \times 10^8$	$46.3 \times 10^6$	$4.9 \times 10^7$	-
		$5.1 \times 10^8$	$49.9 \times 10^6$	$5.5 \times 10^7$	-
		$2.6 \times 10^8$	$27.4 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	-
		$2.1 \times 10^8$	$39.9 \times 10^6$	$4.2 \times 10^7$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความขุ่นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในอาหารทางสายให้  
อาหาร ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 7 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในอาหารทางสาย  
ให้อาหารชนิดผง สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	5	$8.3 \times 10^8$	$5.7 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	$3.0 \times 10^6$
		$9.5 \times 10^8$	$10.5 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$1.2 \times 10^6$
		$7.8 \times 10^8$	$10.2 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$1.0 \times 10^6$
		$9.3 \times 10^8$	$3.7 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	$2.1 \times 10^6$
		$7.6 \times 10^8$	$10.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$2.2 \times 10^6$
	7	$7.3 \times 10^8$	$4.7 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	$3.0 \times 10^5$
		$9.0 \times 10^8$	$2.0 \times 10^6$	$7.0 \times 10^6$	$9.4 \times 10^5$
		$7.0 \times 10^8$	$4.0 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$	$5.4 \times 10^5$
		$9.3 \times 10^8$	$3.7 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	$6.2 \times 10^5$
		$7.6 \times 10^8$	$10.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$2.7 \times 10^5$
	10	$7.5 \times 10^8$	$4.5 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	34.0
		$6.5 \times 10^8$	$7.5 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	32.5
		$8.4 \times 10^8$	$3.6 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	26.0
		$9.3 \times 10^8$	$3.7 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	28.5
		$9.5 \times 10^8$	$12.5 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	19.0
720	5	$8.2 \times 10^8$	$5.8 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	$4.5 \times 10^5$
		$8.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$6.0 \times 10^5$
		$9.5 \times 10^8$	$10.5 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$2.5 \times 10^5$
		$7.6 \times 10^8$	$10.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$2.5 \times 10^5$
		$9.5 \times 10^8$	$12.5 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$4.0 \times 10^5$

ตารางผนวก 7 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	7	$8.2 \times 10^8$	$5.8 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	-
		$7.0 \times 10^8$	$11.0 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	-
		$9.8 \times 10^8$	$10.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	-
		$9.2 \times 10^8$	$3.8 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	-
		$9.5 \times 10^8$	$10.5 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	-
	10	$7.3 \times 10^8$	$4.7 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	-
		$7.6 \times 10^8$	$2.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$6.5 \times 10^8$	$7.5 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	-
		$8.4 \times 10^8$	$3.6 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	-
		$9.0 \times 10^8$	$16.0 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	-
900	5	$8.6 \times 10^8$	$1.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$4.5 \times 10^4$
		$8.4 \times 10^8$	$4.6 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	$5.5 \times 10^4$
		$9.8 \times 10^8$	$10.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	$8.0 \times 10^4$
		$7.0 \times 10^8$	$11.0 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$2.5 \times 10^4$
		$9.5 \times 10^8$	$12.5 \times 10^6$	$2.2 \times 10^7$	$3.0 \times 10^4$
	7	$8.2 \times 10^8$	$5.8 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	-
		$6.5 \times 10^8$	$7.5 \times 10^6$	$1.4 \times 10^7$	-
		$9.0 \times 10^8$	$16.0 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	-
		$8.4 \times 10^8$	$3.6 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	-
		$7.6 \times 10^8$	$2.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-



