การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์ในแกงกะทิบรรจุถุงพลาสติกจำหน่ายริมบาทวิถี

กนกพรรณ สมยูรทรัพย์* และศศิธร ฐิติเพชรกุล

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี 11000

*E-mail: kanokpan.s@dmsc.mail.go.th

รับบทความ: 27 พฤษภาคม 2563 แก้ไขบทความ: 20 กรกฎาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 22 กรกฎาคม 2563

บทคัดย่อ

ผลการสำรวจจำนวนจุลินทรีย์ในแกงกะทิ 30 ตัวอย่างที่จำหน่ายริมบาทวิถีเขตจังหวัดนนทบุรีในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือน มีนาคม–มิถุนายน 2559 พบว่ามีจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นตั้งแต่ 1.00×10^2–3.0×10^3 CFU/g ส่วน *Escherichia coli* มีจำนวนอยู่ในช่วง 3.6–9.2 MPN/g ในขณะที่ *Bacillus cereus* มีจำนวน 10–110 CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร และภาชนะสัมผัสอาหารตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 ปี 2560 พบว่าแม้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์ แต่พบ *Escherichia coli* เกินเกณฑ์จำนวน 5 ตัวอย่าง และ *Bacillus cereus* เกินเกณฑ์จำนวน 1 ตัวอย่าง สำหรับ *Staphylococcus aureus* พบน้อยกว่า 10 CFU/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในทุกตัวอย่าง เมื่อนำตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตั้งแต่เริ่มเตรียมถึง 8 ชั่วโมง (27–32 องศาเซลเซียส) พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดมีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็น 0.16 log CFU ต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการเพิ่มจำนวนของ *E. coli* และ *B. cereus* เป็น 0.28 และ 0.21 log CFU ต่อชั่วโมงตามลำดับ ผลการศึกษาการอุ่นแกงกะทิด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลาย *E. coli* และ *B. cereus* ที่ทำการเติมลงไปให้มีจำนวนเชื้อเริ่มต้นเป็น 10^6–10^7 CFU/g พบว่าความร้อนระดับปานกลางสามารถลดเชื้อให้เหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ภายใน 5 และ 10 นาที ตามลำดับ ขณะที่ระดับความร้อนสูงใช้เพียง 3 และ 5 นาที ตามลำดับ กล่าวคือ หากทำการอุ่นอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันด้วยเตาอบไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ และความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ซ ควรอุ่นที่ระดับความร้อนปานกลางถึงสูงไม่ต่ำกว่า 10 และ 5 นาที ตามลำดับ จึงจะสามารถลดจำนวนแบคทีเรียที่สร้างเอนโดสปอร์ลงได้มากกว่า 7 log CFU และอยู่ในระดับที่ปลอดภัย นอกจากนี้ไม่ควรทิ้งอาหารไว้ที่อุณหภูมิห้องภายหลังการเตรียมเกินกว่า 2 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การเน่าเสีย ไมโครเวฟ แกงกะทิ อาหารริมถนน

Microbial Spoilage in Curry Sold on Street and Effect of Microwave Heating on the Reduction of Microbial Number

Kanokpan Somyoonsap[*] and Sasithorn Thitipetchrakul

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences,
The Ministry of Public Health, Tiwanon Road, Nonthaburi 11000, Thailand
[*]E-mail: kanokpan.s@dmsc.mail.go.th

Received: 27 May 2020 Revised: 20 July 2020 Accepted: 22 July 2020

Abstract

Survey of microbial contamination on street food curries sold in Nonthaburi was carried out during summer season (March–June 2016). The number of total bacterial count was 1.00 $\times 10^2$–3.0×10^3 CFU/g, whereas *Escherichia coli* was 3.6–9.2 MPN/g. The number of *Bacillus cereus* was in between 10–110 CFU/g. When compare to the standard of microbiological quality of food and it contact surfaces of Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health 3rd issue, 2017, the number of *E. coli* higher than the standard was found in 5 out of 30 samples. There was only one sampling that found *B. cereus* above the standard. For total aerobic bacteria, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp., all 30 samples were within the standard. The curries were also left at ambient temperature (27–32°C) from preparing for 8 hours in order to investigate the growth of contaminated microorganisms. The rate of multi-plication of total bacteria, *E. coli* and *B. cereus* were 0.16, 0.28 and 0.21 log /hour, respectively. The effect of household microwave heating on the reduction of *E. coli* and *B. cereus* spiked in the curries (10^6–10^7CFU/g) was also studied. It was found that when using medium level of heating, 5 and 10 min were needed to reduce the number of such bacteria to <10 CFU/g. Similarly, when high heating level was used, 3 and 5 min were necessary. The results suggested that heating the food composed of fat using microwave oven (800W, 2,450 MHz), at medium or high setting, 10 and 5 min are required to decrease the number of endospore forming bacteria in foods to > 7 log and safe to be consumed. Furthermore, the curry should not be left at room temperature for > 2 h after cooking.