## ตารางผนวก 7 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	10	$7.6 \times 10^8$	$2.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$5.6 \times 10^8$	$56.4 \times 10^6$	$6.2 \times 10^7$	-
		$3.7 \times 10^8$	$17.3 \times 10^6$	$2.1 \times 10^7$	-
		$3.8 \times 10^8$	$46.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^7$	-
		$3.7 \times 10^8$	$17.3 \times 10^6$	$2.1 \times 10^7$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความชื้นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความชื้นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในอาหารทางสายให้  
อาหาร ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 8 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในอาหารทางสายให้  
อาหารชนิดผงจาก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	5	$3.7 \times 10^8$	$17.3 \times 10^6$	$2.1 \times 10^7$	$5.3 \times 10^6$
		$2.8 \times 10^8$	$14.2 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	$5.5 \times 10^6$
		$2.7 \times 10^8$	$35.3 \times 10^6$	$3.8 \times 10^7$	$4.8 \times 10^6$
		$2.0 \times 10^8$	$25.0 \times 10^6$	$2.7 \times 10^7$	$3.6 \times 10^6$
		$2.6 \times 10^8$	$32.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	$5.9 \times 10^6$
	7	$2.8 \times 10^8$	$14.2 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	$3.9 \times 10^6$
		$1.8 \times 10^8$	$4.2 \times 10^6$	$6.0 \times 10^6$	$7.7 \times 10^6$
		$1.9 \times 10^8$	$3.1 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$3.1 \times 10^6$
		$2.7 \times 10^8$	$35.3 \times 10^6$	$3.8 \times 10^7$	$1.1 \times 10^6$
		$1.6 \times 10^8$	$27.4 \times 10^6$	$2.9 \times 10^7$	$2.1 \times 10^6$
	10	$2.7 \times 10^8$	$35.3 \times 10^6$	$3.8 \times 10^7$	-
		$2.1 \times 10^8$	$5.9 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6$	-
		$2.8 \times 10^8$	$14.2 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	-
		$2.4 \times 10^8$	$26.6 \times 10^6$	$2.9 \times 10^7$	-
		$1.4 \times 10^8$	$15.6 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	-
720	5	$3.1 \times 10^8$	$31.9 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	$4.6 \times 10^6$
		$1.4 \times 10^8$	$15.6 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	$8.4 \times 10^6$
		$1.9 \times 10^8$	$3.1 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$2.2 \times 10^6$
		$2.1 \times 10^8$	$16.9 \times 10^6$	$1.9 \times 10^7$	$3.5 \times 10^6$
		$2.1 \times 10^8$	$1.9 \times 10^6$	$4.0 \times 10^6$	$3.1 \times 10^6$

ตารางผนวก 8 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาทึ)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	7	$1.3 \times 10^8$	$28.7 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	-
		$1.9 \times 10^8$	$9.1 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$	-
		$2.1 \times 10^8$	$77.9 \times 10^6$	$8.0 \times 10^7$	-
		$3.1 \times 10^8$	$31.9 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$2.4 \times 10^8$	$26.6 \times 10^6$	$2.9 \times 10^7$	-
	10	$2.6 \times 10^8$	$32.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$2.0 \times 10^8$	$25.0 \times 10^6$	$2.7 \times 10^7$	-
		$2.9 \times 10^8$	$27.1 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	-
		$2.1 \times 10^8$	$32.9 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$1.4 \times 10^8$	$18.6 \times 10^6$	$2.0 \times 10^7$	-
900	5	$2.4 \times 10^8$	$26.6 \times 10^6$	$2.9 \times 10^7$	-
		$3.1 \times 10^8$	$31.9 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$2.1 \times 10^8$	$16.9 \times 10^6$	$1.9 \times 10^7$	-
		$1.4 \times 10^8$	$15.6 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7$	$1.9 \times 10^5$
		$2.9 \times 10^8$	$27.1 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	$1.9 \times 10^5$
	7	$2.6 \times 10^8$	$32.4 \times 10^6$	$3.5 \times 10^7$	-
		$2.0 \times 10^8$	$25.0 \times 10^6$	$2.7 \times 10^7$	-
		$2.9 \times 10^8$	$27.1 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	-
		$1.4 \times 10^8$	$23.6 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	-
		$1.6 \times 10^8$	$27.4 \times 10^6$	$2.9 \times 10^7$	-

## ตารางผนวก 8 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	10	$1.3 \times 10^8$	$9.7 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$	-
		$1.3 \times 10^8$	$9.7 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$	-
		$1.7 \times 10^8$	$8.3 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$1.7 \times 10^8$	$8.3 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-
		$1.7 \times 10^8$	$8.3 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความชื้นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความชื้นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในอาหารทางสายให้  
อาหาร ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 9 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในนมผสม  
สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	1	$9.4 \times 10^8$	$-8.0 \times 10^5$	$8.6 \times 10^6$	145
		$9.4 \times 10^8$	$-1.4 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6$	150
		$9.4 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$7.2 \times 10^6$	95
		$9.4 \times 10^8$	$-2.8 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$	130
		$9.4 \times 10^8$	$-2.3 \times 10^6$	$7.1 \times 10^6$	100
	2	$9.4 \times 10^8$	$-3.2 \times 10^6$	$6.2 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-2.8 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-1.9 \times 10^6$	$7.5 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-2.3 \times 10^6$	$7.1 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$7.2 \times 10^6$	-
	3	$9.4 \times 10^8$	$-1.7 \times 10^6$	$7.7 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-1.4 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$5.2 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-3.8 \times 10^6$	$5.6 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-3.2 \times 10^6$	$6.2 \times 10^6$	-
720	1	$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	15
		$9.4 \times 10^8$	$-2.3 \times 10^6$	$7.1 \times 10^6$	10
		$9.4 \times 10^8$	$-3.8 \times 10^6$	$5.6 \times 10^6$	20
		$9.4 \times 10^8$	$-1.4 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6$	-

ตารางผนวก 9 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	2	$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
	3	$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-4.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	-
900	1	$9.4 \times 10^8$	$-8.0 \times 10^5$	$8.6 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-1.9 \times 10^6$	$7.5 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-2.8 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-3.2 \times 10^6$	$6.2 \times 10^6$	-
		$9.4 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$7.2 \times 10^6$	-
	2	$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$-2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-

## ตารางผนวก 9 (ต่อ)

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความชื้น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	3	$7.2 \times 10^8$	$- 2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$- 2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$- 2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$- 2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-
		$7.2 \times 10^8$	$- 2.2 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความชื้นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความชื้นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในนมผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ  
เชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 10 ผลการทดลองการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* ในนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

จำนวน วัตต์ (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
540	1	$2.6 \times 10^8$	$2.0 \times 10^5$	$2.8 \times 10^6$	35
		$2.6 \times 10^8$	$- 4.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	35
		$2.6 \times 10^8$	$- 2.0 \times 10^5$	$2.4 \times 10^6$	46
		$3.2 \times 10^8$	$- 9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	30
		$3.2 \times 10^8$	$- 1.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	24
	2	$2.6 \times 10^8$	$- 4.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$1.0 \times 10^5$	$2.7 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$- 7.0 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$	-
	3	$2.6 \times 10^8$	$1.0 \times 10^5$	$2.7 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$- 7.0 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$- 4.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
720	1	$2.6 \times 10^8$	$- 2.0 \times 10^5$	$2.4 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$- 4.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$2.0 \times 10^5$	$2.8 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$- 1.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^6$	3.5
		$3.2 \times 10^8$	$- 1.7 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	2.0



## ตารางผนวก 10 (ต่อ)

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
720	2	$2.6 \times 10^8$	$1.0 \times 10^5$	$2.7 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$-7.0 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$-4.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
		$2.6 \times 10^8$	$6.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6$	-
	3	$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.5 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.9 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.3 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.7 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	-
900	1	$3.2 \times 10^8$	$-1.5 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.7 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	-
	2	$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.5 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.3 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^6$	-

## ตารางผนวก 10 (ต่อ)

จำนวน วัด (W)	ระยะ เวลา (นาที)	จำนวน * colony count ที่ปรับความขุ่น (cfu/ml)	จำนวน ** colony count ที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 16 ชั่วโมง (cfu/ml)	จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW (cfu/ml)	จำนวน colony count หลังเข้า MCW (cfu/ml)
900	3	$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-2.1 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.9 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-9.0 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	-
		$3.2 \times 10^8$	$-1.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^6$	-

หมายเหตุ : \* หมายถึง จำนวน colony count ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5  
ซึ่งมีค่าเท่ากับเชื้อแบคทีเรีย  $10^8$  cfu/ml