Keywords: Spoilage, Microwave, Curry, Street food

บทนำ

จากสภาพสังคมไทยที่มีความเจริญมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของประชาชนในการประกอบกิจการต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่เป็นไปอย่างเร่งรีบ ทำให้พฤติกรรมการบริโภคของประชาชนเปลี่ยนแปลงไปตามกระแสเศรษฐกิจ และสังคม โดยเฉพาะวิถีทางการบริโภคได้เปลี่ยนไปจากเดิมที่มีการประกอบการปรุงอาหารรับประทานเอง เปลี่ยนไปเป็นการซื้ออาหารปรุงสำเร็จจากนอกบ้าน และบางครั้งต้องรับประทานอาหารจากหาบเร่ แผงลอยที่จำหน่ายอยู่ตามริมบาทวิถี ปัญหาใหญ่ของอาหารริมบาทวิถีหรือที่ทั่วไป เรียกว่า “อาหารแผงลอย” นั้น คือ เรื่องความสะอาด ส่วนใหญ่อาหารพร้อมปรุงหรืออาหารพร้อมบริโภคมักมีการเตรียมอย่างไม่ถูกสุขลักษณะและวางจำหน่ายเป็นระยะเวลานานโดยไม่ได้ทำการอุ่นไว้ตลอดเวลา ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาของโรคอาหารเป็นพิษ หรือโรคระบบทางเดินอาหารได้ นอกจากนี้อาหารแผงลอยที่วางจำหน่ายบางครั้งไม่มีสิ่งปกคลุมหรือภาชนะปกปิด สัมผัสกับฝุ่นละอองทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่อยู่ตามท้องถนน ทำให้ปนเปื้อนสู่อาหาร นอกจากนี้ผู้บริโภคบางรายเมื่อซื้ออาหารถุงแล้วไม่ได้รับประทานทันที หรือรับประทานไม่หมดในมื้อเดียว และต้องการเก็บไว้รับประทานต่อในมื้อถัดไป บางรายอาจตั้งที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่บางรายอาจอุ่นอาหารก่อนการรับประทาน ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาพึ่งพาเตาอบไมโครเวฟ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในครัวเรือนซึ่งแทบทุกบ้านมีไว้ในการปรุงอาหารหรืออุ่นให้อาหารร้อนก่อนการรับประทาน โดยมีแหล่งกำเนิดพลังงานแมกนิตรอน (magnetron) ที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ โดยคลื่นไมโครเวฟจะพุ่งเข้าสู่อาหารทุกทิศทาง ทำให้โมเลกุลของอาหารและน้ำภายในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและเสียดสีกันจนเกิดพลังงานความร้อนในอาหาร ทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถควบคุม ลด หรือทำลายจุลินทรีย์ในอาหารเหลวได้ (Papadopoulou *et al.,* 1995) และมีศักยภาพในการทำลายแบคทีเรียก่อโรคในลำไส้ (enteric bacteria) ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวได้ (Thompson and Thompson, 1990; Song and Kang, 2016) สำหรับในอาหารแช่แข็งมีรายงานว่าสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในกุ้งแช่แข็ง คัสตาร์ดและข้าวพิลาฟ (pilaf) (Odani *et al.,* 1995) นอกจากนี้เตาอบไมโครเวฟยังมีข้อดีคือไม่ทำให้เกิดการไหม้ของอาหารทั้งบริเวณผิวหน้าและก้นภาชนะ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบ เฝ้าระวังการปนเปื้อนของแกงกะทิบรรจุถุง และการเสื่อมเสียคุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ ตลอดจนศึกษาประสิทธิภาพของคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ตามครัวเรือนในการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารให้อยู่ในระดับปลอดภัย เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้รับความรู้ความเข้าใจและสร้างหลักประกันความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในการบริโภคอาหารถุงที่จำหน่ายริมบาทวิถีที่มีความสะอาด และปลอดภัย ส่งผลให้ประชาชนมีสุขภาพดีถ้วนหน้าภายใต้วิสัยทัศน์ของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเป็นองค์กรหลักด้านสุขภาพ ที่รวมพลังสังคมเพื่อประชาชนสุขภาพดี ที่มุ่งเน้นให้ความรู้ และข้อมูลกับประชาชน ให้มีส่วนร่วมในเอาใจใส่ดูแลสุขภาพของตัวเองอย่างยั่งยืน โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาแกงกะทิที่จำหน่ายตามริมบาทวิถี ซึ่งจัดว่าเป็นอาหารประเภทแกงถุงที่คนไทยนิยมบริโภคซึ่งอาจเสื่อมเสียได้ง่าย โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมุ่งหวังว่าข้อมูลจาก

การวิจัยนั้น ผู้บริโภคสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการบริโภคแกงถุง และใช้เตาอบไมโครเวฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย

วิธีดำเนินการวิจัย

จุลินทรีย์มาตรฐานและอาหารเลี้ยงเชื้อ

จุลินทรีย์มาตรฐาน ได้แก่ *Escherichia coli* DMST 4212 และ *Bacillus cereus* DMST 6228 สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูป ได้แก่ 3M™ Petrifilm™ aerobic count plates, Mannitol egg yolk polymyxin agar (MYP agar), Baird–Parker agar (BP agar), Hektoen enteric agar (HE agar), Xylose lysine deoxy cholate agar (XLD agar), Levine's Eosin methylene blue agar (L–EMB agar), Lauryl tryptose broth (LST), Brilliant green bile lactose broth (BGLB), *Escherichia coli* broth (EC), Muller–Kauffmann tetrathionate novobiocin broth (MKTTn) และ Rapport–Vassiliadis broth (RV)