\*\* หมายถึง (จำนวน colony count ก่อนเข้า MCW) - (จำนวน colony count ที่  
ปรับความขุ่นแล้วถูกทำให้เจือจาง 100 เท่า ในนมผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ  
เชื้อแบคทีเรีย  $10^6$  cfu/ml)

ตารางผนวก 11 ค่าไฟฟ้าในการใช้เตาอบไมโครเวฟทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนนมผสม และ  
อาหารทางสายให้อาหาร

จำนวนวัตต์ (W)	ระยะเวลา (นาที)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อนาที)
540	1	0.027
	2	0.054
	3	0.081
	5	0.135
	7	0.189
	10	0.270
	720	1
2		0.072
3		0.108
5		0.180
7		0.252
10		0.360
900		1
	2	0.090
	3	0.135
	5	0.225
	7	0.315
	10	0.450

ตารางผนวก 12 เปรียบเทียบจำนวน colony count ของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ใน phosphate buffer pH 7.0 ที่ปรับความขุ่นเท่ากับ Mac Farland No. 0.5 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน

จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง (ครั้ง)	จำนวน colony count ของเชื้อที่ใช้ในการทดลองในอาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกัน (cfu/ml)			
	<i>Escherichia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>	
	MacConkey agar	Nutrient agar	Blood agar	Nutrient agar
1	$3.4 \times 10^8$	$2.8 \times 10^8$	$6.2 \times 10^8$	$6.1 \times 10^8$
2	$4.0 \times 10^8$	$4.5 \times 10^8$	$5.5 \times 10^8$	$7.7 \times 10^8$
3	$3.7 \times 10^8$	$3.5 \times 10^8$	$6.7 \times 10^8$	$7.4 \times 10^8$

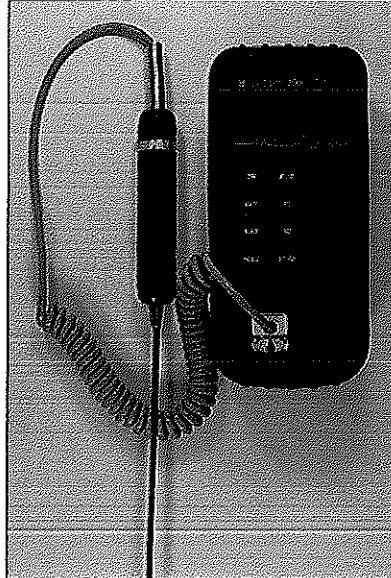
ตารางผนวก 13 คุณสมบัติของพลาสติกที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

วัสดุ	อัตราการซึมผ่าน				ความทนทานต่อสารเคมี			อุณหภูมิการใช้งาน (°C)	ความใส	การพิมพ์	การดูดฝุ่น	ความเหนียว (มิลลินิวตัน x เมตร)	ทนต่อการกระแทก (g's)	ทนต่อการฉีกขาด (นิวตัน x เมตร)	ความเปราะ (g's)
	ไอน้ำ (กรัม/ตรม./วัน)	O <sub>2</sub> (ลบ.ตรม./ตรม./วัน)	N <sub>2</sub> (ลบ.ตรม./ตรม./วัน)	CO <sub>2</sub> (ลบ.ตรม./ตรม./วัน)	กรด	ด่าง	สารระเหย								
1 Polyethylene, LD.	1.3	550	180	2,900	ดี	ดี	ดี	-70 - 180	ใส	พอใช้	สูง	10	20	100	400
2 Polyethylene, HD.	0.3	600	70	450	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	-20 - 250	ใส	พอใช้	สูง	150	10	30	100
3 Polypropylene	0.7	240	60	800	ดี	ดีมาก	ดีมาก	-20 - 200	ใส	ดี	สูง	200	1	25	300
4 Polyester	0.7	14	0.7	16	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	-70 - 230	ใส	พอใช้	ปานกลาง	550	4.8	40	100
5 Polyvinyl Chloride	4.0	150	NA	970	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	-50 - 200	ใส	ดี	สูง	378	8	90	20
6 Polystyrene	8.0	310	50	1,050	ดี	ดีมาก	เลว	-80 - 175	ใส	ดี	สูง	750	0.3	-	1

ที่มา : ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 : 62

## ภาคผนวก ง

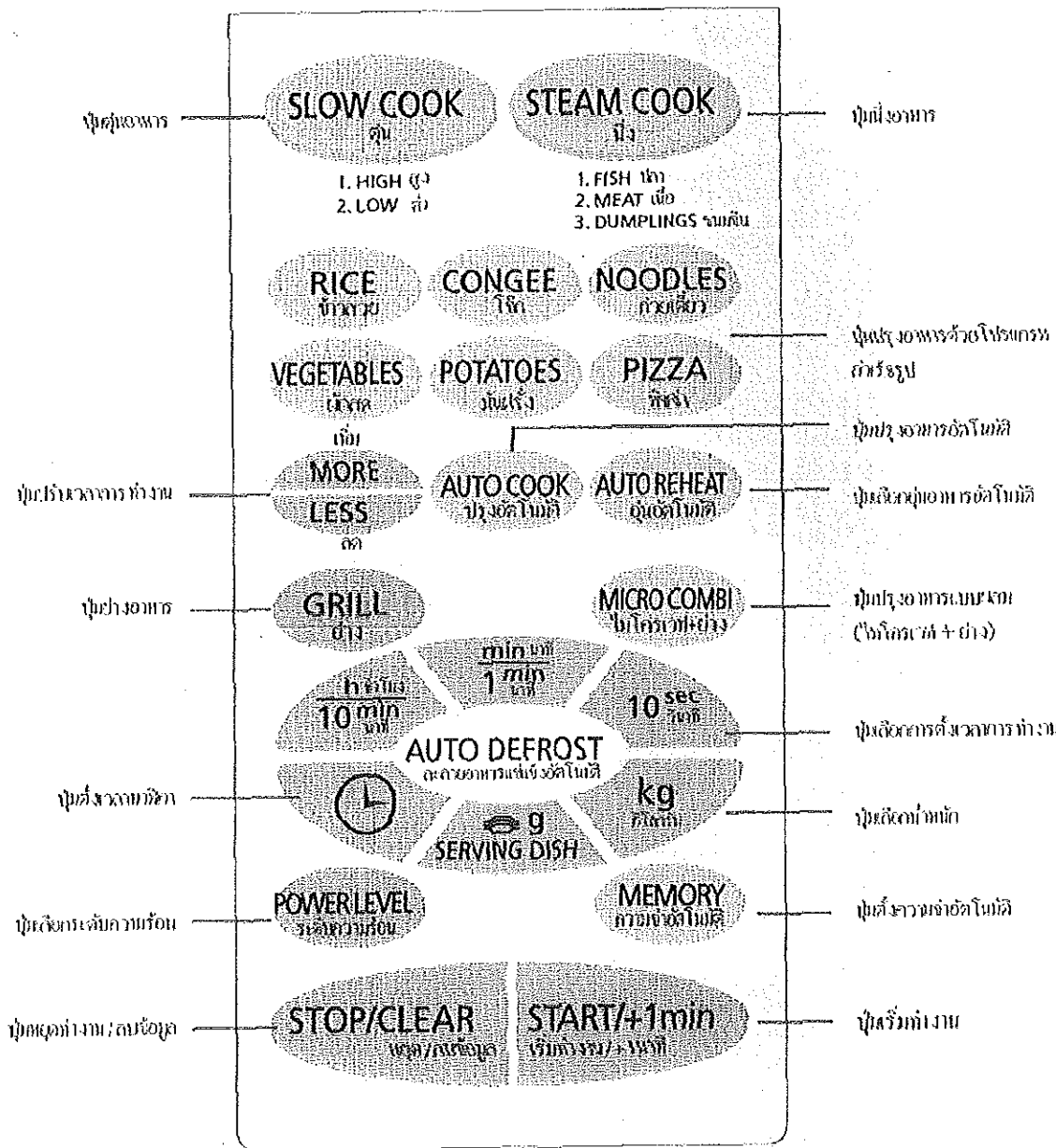
## เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



ภาพประกอบผนวก 1 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermo couple)