การเก็บตัวอย่างและศึกษาทางกายภาพ

สุ่มเก็บตัวอย่างแกงกะทิในจังหวัดนนทบุรีจำนวน 30 ตัวอย่างที่มีความหลากหลายและครอบคลุมประเภทของแกงกะทิที่จำหน่ายริมบาทวิถี ได้แก่ แกงเขียวหวาน แกงแดง ต้มข่า แกงคั่ว แกงมัสมั่น แกงเทโพ และแกงพะแนง ซึ่งแกงแต่ละชนิดมีเนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อวัว ปลา ลูกชิ้นปลา เป็นองค์ประกอบ โดยทำการศึกษาในช่วงที่ประเทศไทยมีอากาศร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2559 และซื้อแกงในช่วงเวลาเดียวกันของทุกวันในเวลา 6.00 น. จากนั้นนำมาศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในแกงกะทิและวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลง ณ เวลาต่าง ๆ ตลอดจนการเสียหรือการลดลงของคุณภาพอาหารจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ฟองแก๊ส และกลิ่นบูด

การศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแกงกะทิ วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลง ณ เวลาต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

นำแกงกะทิแต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์จุลินทรีย์ทันทีตั้งแต่เก็บตัวอย่างมาถึงห้องปฏิบัติการ โดยตั้งแกงกะทิไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววิเคราะห์จุลินทรีย์ซ้ำทุก ๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 ช่วงเวลา ได้แก่ 0 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ตลอดจนสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพทั้งกลิ่นบูด และฟองแก๊สที่เกิดขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นของแกงกะทิ เมื่อเก็บตัวอย่างเท่ากับ 53.2 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์จุลินทรีย์ศึกษาทั้งจุลินทรีย์ที่บ่งชี้สุขลักษณะของการผลิตและจุลินทรีย์ที่ก่อโรคอาหารเป็นพิษ

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีมาตรฐาน AOAC Official Method of Analysis

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) โดยใช้แผ่น 3M™ Petrifilm aerobic count plates ที่ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแห้ง และเจลที่ละลายได้ในน้ำเย็น ทดสอบโดยเติมตัวอย่างแกงกะทิที่เจือจางในระดับที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงบนแผ่น Petrifilm กดทับแผ่นฟิล์มด้วยแท่งแก้วสามเหลี่ยม (spreader) เพื่อให้ตัวอย่างแผ่กระจายทั่วบริเวณพื้นที่ประมาณ 20 ตารางเซนติเมตร วางทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้เจลแข็งตัว นำแผ่น Petrifilm บ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เวลา 48±3 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปตรวจนับจำนวนโคโลนีสีแดงและรายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยมีหน่วยเป็น colony forming unit/gram (CFU/g)

การวิเคราะห์ Escherichia coli โดยวิธีมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual

การวิเคราะห์ *E. coli* โดยวิธีมาตรฐาน BAM (2013) โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาเจือจางให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม ดูดสารละลายตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจางมา 1 มิลลิลิตรลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LST ที่มีหลอดดักแก๊สคว่ำอยู่ที่ความเจือจางละ 3 หลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24–48 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นเลือกถ่ายเชื้อในหลอด LST ที่เกิดแก๊สลงใน EC broth หลอดละ 1 ลูป นำ EC broth ไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 45.5±0.2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง จากนั้นเลือกหลอดที่เกิดแก๊สมาขีดลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ L–EMB agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีของ *E. coli* บน L–EMB agar มีลักษณะสีม่วงหรือดำ อาจมีหรือไม่มีลักษณะมันวาวคล้ายโลหะ (metallic sheen) จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี และนำไปอ่านค่าจากตาราง Most probable number (MPN 3–3–3) รายงานผลเป็น MPN *E. coli* /g

การวิเคราะห์ Staphylococcus aureus โดยวิธีมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual

การวิเคราะห์ *S. aureus* โดยวิธีมาตรฐาน BAM (2001) โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาเจือจางให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างในแต่ละระดับความ เจือจางมา 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ BP agar จากนั้นเกลี่ยให้เชื้อกระจายโดยใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยม ทิ้งให้เซลล์แขวนลอยซึมผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีที่มีลักษณะกลม ผิวเรียบ โค้งนูน ขนาดโคโลนีประมาณ 2–3 มิลลิเมตร สีเทาจนถึงดำ มีขอบสีจาง ๆ ล้อมรอบด้วยบริเวณทึบตามด้วยขอบใสรอบโคโลนีซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ *S. aureus* และนำเชื้อไปทดสอบ coagulase test และรายงานผลเป็น CFU/g

การวิเคราะห์ Bacillus cereus โดยวิธีมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual

การวิเคราะห์ *B. cereus* โดยวิธีมาตรฐาน BAM (2012) โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาเจือจางให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจางมา 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MYP agar จากนั้นเกลี่ยให้เชื้อกระจายโดยใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยม ทิ้งให้เซลล์แขวนลอยซึมผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 24–48 ± 2 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีที่มีลักษณะสีชมพูหรือขอบหยักหรือโค้งมนล้อมรอบด้วยบริเวณทึบ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ *B. cereus* จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีและรายงานผลเป็น CFU/g

การวิเคราะห์ Salmonella spp. *โดยวิธีมาตรฐาน International Organization for Standardization*

การวิเคราะห์ *Salmonella* spp. โดยวิธีมาตรฐาน ISO (2002)โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ *Salmonella* spp. เติม bacto peptone water นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18±2 ชั่วโมง เพื่อเป็น pre–enrichment medium และถ่ายเชื้อลงในอาหารเหลว MkTTn และ RV นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24±3 ชั่วโมงเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์แล้วจึงขีดเชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น selective

agar ได้แก่ HE agar และ XLD agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24±3 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ HE ที่มีสีเขียวแกมน้ำเงินอาจมีหรือไม่มีจุดสีดำตรงกลาง และบนอาหารเลี้ยงเชื้อ XLD ซึ่งมีโคโลนีสีชมพูซึ่งอาจมีหรือไม่มีจุดสีดำตรงกลาง จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี รายงานผลว่าพบ/ไม่พบต่อปริมาณอาหาร 25 กรัม

การศึกษาผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลาย Escherichia coli และ Bacillus cereus ที่พบการปนเปื้อนในแกงกะทิ

เลือกตัวอย่างแกงกะทิ 4 ตัวอย่างมาทำการทดลอง โดยนำตัวอย่างแกงกะทิที่ปราศจากเชื้อ 350 กรัม (น้ำหนักเฉลี่ยของแกงถุงที่ตักจำหน่ายจากร้านค้าต่าง ๆ) ใส่ลงในชามเซรามิคปราศจากเชื้อขนาด 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นดูดเซลล์ *E. coli* และ *B. cereus* ในน้ำเกลือ (ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 5 มิลลิลิตรที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^8–10^9 CFU/mL ลงในชามแกงกะทิผสมให้เข้ากัน ทำให้มี *E. coli และ B. cereus* เริ่มต้นในแกงกะทิประมาณ 10^6–10^7 CFU/g จากนั้นนำชามแกงเข้าเตาอบไมโครเวฟ ที่ระดับความร้อนปานกลาง และระดับความร้อนสูง โดยใช้ระยะเวลา 5–10 นาที จากนั้นตรวจนับจุลินทรีย์รวมทั้งบันทึกอุณหภูมิทั้งก่อน และหลังผ่านความร้อน โดยตรวจนับจำนวน *E. coli* และ *B. cereus* เริ่มต้น และนับจำนวนที่รอดชีวิต หรือจำนวนที่ถูกทำลายทุก ๆ 1 นาที รายงานผลจำนวน *E. coli* และ *B. cereus* ต่อกรัมอาหาร วิธีศึกษาผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์แสดงในตาราง 1 เตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลองยี่ห้อ SHARP รุ่น R–264 ความจุ 22 ลิตร ขนาด 460×275×380 มิลลิเมตร กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ช

ตาราง 1 วิธีศึกษาผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์ในแกงกะทิ

วิธีการศึกษา	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
ปริมาณปนเปื้อน *E. coli*, *B. cereus*	*E. coli* 2.0×10^7 CFU/g	*E. coli* 2.8×10^7 CFU/g	*B. cereus* 1.9×10^6 CFU/g	*B. cereus* 3.2×10^6 CFU/g
ระดับความร้อนเตาอบไมโครเวฟปานกลาง, สูง	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	สูง
บันทึกอุณหภูมิก่อนและเข้าเตาอบไมโครเวฟ	✓	✓	✓	✓
ตรวจนับ *E. coli* เริ่มต้นและที่รอดชีวิต	✓	✓	–	–
ตรวจนับ *B. cereus* เริ่มต้นและที่รอดชีวิต	–	–	✓	✓

หมายเหตุ ✓ = ทดสอบ, – = ไม่ได้ทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 (2560) ของอาหารปรุงสุกทั่วไปและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ แผนภูมิ และวัดค่าการกระจายด้วยค่าเฉลี่ย (mean±SD) ด้วยโปรแกรม MS Excel

ผลการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างแกงกะทิบรรจุถุงพลาสติกจำหน่ายริมบาทวิถีจำนวน 30 ตัวอย่าง และนำมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27–32 องศาเซลเซียส) นับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น และวิเคราะห์ซ้ำทุก 2 ชั่วโมง จนครบ 8 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นของแกงกะทิที่ศึกษาเท่ากับ 53.2 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในชั่วโมงเริ่มต้นของตัวอย่างที่เก็บมาเท่ากับ 1.0×10^{2}–3.0×10^{3} CFU/g โดยพบ *E. coli* มีจำนวนในช่วง 3.6–9.2 MPN/g และ *B. cereus* 10–110 CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 ปี 2560 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์ แต่พบจำนวน *E. coli* เกินเกณฑ์จำนวน 5 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 16.7) สำหรับ *B. cereus* พบทั้งหมด 25 ตัวอย่าง แต่พบเกินเกณฑ์เพียง 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละที่พบและร้อยละที่เกินเกณฑ์เท่ากับ 83.3 และ 3.3 ตามลำดับ สำหรับ *S. aureus* พบว่ามีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g และไม่พบ *Salmonella* spp. ต่อ 25 กรัมในทุกตัวอย่าง (ตาราง 2 และภาพที่ 1) เมื่อพิจารณาอัตราการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในแกงถุงที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดมีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็น 0.16 log CFU ต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการเพิ่มจำนวนของ *E. coli* และ *B. cereus* เป็น 0.28 และ 0.21 log CFU ต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 1) นอกจากนี้พบว่าแกงกะทิแสดงลักษณะการเสื่อมเสียทางกายภาพโดยเกิดฟองแก๊ส และกลิ่นบูด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 1×10^{6} CFU/g เมื่อเวลาผ่านไปในชั่วโมงที่ 6 มีจำนวน 1 ตัวอย่าง และชั่วโมงที่ 8 มีจำนวน 3 ตัวอย่าง (ตาราง 3)

ตาราง 2 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในแกงกะทิที่ชั่วโมงเริ่มต้น