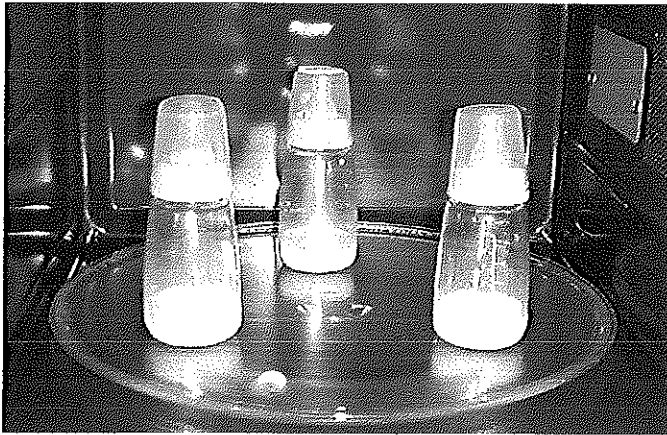


ภาพประกอบผนวก 2 เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น CE245G ขนาดความจุ 34 ลิตร ความถี่ 2,450 MHz ขนาด 90 – 900 W แบ่งเป็น 10 ระดับ (10% = 90 W ; 20% = 180 W ; 30% = 270 W ; 40% = 360 W ; 50% = 450 W ; 60% = 540 W ; 70% = 630 W ; 80% = 720 W ; 90% = 810 W ; 100% = 900 W) ขนาด (กxยxส) : ภายนอก 556x313x459 มม. , ภายใน : 375x230x392 มม.



ภาพประกอบผนวก 3 แผงควบคุมการทำงานเตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น CE245G

ตำแหน่งการจัดวางขวดนมผสมและขวดอาหารทางสายให้อาหารในเตาอบไมโครเวฟ

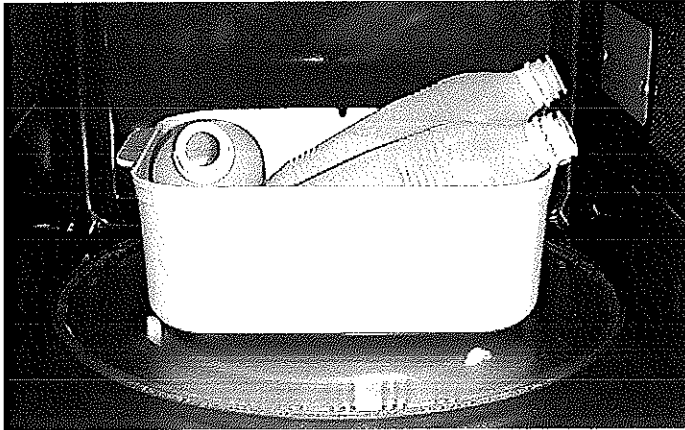


ภาพประกอบผนวก 4 ตำแหน่งการจัดวางขวดนมผสม สูตร F 1:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร  
บรรจุในขวดพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ขนาดความจุ 120 มิลลิลิตร  
ในเตาอบไมโครเวฟ



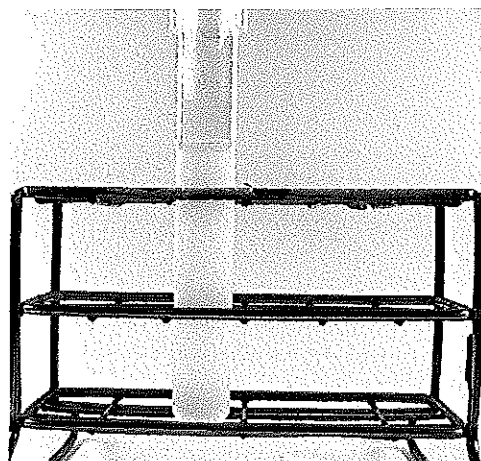
ภาพประกอบผนวก 5 ตำแหน่งการจัดวางขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียว  
สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติก  
โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร  
ในเตาอบไมโครเวฟ





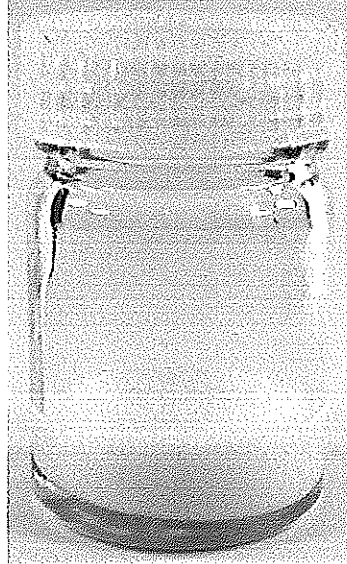
ภาพประกอบผนวก 6 ตำแหน่งการจัดวางขวดอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาจุก สูตร 1:1 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บรรจุในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน ความหนาแน่นสูง ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ในเตาอบไมโครเวฟ

การปรับความขุ่นเชื้อเท่ากับ Mac Farland No. 0.5

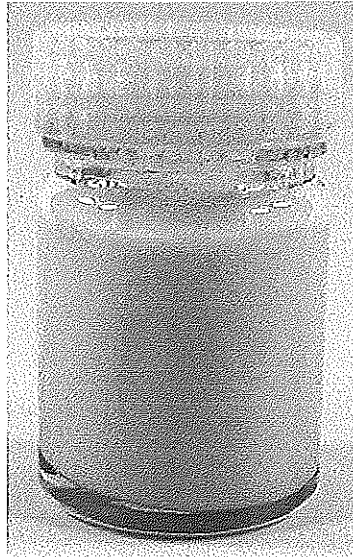


ภาพประกอบผนวก 7 การปรับความขุ่นเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ใน phosphate buffer pH 7.0 ให้มีค่าเท่ากับ Mac Farland No. 0.5

การเก็บตัวอย่างนมผสมและอาหารทางสายให้อาหาร

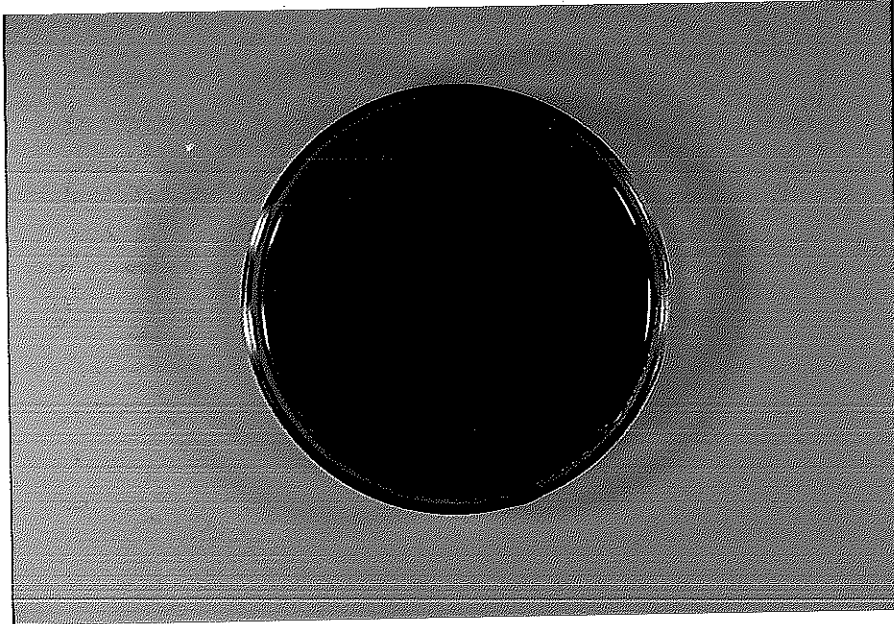


ภาพประกอบผนวก 8 การเก็บตัวอย่างนมผสม สูตร F 1:2 ขนาด 5 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่ปราศจากเชื้อ