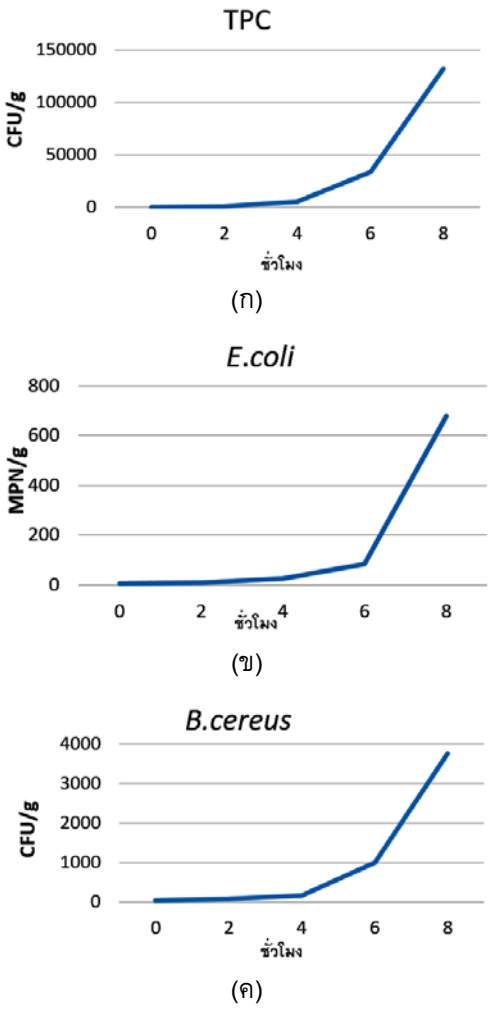
จุลินทรีย์	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	จำนวนตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ)	เกณฑ์
TPC (CFU/g)	30	30 (100)	0 (0)	10^{6} CFU/g
E.coli (MPN/g)	30	5 (16.7)	5 (16.7)	<3 MPN/g
B. cereus (CFU/g)	30	25 (83.3)	1 (3.3)	<100 CFU/g
S. aureus (CFU/g)	30	0 (0)	0 (0)	<100 CFU/g
Salmonella (spp./25 g)	30	0 (0)	0 (0)	ไม่พบ/25 กรัม

หมายเหตุ TPC = total plate count

ตาราง 3 การเสียทางกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแกงกะทิที่อุณหภูมิห้องที่ 6 และ 8 ชั่วโมง

ลักษณะกายภาพและจุลินทรีย์	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 8		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
ฟองแก๊ส	+	+	+	+
กลิ่นบูด	+	+	+	+
TPC (CFU/g)	1.1×10^{6}	7.1×10^{6}	6.4×10^{6}	6.8×10^{6}

หมายเหตุ + = ให้ผลทดสอบเป็นบวก, TPC = total plate count



ภาพที่ 1 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์จากแกงกะทิในแต่ละช่วงเวลา (ก) total plate count: TPC (ข) *Escherichia coli* และ (ค) *Bacillus cereus*

การศึกษาผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือนเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ *E. coli* และ *B. cereus* ที่มักพบว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเสมอในแกงกะทิ เมื่อให้ความร้อนในระดับปานกลางและระดับสูง พบว่า ที่ระดับความร้อนปานกลาง *E. coli* ลดลงจากจำนวนเริ่มต้น 1 log CFU/g ในนาทีที่ 2 ซึ่งอุณหภูมิเท่ากับ 58.1 องศาเซลเซียสและลดลงเหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ในนาทีที่ 5 อุณหภูมิเท่ากับ 87.2 องศาเซลเซียส ในขณะที่ *B. cereus* ต้องใช้เวลา 5 นาที จึงจะทำให้จำนวนเชื้อลดลงจากจำนวนเริ่มต้น 1 log CFU/g (อุณหภูมิเท่ากับ 87.2 องศาเซลเซียส) ลดลง 2 log CFU/g ในนาทีที่ 7 (อุณหภูมิเท่ากับ 97.4 องศาเซลเซียส) ลดลง 4 log CFU/g ในนาทีที่ 8 (อุณหภูมิเท่ากับ 98.6 องศาเซลเซียส) ลดลง 5 log CFU/g ในนาทีที่ 9 (อุณหภูมิเท่ากับ 99.8 องศาเซลเซียส) และลดลงจนเหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ในนาทีที่ 10 (อุณหภูมิเท่ากับ 103.3 องศาเซลเซียส) ส่วนที่ความร้อนระดับสูง *E. coli* ลดลง 1 log CFU/g ตั้งแต่นาทีที่ 1 (อุณหภูมิเท่ากับ 57.1 องศาเซลเซียส) ลดลง 3 log CFU/g ในนาทีที่ 2 (อุณหภูมิเท่ากับ 71.6 องศาเซลเซียส) และลดลงเหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ตั้งแต่นาทีที่ 3 (อุณหภูมิเท่ากับ 95.7 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ *B. cereus* ลดลง 1 log CFU/g ในนาทีที่ 2 (อุณหภูมิเท่ากับ 78.6 องศาเซลเซียส) ลดลง 2 log CFU/g ในนาทีที่ 3 (อุณหภูมิเท่ากับ 94.5 องศาเซลเซียส) ลดลง 5 log CFU/g ในนาทีที่ 4 (อุณหภูมิเท่ากับ 99.7 องศาเซลเซียส) และลดลงจนเหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ในนาทีที่ 5 (อุณหภูมิเท่ากับ 104.2 องศาเซลเซียส) (ตาราง 4 และตาราง 5)

อภิปรายผล

จากการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในแกงกะทิภายหลังการเตรียมเมื่อเวลาผ่านไปในชั่วโมงที่ 0 2 4 6 และ 8 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไป แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อนำผลการทดลองเทียบเกณฑ์

ตาราง 4 อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกึ่งกลางของแกงกะทิเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ระดับความร้อนและเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกึ่งกลางของแกงกะทิหลังผ่านความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟ (°C)			
	ระดับความร้อนปานกลาง		ระดับความร้อนสูง	
	E. coli	*B. cereus*	*E. coli*	*B. cereus*
0	27.4	27.2	27.3	27.4
1	38.3	37.9	57.1	57.3
2	58.1	57.8	71.6	78.6
3	71.6	69.9	95.7	94.5
4	74.6	74.1	98.4	99.7
5	87.2	87.0	101.4	104.2
6	94.8	95.6	–	–
7	97.9	97.4	–	–
8	98.9	98.6	–	–
9	100.1	99.8	–	–
10	103.5	103.3	–	–

หมายเหตุ – =ไม่ได้ทดสอบ

ตาราง 5 ร้อยละของเซลล์ที่ถูกทำลายด้วยความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ระดับความร้อนปานกลาง						ระดับความร้อนสูง					
	E. coli			*B. cereus*			*E. coli*			*B. cereus*		
	เซลล์เริ่มต้น mean±SD	เซลล์คงเหลือ mean±SD	ร้อยละ การทำลาย	เซลล์เริ่มต้น mean±SD	เซลล์คงเหลือ mean±SD	ร้อยละ การทำลาย	เซลล์เริ่มต้น mean±SD	เซลล์คงเหลือ mean±SD	ร้อยละ การทำลาย	เซลล์เริ่มต้น mean±SD	เซลล์คงเหลือ mean±SD	ร้อยละ การทำลาย
1	$2.6x10^7$ ±0.05	$1.7x10^7$ ±0.04	34.6	$1.9x10^6$ ±0.10	$1.4x10^6$ ±0.10	26.3	$2.8x10^7$ ±0.09	$2.5x10^6$ ±0.02	91.1	$3.6x10^6$ ±0.02	$1.8x10^6$ ±0.12	50.0
2	$3.4x10^7$ ±0.08	$6.5x10^6$ ±0.07	80.9	$1.7x10^6$ ±0.06	$1.2x10^6$ ±0.11	29.4	$3.4x10^7$ ±0.06	$2.0x10^4$ ±0.07	99.9	$4.1x10^6$ ±0.09	$8.6x10^5$ ±0.08	79.0
3	$2.5x10^7$ ±0.04	$3.1x10^4$ ±0.05	99.8	$1.6x10^6$ ±0.08	$1.1x10^6$ ±0.06	31.3	$3.4x10^7$ ±0.07	<10	100.0	$3.9x10^6$ ±0.08	$8.3x10^4$ ±0.03	97.8
4	$3.7x10^7$ ±0.03	$1.0x10^1$ ±0.05	99.9	$1.9x10^6$ ±0.04	$1.0x10^6$ ±0.09	47.3	$3.1x10^7$ ±0.04	<10	100.0	$3.6x10^6$ ±0.07	$7.6x10^1$ ±0.01	99.9
5	$3.1x10^7$ ±0.13	<10	100.0	$1.8x10^6$ ±0.06	$5.7x10^5$ ±0.06	68.3	$3.5x10^7$ ±0.07	<10	100.0	$5.2x10^6$ ±0.09	<10	100.0
6	$3.1x10^7$ ±0.05	<10	100.0	$1.8x10^6$ ±0.12	$3.6x10^5$ ±0.09	79.4	–	–	–	–	–	–
7	$3.3x10^7$ ±0.03	<10	100.0	$2.3x10^6$ ±0.09	$6.5x10^4$ ±0.08	97.2	–	–	–	–	–	–
8	$2.8x10^7$ ±0.06	<10	100.0	$2.5x10^6$ ±0.12	$4.2x10^2$ ±0.07	99.9	–	–	–	–	–	–
9	$3.5x10^7$ ±0.04	<10	100.0	$3.4x10^6$ ±0.10	$1.1x10^1$ ±0.06	99.9	–	–	–	–	–	–
10	$3.1x10^7$ ±0.04	<10	100.0	$2.8x10^6$ ±0.05	<10	100.0	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ – =ไม่ได้ทดสอบ

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร และภาชนะสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 ปี 2560 ของอาหารปรุงสุกทั่วไป (Department of Medical Sciences, 2017) ที่ระบุให้พบเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ *B. cereus* ต่ออาหาร 1 กรัมน้อยกว่า 100 CFU/g พบว่า แกงกะทิเริ่มตกเกณฑ์คุณภาพในช่วงชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป สาเหตุที่อาหารผ่านการปรุงสุกหรือผ่านความร้อนแล้วยังคงมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ ทั้งนี้เพราะไขมันจากอาหารประเภทกะทิไปแทรกแซงอำนาจของความร้อนที่จะทะลุผ่านไปในจุดกึ่งกลางเนื้ออาหารลดลง นอกจากนี้ไขมันยังทำให้จุลินทรีย์สร้างกลไกในการปกป้องเซลล์ตนเอง ทำให้เซลล์ทนทานต่อความร้อนได้มากขึ้น (Crespo and Ockerman, 1977; Gaze, 1985; Senhaji and Loncin, 1997) อาหารจึงยังคงมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่หรือแค่บาดเจ็บทำให้จุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนได้อีกเมื่อผู้บริโภคเก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้อาจปนเปื้อนภายหลังการเตรียม สุขลักษณะการผลิต สิ่งแวดล้อม และภาชนะบรรจุ เป็นต้น

การเสียคุณภาพทางกายภาพของแกงกะทิทั้งจากฟองแก๊ส กลิ่นบูด เป็นการเสียที่ผู้บริโภคสามารถสังเกตได้ด้วยตนเองง่าย ๆ ขณะที่การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าแต่ก็สามารถคะเนได้ว่าอาหารนั้นไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค เพราะเมื่ออาหารมีลักษณะทางกายภาพที่ไม่ยอมรับดังกล่าวของผู้บริโภค อาหารนั้นก็มีแนวโน้มที่จะไม่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ ถึงแม้อาหารจะยังไม่แสดงสภาวะการเสื่อมเสียทางกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารยังไม่ถึงเกณฑ์การเสื่อมเสียก็ตาม เพื่อความปลอดภัยจากโรคอาหารเป็นพิษผู้บริโภคต้องไม่เก็บอาหารนั้นเกิน 2–4 ชั่วโมงภายหลังการเตรียม ตามคำแนะนำกฎอาหารปลอดภัย 2 ชั่วโมงของ USFDA หรือกฎ 2–4 ชั่วโมงของ Australia New Zealand Food Standards (NSW Food Authority, 2015) ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารทั้ง *E. coli* และ *B. cereus* ถึงแม้จะมีปริมาณไม่ถึงระดับการก่อให้เกิดโรค (infection dose) ซึ่งระดับที่ก่อให้เกิดโรคของ *E. coli* และ *B. cereus* เท่ากับ10^6–10^8 CFU/g และ 10^5–10^8 CFU/g ตามลำดับ (Ray, 2004) แต่อาจเป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรครุนแรงได้ และหากผู้บริโภคที่เป็นเด็กหรือผู้สูงอายุรับประทานเข้าไปก็อาจไม่ปลอดภัยได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค แนะนำให้เก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส และไม่ซื้ออาหารมาเก็บไว้ครั้งละมาก ๆ เลือกซื้อจากร้านที่ถูกสุขลักษณะ มีอุปกรณ์ปกคลุมมิดชิด และปรุงใหม่ ๆ โดยเบื้องต้นสังเกตได้จากอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหาร

จากการศึกษาผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลาย *E. coli* และ *B. cereus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่พบว่าปนเปื้อนเสมอในแกงกะทิ พบว่าผลของความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์ชนิดเดียวกันโดยใช้ระดับความร้อนเดียวกัน เมื่อเวลานานแตกต่างกันจะพบจำนวนจุลินทรีย์ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิสูงขึ้น ขณะที่จุลินทรีย์ต่างชนิดกันที่ระดับความร้อนเดียวกัน จำนวนจุลินทรีย์ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ใช้ระยะเวลาแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของจุลินทรีย์ (Crespo and Ockerman, 1977) เนื่องจากจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติการทนต่อความร้อนแตกต่างกัน (Hollywood *et al.,* 1991) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า

ทั้งความร้อนระดับปานกลางและระดับสูง โดย *E. coli* ใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า *B. cereus* ทั้งนี้ *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่ไม่สร้างสปอร์ ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำให้เซลล์ได้รับความเสียหายอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อน(Apostolou *et al*., 2005; Yaghmaee and Durance, 2005) สามารถถูกทำลายได้ด้วยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที (Doyle and Padhye, 1989) ขณะที่ *B. cereus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก สามารถทนทานต่อความร้อนได้มากกว่าอีกทั้งสามารถสร้างเอนโดสปอร์เมื่ออยู่ในภาวะไม่เหมาะสม(Celandroni *et al*., 2004) นอกจากคุณสมบัติของชนิดจุลินทรีย์ที่มีผลต่ออัตราการทำลายเซลล์แล้ว จากผลการทดลองที่ระดับความร้อนปานกลาง นาทีที่ 3 และระดับความร้อนสูง นาทีที่ 2 ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากันประมาณ 71.6 องศาเซลเซียสจะพบว่าระดับความร้อนสูงมีอัตราการทำลาย *E. coli* ที่มากกว่าหรือที่ระดับความร้อนปานกลาง นาทีที่ 2 และระดับความร้อนสูงนาทีที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 57.8 องศาเซลเซียส และ 57.3 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าที่ระดับความร้อนสูงจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็มีอัตราการทำลายเซลล์ที่สูงกว่า แสดงว่าที่ช่วงอุณหภูมิเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างระดับความร้อนกันก็จะส่งผลต่ออัตราการทำลายเซลล์เช่นกัน เนื่องจากที่ระดับความร้อนปานกลางสามารถให้กำลังคลื่นไมโครเวฟโดยประมาณร้อยละ 50 ขณะที่ระดับความร้อนสูงให้กำลังคลื่นไมโครเวฟโดยประมาณร้อยละ 100 จึงให้พลังงานได้มากกว่า รวมถึงอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่ออัตราการทำลายจุลินทรีย์จากการใช้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟด้วย เช่น ค่าความถี่ ซึ่งปัจจุบันที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ระบบ คือ 915 MHz และ 2,450 MHz ประเภทของอาหาร ซึ่งมีองค์ประกอบและลักษณะภายในของอาหารแตกต่างกัน เช่น ความเป็นกรด–เบส ความชื้นในอาหาร คุณสมบัติทางเคมีของอาหาร ความหนาแน่น ขนาด รูปทรง คุณสมบัติทางไดอิเล็กทริกของอาหาร (Dealler and Lacey, 1990; Fujikawa *et al.,* 1992; Welt *et al.,* 1994; Yeo *et al.,* 1999;)

สรุปผลการทดลอง

คลื่นความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารได้ โดยระดับความร้อน หรืออุณหภูมิที่ใช้ และระยะเวลาที่เหมาะสมนั้น แปรเปลี่ยนไปตามชนิดของจุลินทรีย์ กล่าวคือ จุลินทรีย์ต่างชนิดกันจะมีความไวต่อคลื่นไมโครเวฟต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณเริ่มต้นของจุลินทรีย์ด้วย จากข้อมูลการทดลอง อาหารที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในระดับ 10^6–10^7 CFU/g ให้ใช้ระดับความร้อนปานกลางในการอุ่นอาหาร 10 นาที ขณะที่ระดับความร้อนสูงให้ทำการอุ่นอาหารที่ 5 นาทีขึ้นไป หรืออุ่นจนอาหารเดือดนั่นเอง ผู้บริโภคก็จะบริโภคอาหารที่อุ่นด้วยเตาอบไมโครเวฟได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ตามไม่ควรทิ้งอาหารไว้ที่อุณหภูมิห้องภายหลังการเตรียมเกินกว่า 2 ชั่วโมง และควรซื้ออาหารในปริมาณพอเหมาะบริโภคในมื้อเดียว ไม่ควรรับประทานอาหารค้างมื้อเพื่อลดอัตราเสี่ยงจากโรคอาหารเป็นพิษ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ รองศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี วทัญญูไพศาล มหา-

วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับคำปรึกษาตลอดจนข้อแนะนำทุกประการ ทำให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. AOAC: 990.12. Washington, DC.

Apostolou, I., Papadopoulou, C., Levidiotou, S., and Ioannides, K. (2005). The effect of short–time microwave exposures on *Escherichia coli* O157:H7 inoculated onto chicken meat portions and whole chickens. **International Journal of Food Microbiology** 101(1): 105–110.

BAM. (2001). **Bacteriological Analytical Manual: *Staphylococcus* aureus.** Washington, DC: Food and Drug Administration.

BAM. (2012). **Bacteriological Analytical Manual: *Bacillus cereus*.** Washington, DC: Food and Drug Administration.

BAM. (2013). **Bacteriological Analytical Manual: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria**. Washington, DC: Food and Drug Administration.

Celandroni, F., Longo, I., Tosoratti, N., Giannessi, F., Ghelardi, E., Salvetti, S., Baggiani, A., and Senesi, S. (2004). Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores. **Journal of Applied Microbiology** 97(6): 1220–1227.

Crespo, F. L., and Ockerman, H. M. (1977). Thermal destruction of microorganism in meat by microwave and conventional cooking. **Journal of Food Protection** 40(9): 442–445.

Dealler, S. F., and Lacey, R. W. (1990). Superficial microwave heating. **Nature** 344(6266): 496.

Department of Medical Sciences. (2017). **Criteria for Microbiological Quality of Food and Contact Containers Food Issue 3**. Nonthaburi: Ministry of Public Health.

Doyle, M.P. and Padhye, V.V. (1989). **Food–borne Bacterial Pathogens.** USA: University of Wisconsin–Madison, Madison.

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

Gaze, J. E. (1985). The effect of oil on the heat resistance of *Staphylococcus aureus*. **Food Microbiology** 2(4): 277–283.

Hollywood, N. W., Varabioff, Y., and Mitchell, G. E. (1991). The effect of microwave and conventional cooking on the temperature profiles and microbial flora of minced beef. **International Journal of Food Microbiology** 14(1): 167–75.

ISO. (2002). **ISO 6579:2002 Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs – Horizontal Method for the Detection of *Salmonella* spp**. Geneva, Switzerland.

NSW Food Authority. (2015). **Guidance on**

the 4–hour/2–hour rule. Retrieved from http://www.foodauthority.nsw.gov.au/, September 30, 2017.

Odani, S., Abw, T., and Mitsuma, T. Pasteurization of food by microwave irradiation. (1995). **Journal of Food Hygienic Society of Japan** 36(4): 477–488.

Papadopoulou, C., Demetriou, D., Panagiou, A., Levidiotou, S., Gessouli, H., Loannides, K., and Antoniades, G. (1995). Survival of enterobacteria in liquid cultures during microwave radiation and conventional heating. **Microbiological Research** 150(3): 305–309.

Ray, C. G. (2004). Enteric Infections and Food Poisoning. In Ryan, K. J., and Ray, C. G. (Eds.), **Sherris Medical Microbiology**, 4th ed. (pp. 857–865). USA: McGraw–Hill.

Senhaji, A. F., and Loncin, M. (1997). The protective effect of fat on the heat resistance of bacteria. **International Journal of Food Science Technology** 12(3): 203–216.

Song, W. J., and Kang, D. H. (2016). Influence of water activity on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* in peanut butter by microwave heating. **Food Microbiology** 60: 104–111.

Thompson, S., and Thompson, A. In–home pasteurization of raw goat's milk by microwave treatment. (1990). **International Journal of Food Microbiology** 10(1): 59–64.

Welt, B. A., Tong, C. H., Rossen, J. L., and Lund, D. B. (1994). Effect of microwave radiation on inactivation of Clostridium sporogenes (PA 3679) spores. **Applied and Environmental Microbiology** 60(2): 482–488.

Yaghmaee, P., and Durance, T. D. (2005). Destruction and injury of *Escherichia coli* O157:H7 during microwave heating under vacuum. **Journal of Applied Microbiology** 98(2): 498–506.

Yeo, C. B., Watson, I. A., Stewart–Tull, D. E., and Koh, V. H. (1999). Heat transfer analysis of *Staphylococcus aureus* on stainless steel with microwave radiation. **Journal of Applied Microbiology** 87(3): 396–401.