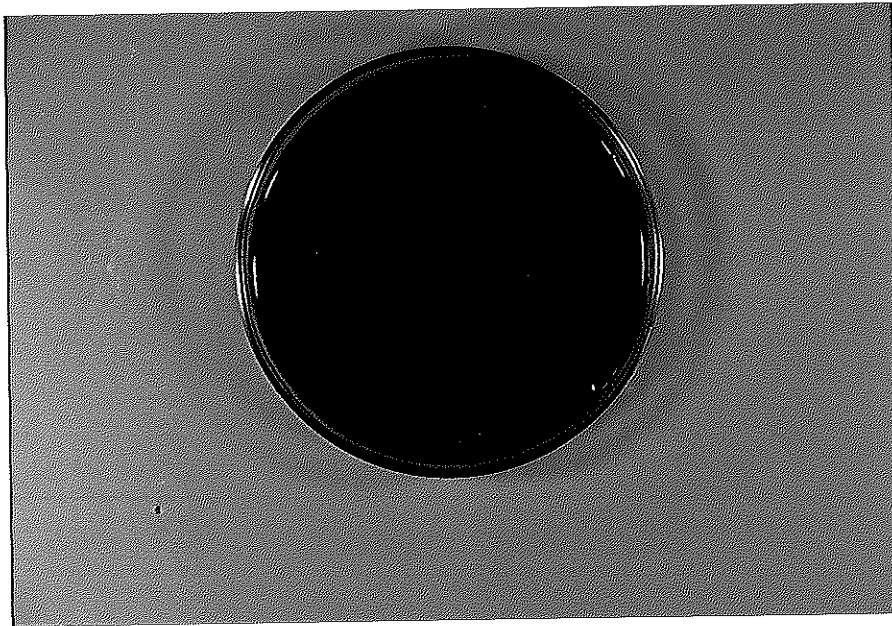


ภาพประกอบผนวก 9 การเก็บตัวอย่างอาหารทางสายให้อาหารชนิดฝาเกลียวและฝาจุก สูตร 1:1 ขนาด 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่ปราศจากเชื้อ

### เชื้อโรคที่ใช้ในการทดลอง

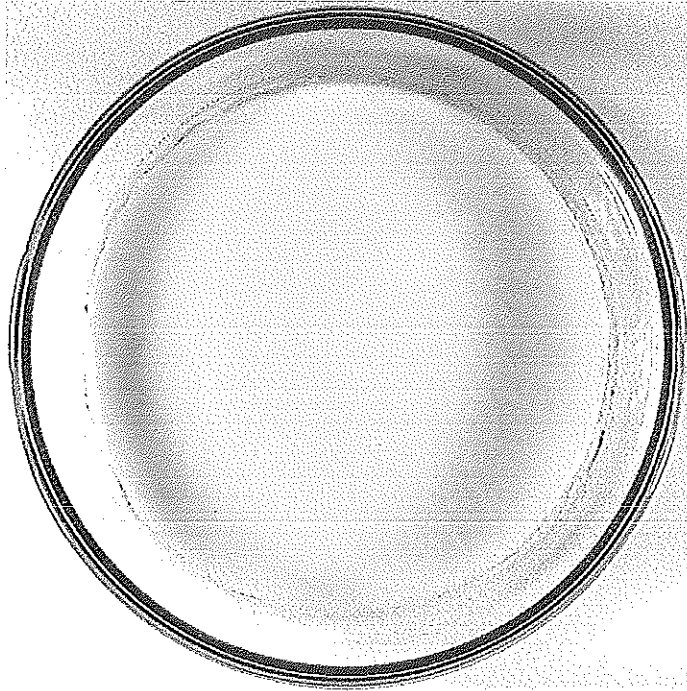


ภาพประกอบผนวก 10 เชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 บน Mac Conkey agar



ภาพประกอบผนวก 11 เชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 บน Blood agar

## การจับเป็นฝ้าบริเวณผิวหน้าของอาหารทางสายให้อาหาร



ภาพประกอบผนวก 12 การจับเป็นฝ้าบริเวณผิวหน้าของอาหารทางสายให้อาหารหลังจาก  
ได้รับความร้อนจากรังสีไมโครเวฟ

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวสุชมา กลั่นแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 21 มีนาคม 2518

## วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
พยาบาลศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2539

## ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

พยาบาลระดับ 4 หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 1 โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา