จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร

Pathogenic Microorganisms in Foods

ศนิ จิระสถิตย์

Sani Jirasatid*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Food Science Department, Faculty of Science, Burapha University

Received : 6 December 2016

Accepted : 9 June 2017

Published online : 28 June 2017

บทคัดย่อ

จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร หมายถึง จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส พยาธิ และโปรโตซัว ที่ก่อให้เกิดโรคในคน โดยผ่านทางอาหารหรือน้ำเป็นหลัก ซึ่งอาหารที่มีการปนเปื้อนของเซลล์จุลินทรีย์ก่อโรคหรือสารพิษ จะทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากอาหาร โดยสามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ โรคอาหารเป็นพิษ โรคติดเชื้อจากอาหาร และโรคจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในร่างกายมนุษย์ จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารที่สำคัญได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum, Mycobacterium bovis*, pathogenic *Escherichia coli* group, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio cholera* ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคจากอาหารที่มีระดับความรุนแรงน้อยจนถึงรุนแรงมากและคุกคามต่อชีวิต ดังนั้นการเข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดโรค จะทำให้สามารถป้องกันอุบัติการณ์ของโรคที่เกิดจากอาหารได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร โรคที่เกิดจากอาหาร

Abstract

Pathogenic microorganisms in food are microbial such as bacteria, mold, virus, parasitic worm and protozoa, which cause illness in human through the consumption food or water. Food contains pathogenic microbial cells or toxin causing illness, is called “foodborne illness” or “foodborne disease”. Foodborne illness can be grouped into 3 categories, namely, foodborne intoxication, foodborne infection and foodborne toxico-infection. The important pathogenic microorganisms that cause illness in food are *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum, Mycobacterium bovis*, pathogenic *Escherichia coli* group, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio cholera* Severity of foodborne illness ranges from relatively mild to serious, and even life-threatening level. Therefore, the comprehensive to the cause of illness will be useful for accurate and effective prevention of foodborne illness outbreaks.

Keywords : pathogenic microorganisms in foods, foodborne illness

***Corresponding author. E-mail** : sani@buu.ac.th

บทนำ

อาหารเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ อาหารที่บริโภคควรมีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ สามารถป้องกันโรคหรือต้านทานโรคได้ และที่สำคัญอาหารต้องปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งหากอาหารหรือน้ำมีการปนเปื้อนของสารพิษหรือจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogenic microorganisms) ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส และปาราสิต จะทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร (pathogenic microorganisms in food) หมายถึง จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส พยาธิและโปรโตซัว ที่ก่อให้เกิดโรคในคน โดยผ่านทางอาหารหรือน้ำเป็นหลัก ซึ่งอาหารที่มีการปนเปื้อนของเซลล์ที่มีชีวิตของจุลินทรีย์ก่อโรค (หรือสปอร์ของ *Clostridium butolinum* ในกรณีของโรค infant botulism) หรืออาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียและรา จะมีศักยภาพทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากอาหาร หรือ “foodborne disease” หรือ “foodborne illness” อาการทางคลินิกวิทยาส่วนใหญ่ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย และมีไข้ (Ray & Bibek, 2014; Scallan *et al*., 2010) โดยความรุนแรงของโรคจะแปรผันจากระดับความรุนแรงน้อยจนถึงรุนแรงมากและคุกคามต่อชีวิต ซึ่งความรุนแรงของโรคขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ปริมาณของเซลล์จุลินทรีย์หรือสารพิษที่ได้รับ อายุและระดับภูมิต้านทานโรคของผู้ป่วย โดยเฉพาะเด็กเล็ก คนชรา และบุคคลที่มีระบบภูมิคุ้มกันต่ำเป็นบุคคลที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเจ็บป่วยที่รุนแรงและการเกิดโรคแทรกซ้อน (Ray & Bibek, 2014)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา โรคที่เกิดจากอาหารทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยประมาณ 9.4 ล้านคนต่อปี ซึ่งจากรายงานอุบัติการณ์ของโรคที่เกิดจากอาหารในช่วง ค.ศ. 2000-2015 พบว่าโรคที่เกิดจากอาหารมีแนวโน้มลดลง (Centers for Disease Control and Prevention- CDC, 2016) โดยปี ค.ศ. 2014 ประเทศสหรัฐอเมริการายงานอุบัติการณ์ของโรคที่เกิดจากอาหารมีผู้ป่วยจำนวน 13,246 ราย เป็นผู้ป่วยที่ต้องรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 712 ราย และเสียชีวิตจำนวน 21 ราย จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่เกิดจากอาหารสูงสุด คือ แบคทีเรีย (48%) รองลงมาได้แก่ ไวรัส (43%) และปาราสิต (1%) ตามลำดับ โดยชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่เกิดจากอาหาร ได้แก่ Norovirus (43%), *Salmonella* (22%), *Campylobacter* (5%), *Clostridium perfringens* (5%), enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) (4%) และ *Staphylococcus aureus* (3%) เป็นต้น ทั้งนี้รายงานการเสียชีวิตจำนวน 17 ราย จาก 21 ราย หรือคิดเป็น 81% มีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย ได้แก่ *Listeria monocytogenes*, EHEC O157, *Campylobacter*, *Clostridium botulinum* และ *Salmonella* ขณะที่ผู้เสียชีวิต 4 ราย หรือคิดเป็น 19% มีสาเหตุจาก Norovirus และอาหารที่พบว่าเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยสูง ได้แก่ผักที่มีเมล็ด (seeded vegetable) เช่น แตงกวาหรือมะเขือเทศ (16%) เนื้อไก่ (13%) ผลิตภัณฑ์นม (10%) และปลา (7%) (Centers for Disease Control and Prevention- CDC, 2014)

นอกจากนี้จากรายงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของโรคที่เกิดจากอาหารที่มีสาเหตุจากเชื้อก่อโรค สัตว์พิษ และพืชพิษ ในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกิดจากอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผู้เสียชีวิต 1 ราย โดยในปี พ.ศ. 2559 สำนักระบาดวิทยาได้รับรายงานผู้ป่วยด้วยโรคที่เกิดจากอาหาร จำนวน 138,595 ราย จาก 77 จังหวัด คิดเป็นอัตราการป่วย 211.83 ต่อประชากรแสนคน และไม่มีรายงานผู้เสียชีวิต ภาคที่มีอัตราการป่วยสูงสุด คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (306.33 ต่อประชากรแสนคน) รองลงมา ได้แก่ ภาคเหนือ (273.17 ต่อประชากรแสนคน) ภาคกลาง (148.37 ต่อประชากรแสนคน) และภาคใต้ (62.22 ต่อประชากรแสนคน) ตามลำดับ โดยชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่เกิดจากอาหารสูงสุดคือ *Salmonella* spp. ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวน 389 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 0.28 ของผู้ป่วยทั้งหมด รองลงมา

ได้แก่ *Vibrio parahaemolyticus* (ผู้ป่วยจำนวน 360 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 0.26 ของผู้ป่วยทั้งหมด), *S. aureus* (ผู้ป่วยจำนวน 165 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 0.12 ของผู้ป่วยทั้งหมด), *C. botulinum* (ผู้ป่วยจำนวน 36 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 0.03 ของผู้ป่วยทั้งหมด) และ *C. perfringens* (ผู้ป่วยจำนวน 14 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 0.01 ของผู้ป่วยทั้งหมด) และอื่นๆ (ผู้ป่วยจำนวน 137,629 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 99.3 ของผู้ป่วยทั้งหมด) ตามลำดับ (Bureau of Epidemiology, 2017) จากข้อมูลเบื้องต้นสะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการควบคุมการผลิตอาหารตั้งแต่ระดับฟาร์มจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากการบริโภคอาหาร ไม่ทำให้เจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากอาหาร ดังนั้นบทความนี้จึงกล่าวถึงโรคที่เกิดจากอาหาร จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร รวมถึงวิธีการป้องกันโรคที่เกิดจาก

โรคที่เกิดจากอาหาร

ความสำคัญในการศึกษาโรคที่เกิดจากอาหาร (foodborne disease หรือ foodborne illness) คือ การศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดโรค ทำให้สามารถควบคุมและป้องกันอุบัติการณ์ของโรคเกิดจากอาหารได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปโรคที่เกิดจากอาหาร สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ foodborne intoxication หรือโรคอาหารเป็นพิษ foodborne infection หรือโรคติดเชื้อจากอาหาร และ foodborne toxico-infection ซึ่งแต่ละชนิดมีสาเหตุของการเกิดโรคที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การป้องกันและควบคุมโรคที่เกิดจากอาหารกระทำด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (Padungtod, 2004; Ray & Bibek, 2014)

1. Foodborne intoxication หรือโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) เป็นการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุจากการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียหรือรา (mycotoxin) ซึ่งเจริญเติบโตในอาหาร สาเหตุของการเจ็บป่วยคือสารพิษ ไม่ใช่เซลล์จุลินทรีย์ สารพิษที่ปนเปื้อนในอาหารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ กลิ่น และกลิ่นรสของอาหาร โดยทั่วไประยะฟักตัวของโรคจะสั้น ประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือในบางกรณีอาจแสดงอาการภายใน 30 นาที ภายหลังจากการกินสารพิษ เนื่องจากสารพิษสามารถออกฤทธิ์ได้ทันทีเมื่ออยู่ในระบบทางเดินอาหาร ตัวอย่างจุลินทรีย์ก่อโรคในกลุ่มนี้ เช่น *S. aureus*, *C. botulinum* และ สารพิษจากรา (Kendall, 2012; Ray & Bibek, 2014)

2. Foodborne infection หรือโรคติดเชื้อจากอาหาร เป็นการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุจากการกินอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของเซลล์แบคทีเรีย ไวรัส หรือปาราสิต ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ก่อโรคยังคงมีชีวิตขณะบริโภค การบริโภคเซลล์จุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยสามารถทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนในลำไส้ของมนุษย์จนถึงระดับที่ก่อให้เกิดโรค และอาจผลิตสารพิษในร่างกายมนุษย์ ทั้งนี้โรคติดเชื้อจากอาหารมีระยะในการฟักตัวของโรคนานกว่าโรคอาหารเป็นพิษ โดยทั่วไปอาการจะแสดงภายใน 24 ชั่วโมงภายหลังจากการบริโภคเซลล์จุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามระยะการฟักตัวของโรคติดเชื้อจากอาหารสามารถแปรผันระหว่างหลายชั่วโมงจนถึงหลายเดือน ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ก่อโรค (Kendall, 2012; Ray & Bibek, 2014)

โรคติดเชื้อจากอาหารสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ ชนิดไม่บุกรุก และชนิดบุกรุก ซึ่งการติดเชื้อชนิดไม่บุกรุกจะมีอาการเนื่องจากการติดเชื้อ และ/หรือจากสารพิษที่จุลินทรีย์ผลิตในร่างกายมนุษย์ อาการโดยทั่วไป ได้แก่ ปวดท้อง ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน และมีไข้ ตัวอย่างจุลินทรีย์ ได้แก่ Non-typhoidal *Salmonella, Shigella*, enteropathogenic *E. coli* (EPEC), *V. parahaemolyticus*, *Campylobacter jejuni* และ *Yersinia enterocolitica* ขณะที่การติดเชื้อแบบบุกรุกเป็นผลเนื่องจากจุลินทรีย์หรือสารพิษจากจุลินทรีย์ผ่านลำไส้และบุกรุกไปยังอวัยวะภายในและเนื้อเยื่ออื่นๆ ซึ่งอาการ

จะขึ้นอยู่กับอวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่ติดเชื้อ เช่น เป็นหนอง ถ่ายเป็นเลือดหรือมูก และจะมีไข้ร่วมด้วย ตัวอย่างจุลินทรีย์ เช่น *L. monocytogenes*, EHEC, *V. vulnificus*, *Brucella*, *Salmonella* typhoidal illness และ hepatitis A virus (Kendall, 2012; Ray & Bibek, 2014)

3. Foodborne toxico-infection เป็นการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุจากการกินอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของเซลล์แบคทีเรียจำนวนมาก ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ก่อโรคยังคงมีชีวิตขณะบริโภคและเจริญเติบโตต่อเนื่องในระบบทางเดินอาหาร แบคทีเรียจะปลดปล่อยสารพิษในร่างกายมนุษย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย ตัวอย่างจุลินทรีย์ก่อโรคในกลุ่มนี้ เช่น *C. perfringens*, *Bacillus cereus*, *V. cholera*, enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) (Ray & Bibek, 2014)

นอกจากนี้จุลินทรีย์บางสายพันธุ์จัดเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคแบบฉวยโอกาส (opportunistic pathogens) ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่สามารถทำให้ผู้บริโภคโดยเฉพาะในบุคคลกลุ่มเสี่ยงเกิดการเจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากอาหารได้ โดยอาหารหรือน้ำต้องมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและมีปริมาณมากขณะบริโภค ตัวอย่างจุลินทรีย์ เช่น *Aeromonas hydrophila* และ *Plesiomonas shigelloides* (Ray & Bibek, 2014)

จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารที่สำคัญ

1. จุลินทรีย์ก่อโรคอาหารเป็นพิษ (foodborne intoxication)

1.1 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus spp. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่เคลื่อนที่ เซลล์มีรูปร่างกลม อยู่เป็นคู่ สายสั้น หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น ไม่สร้างสปอร์ สามารถรอดชีวิตได้ยาวนานในสภาวะที่แห้งแล้ง จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่ม mesophile ซึ่งสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างประมาณ 7-47.8 °C โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 35 °C ค่า pH ที่สามารถเจริญได้แปรผันอยู่ระหว่าง 4.5-9.3 โดยมีค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 7.0-7.5 ค่า water activity (a_w) ที่เหมาะสมต่อการเจริญมีค่าสูงกว่า 0.99 แต่สามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำ ประมาณ 0.83 ทั้งนี้ Staphylococci บางสปีชีส์ไม่ผลิตเอนไซม์โคแอกกูเลส (coagulase-negative) หรือสามารถผลิตเอนไซม์โคแอกกูเลส (coagulase-positive) ได้ ซึ่งสปีชีส์ที่ผลิตเอนไซม์โคแอกกูเลสจะผลิต heat stable enterotoxins อันเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม *S. aureus* มักเป็นสปีชีส์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ (หรือโรคอาหารเป็นพิษ) ในมนุษย์มากกว่า *Staphylococcus* สปีชีส์อื่น และที่สำคัญ *S. aureus* เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในการเจริญ แต่สามารถเจริญได้ในที่ที่มีเกลือ NaCl เรียกจุลินทรีย์ประเภทนี้ว่า “Halotolerant” ซึ่ง *S. aureus* สามารถทนเกลือสูงถึง 15-18% และทนน้ำตาลความเข้มข้นสูงถึง 50-60% (Food and Drug Administration-FDA, 2012) ทั้งนี้จีนัส *Staphylococcus* มักพบการปนเปื้อนในอาหารและอุปกรณ์ประกอบอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ฝุ่น อาหารและน้ำ และมักอาศัยอยู่ตามร่างกายของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งพบมากในคนที่มีบาดแผล ฝี และหนอง เป็นต้น (Kendall, 2012)

S. aureus สามารถสารพิษ Staphylococcal enterotoxins (SEs) ได้แก่ SEA, SEB, SEC, SED, SEE, SEG, SHE, SEI, SER, SES และ SET (Argudin *et al*., 2010) โดยโรคที่เกิดจากอาหารที่มีสาเหตุจาก *S. aureus* เกิดจากการบริโภค SEs ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร ทำให้เกิดโรค “Staphylococcal food poisoning” (staphyloenterotoxicosis, staphyloenterotoxemia) มีอาการกระเพาะและลำไส้อักเสบ (gastroenteritis) เช่น ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน และปวดท้อง

โดยทั่วไปอาการจะแสดงภายหลังได้รับสารพิษประมาณ 1-7 ชม. และอาการจะหายเอง (self-limiting) ภายใน 24-48 ชม. อย่างไรก็ตามผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการรุนแรง เช่น ปวดศีรษะ เป็นตะคริว และระดับความดันโลหิตเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้ความรุนแรงของโรคในแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพความต้านทานสารพิษของร่างกาย และปริมาณสารพิษที่ร่างกายได้รับ โดยปริมาณสารพิษประมาณน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม สามารถทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ แต่ในบุคคลที่มีความไวต่อสารพิษการกินสารพิษประมาณ 100-200 นาโนกรัม ก็ทำให้เจ็บป่วยได้ ทั้งนี้พบรายงานการเสียชีวิตจากโรค Staphylococcal food poisoning เพียงจำนวนเล็กน้อย ซึ่งมีรายงานการเสียชีวิตในกลุ่มคนชรา เด็กทารก และบุคคลที่มีร่างกายอ่อนแอ (FDA, 2012; Kendall, 2012)

อาหารที่มักเป็นสาเหตุของโรค Staphylococcal food poisoning ได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ นมและผลิตภัณฑ์นม สลัด อาหารที่มีเกลือสูง เช่น แฮม และอาหารที่เตรียมเสร็จแล้วและเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม (ประมาณ10-45 °C) เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวจุลินทรีย์สามารถเจริญและผลิตสารพิษในอาหารได้ ซึ่งหาก *S. aureus* มีการเพิ่มจำนวนและสร้างสารพิษในอาหาร ก็จะทำให้เกิดอันตรายได้ถึงแม้ว่าจะนำอาหารไปให้ความร้อน เนื่องจาก SEs เป็นสารพิษชนิดทนร้อน (FDA, 2012; Kendall, 2012) ดังนั้นวิธีการหลีกเลี่ยงอาหารที่อาจมีการปนเปื้อน enterotoxins จาก *S. aureus* สามารถทำได้โดยเก็บรักษาอาหารที่เตรียมเสร็จแล้วที่ในตู้เย็น (4 °C) หรืออุ่นร้อนตลอดเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C (Kendall, 2012)

1.2 *Clostridium botulinum*

Clostridium botulinum เป็นแบคทีเรียแกรมบวก เซลล์รูปท่อน เจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (obligate anaerobe) จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถสร้างสารพิษ botulinum toxin ซึ่งเป็น neurotoxin (ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท) ทำให้เกิดโรค botulism ที่เป็นอันตรายถึงชีวิต นอกจากนี้ *C. botulinum* สามารถสร้างสปอร์ โดยสปอร์มีคุณสมบัติทนร้อนมากที่สุดชนิดหนึ่ง และสปอร์สามารถจะรอดชีวิตในอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่ไม่เหมาะสม เช่น อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนไม่เพียงพอและเก็บรักษาในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน อย่างไรก็ตาม *C. botulinum* จะไม่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH<4.6) และอาหารที่มีเกลือเข้มข้นอย่างน้อย 5% (FDA, 2012; Nuanualsuwan, 2006)

C. botulinum สามารถผลิตสารพิษ neurotoxin ได้หลายชนิด ได้แก่ toxin type A, B, C, D, E, F และ G ซึ่งสารพิษที่ทำให้เกิดโรค botulism ต่อมนุษย์มี 4 ชนิด ได้แก่ toxin type A, B, E และ F ขณะที่ toxin type C และ D เป็นสาเหตุของโรค botulism ในสัตว์ เช่น หมา วัว ม้า ควาย นก ปลาบางชนิด และสัตว์ป่าบางชนิด ส่วน toxin type G ยังไม่มีรายงานการก่อให้เกิดโรค โดยส่วนใหญ่แล้ว *C. botulinum* แต่ละสายพันธุ์จะผลิตสารพิษเพียงหนึ่งชนิด แต่อย่างไรก็ตามบางสายพันธุ์พบว่าสามารถผลิตสารพิษได้หลายชนิด (Center for Food Security & Public Health-CFSPH, 2010; FDA, 2012)

สารพิษ botulinum เป็นสาเหตุของอาการ flaccid paralysis (อัมพาตอ่อน) เนื่องจากสารพิษไปจับกับจุดเชื่อมเซลล์ประสาท ซึ่งเริ่มต้นอัมพาตจากศีรษะสู่กระบังลง โดยเริ่มจากอัมพาตที่ใบหน้าและตา ตามด้วยอัมพาตของระบบทางเดินหายใจ และตายได้เนื่องจากหายใจไม่ได้ นอกจากนี้ผู้ป่วยจากโรค botulism บางรายอาจมีอาการอัมพาตบางส่วนไปตลอดชีวิต (Nuanualsuwan, 2006)

ทั้งนี้โรค botulism สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) foodborne botulism 2) infant botulism และ 3) wound botulism (FDA, 2012) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

Foodborne botulism โรคมีการเจ็บป่วยแบบ intoxication ซึ่งมีสาเหตุจากกินสารพิษ botulinum ที่ปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งอาหารที่มักพบการระบาดของโรค foodborne botulism มักเป็นอาหารที่ผ่านการแปรรูปที่ไม่เหมาะสมหรือให้ความร้อนที่ไม่เพียงพอ เช่น อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) ซึ่งได้รับความร้อนไม่เพียงพอในการทำลายสปอร์ของ *C. botulinum* เป็นผลให้สปอร์งอกเป็นเซลล์ และเซลล์จุลินทรีย์ผลิตสารพิษในระหว่างการเจริญเติบโตภายในอาหาร ซึ่งการบริโภคสารพิษปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับโนนากรัม เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 18-36 ชม. ภายหลังจากการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษ หรือบางครั้งระยะฟักตัวอาจแปรผันระหว่าง 4 ชม. ถึง 8 วัน อาการของโรค foodborne botulism ได้แก่ มองเห็นซ้อน เห็นภาพไม่ชัด เปลือกตาอ่อนแรง คลื่นไส้ พูดและกลืนน้ำลายลำบาก ปากแห้ง กล้ามเนื้ออ่อนแรง ถ้าไม่ได้รับการรักษาจะเป็นอัมพาตที่แขน ขา ลำตัวและกล้ามเนื้อหายใจ โรคนี้มีอัตราการตายสูงถ้าไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที ระยะเวลาในการเจ็บป่วยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค ซึ่งหากมีอาการอัมพาตของระบบทางเดินหายใจ จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยหายใจและรักษาเป็นเวลาหลายสัปดาห์จนถึงหลายเดือน (FDA, 2012)

Infant botulism โรคชนิดนี้พบในเด็กทารก ซึ่งมีสาเหตุจากการบริโภคสปอร์ *C. botulinum* โดยสปอร์ *C. botulinum* จะสามารถงอกเป็นเซลล์ได้ในลำไส้ของเด็กทารก เนื่องจากเด็กทารกมีปริมาณกรดน้ำดี (bile acid) เพียงเล็กน้อย และเซลล์แบคทีเรียจะผลิตสารพิษภายในลำไส้ของเด็กทำให้เกิดการเจ็บป่วย (CFSPH, 2010) ทั้งนี้ในกรณีที่ไม่ใช่เด็กทารก การรับสปอร์ *C. botulinum* เข้าไปในร่างกายจะไม่สามารถทำให้เกิดโรคได้ เนื่องจากสปอร์จะไม่สามารถงอกเป็นเซลล์ได้ในร่างกาย กรณีเด็กทารกมักได้รับสปอร์ *C. botulinum* ซึ่งปนเปื้อนมากับดิน น้ำ ฝุ่น และอาหาร ซึ่งมีรายงานการเกิดโรค infant botulism จากการบริโภคน้ำผึ้ง (Aureli *et al*., 2002) โรคมีระยะฟักตัวไม่เป็นที่แน่ชัดและมีอัตราการตายสูงเพราะอาการนำในเด็กสังเกตได้ยาก โดยทั่วไปเด็กมักแสดงอาการท้องผูกเป็นสัญญาณแรก ตามด้วยอาการดูดนมอ่อนแรง ร้องไห้อ่อนแรง เคลื่อนไหวลดลง กลืนน้ำลายลำบาก กล้ามเนื้ออ่อนแรงและหายใจลำบาก (FDA, 2012; Nuanualsuwan, 2006)

Wound botulism ไม่ใช่โรคที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ โรคชนิดนี้มีสาเหตุจาก *C. botulinum* เจริญในบาดแผลลึกในร่างกายของมนุษย์และผลิตสารพิษ ซึ่งสารพิษสามารถแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นๆ ของร่างกายโดยผ่านทางกระแสเลือด (CFSPH, 2010; FDA, 2012)

อาหารที่มักพบการระบาดของโรค botulism ได้แก่ อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนไม่เพียงพอ เช่น ข้าวโพด ถั่วเขียว ซุป หน่อไม้ฝรั่ง เห็ด ปลาทูน่า และไก่ รวมทั้งอาหารบางชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ เช่น แฮม ไส้กรอก และปลารมควัน เป็นต้น วิธีการป้องกันโรค botulism สามารถทำได้โดยให้ความร้อนแก่อาหาร โดยเฉพาะอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำและอาหารที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศก่อนบริโภค โดยต้มให้เดือดเป็นเวลานานอย่างน้อย 10 นาที เพื่อทำลายสารพิษ botulinum (FDA, 2012) และเด็กที่อายุต่ำกว่า 12 เดือน ไม่ควรบริโภคน้ำผึ้ง เนื่องจากน้ำผึ้งเป็นแหล่งที่มักพบการปนเปื้อนของสปอร์ *C. botulinum* (Aureli *et al*., 2002; FDA, 2012)

2. จุลินทรีย์ก่อโรคติดเชื้อจากอาหาร (foodborne infection)

2.1 *Mycobacterium bovis*

Mycobacterium bovis หมายถึง *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (aerobic bacteria) เซลล์มีรูปร่างแท่ง (rod-shape) ไม่สร้างสปอร์และแคปซูล อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ระหว่าง 25 °C ถึงสูงกว่า 50 °C สามารถรอดชีวิตได้ในสารเคมีฆ่าเชื้อโรค เช่น กรด ด่าง และสารซักฟอก เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้สามารถต้านทานการสลายตัว (lysis) จากสารปฏิชีวนะได้ และสามารถรอดชีวิตได้ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลาหลายเดือนในที่เย็น ที่มืด และชื้น โดยสามารถรอดชีวิตได้นานถึง 332 วัน ที่อุณหภูมิ 12-24 °C *Mycobacterium* spp. สามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ วัวที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ (mastitis) และทางเดินอาหารของสัตว์ (FDA, 2012)

M. bovis เป็นจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรควัณโรค (tuberculosis) หรือเรียกย่อๆ ว่า TB ในวัว ควาย สัตว์บางชนิด และมนุษย์ ซึ่งมนุษย์สามารถได้รับเชื้อผ่านทางอาหาร (foodborne) และในกรณีที่ผู้ป่วยมีการติดเชื้อที่ปอดและโรคอยู่ระยะกระตุ้น (active) สามารถแพร่เชื้อจากคนสู่คนผ่านทางอากาศได้ (airborne) ทั้งนี้การได้รับเชื้อโรควัณโรคผ่านทางอาหารเกิดจากการกินอาหารที่ปนเปื้อนเซลล์ *M. bovis* เช่น การบริโภคผลิตภัณฑ์นมที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (Buss *et al*., 2016) ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร หรืออวัยวะอื่นๆ ของร่างกาย เช่น ปอดและต่อมน้ำเหลือง ซึ่งวัณโรคเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตได้หากไม่ได้รับการรักษา โรคมีระยะฟักตัวตั้งแต่หลายเดือนจนถึงหลายปีภายหลังจากการติดเชื้อ และผู้ติดเชื้อบางรายอาจไม่แสดงอาการของโรค อาการทางคลินิกวิทยาโดยทั่วไปจะมีไข้ เหงื่อออกตอนกลางคืน เบื่ออาหาร น้ำหนักลด และอาการอื่นๆ ซึ่งแสดงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอวัยวะที่ติดเชื้อ เช่น หากติดเชื้อวัณโรคที่ปอด จะมีอาการไอเรื้อรัง เสมหะมีเลือดปน เจ็บหน้าอก หากติดเชื้อวัณโรคที่ระบบทางเดินอาหาร จะมีอาการท้องเสียและปวดท้อง เป็นต้น ช่วงระยะเวลาในการป่วยขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันของผู้ติดเชื้อ โดยสามารถแปรผันได้ตั้งแต่หลายเดือนจนถึงหลายปี ซึ่งจำเป็นต้องรักษาเป็นระยะเวลานาน (FDA, 2012)

M. bovis สามารถที่จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านกินอาหาร การหายใจ หรือการสัมผัสผ่านเยื่อเมือกและบาดแผลที่ผิวหนัง แม้ว่าการได้รับเชื้อผ่านการสัมผัสจะเกิดขึ้นได้ยาก แต่ก็มีโอกาสที่จะได้รับเชื้อโรคได้ (Buss *et al*., 2016; FDA, 2012)

อาหารที่มักพบการปนเปื้อน *M. bovis* เช่น น้ำนมวัวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมดังกล่าว เนื้อดิบหรือเนื้อที่ผ่านการให้ความร้อนที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะเนื้อกวาง ดังนั้นวิธีการป้องกันการได้รับเชื้อ *M. bovis* ที่ปนเปื้อนในอาหารสามารถทำได้โดยรับประทานน้ำนมวัวและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนอย่างเหมาะสม ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ดิบหรือเนื้อที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน ถ้าประกอบอาหารจากเนื้อโดยเฉพาะเนื้อกวาง ต้องล้างมือและล้างอุปกรณ์เครื่องครัวด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อภายหลังประกอบอาหาร และเก็บรักษาเนื้อดิบแยกจากอาหารอื่นๆ (FDA, 2012)

2.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เซลล์มีรูปร่างแท่ง สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 37 °C แต่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 7-10 °C จนถึง 50 °C (Padungtod, 2004) *E. coli* จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) ชนิด fecal coliform ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่น (normal microflora) หรือแบคทีเรียที่มักพบในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น ทั้งนี้

E. coli ส่วนใหญ่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่การปนเปื้อนของ *E. coli* ในอาหารและน้ำ อาจเกิดจากการปนเปื้อนของเศษอุจจาระของมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้นจึงใช้ *E. coli* เป็นดัชนีชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ (Ray & Bibek, 2014)

E. coli ที่เป็นจุลินทรีย์ก่อโรค (intestinal pathogen) ในอาหารสามารถจำแนก 6 ชนิด ได้แก่ enteropathogenic *E. coli* (EPEC), enteroinvasive *E. coli* (EIEC), enterotoxicgenic *E. coli* (ETEC), enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC), enteroaggregative *E. coli* (EAEC) และ diffusely adherent *E. coli* (DAEC) (Kaper *et al*., 2004) ทั้งนี้ EPEC, EIEC, EHEC, EAEC และ DAEC ทำให้เกิดการเจ็บป่วยแบบ infection ขณะที่ ETEC ทำให้เกิดการเจ็บป่วยแบบ toxico-infection (Ray & Bibek, 2014) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

Enteropathogenic *E. coli* (EPEC) ทำให้เกิดการเจ็บป่วยโดยสามารถเกาะติดกับเซลล์ผนังลำไส้และเพิ่มจำนวนในร่างกายมนุษย์ ทำให้ระบบทางเดินอาหารเป็นแผล แต่ไม่ผลิต enterotoxin และไม่บุกรุกไปยังอวัยวะอื่น (non-invasive) เมื่อทางเดินอาหารอักเสบจะทำให้มีอาการอาเจียน ท้องเสีย และมีไข้ต่ำ ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค (infective dose) ในกรณีเด็กทารกสันนิษฐานว่ามีปริมาณที่ต่ำมาก แต่ในกรณีของผู้ใหญ่ต้องได้รับเชื้อในปริมาณมากถึง 10^6-10^9 เซลล์ (ต่อการบริโภคอาหารหนึ่งครั้ง) (FDA, 2012) อาการจะแสดงภายใน 4 ชม. ภายหลังจากกินอาหารที่มีการปนเปื้อนเซลล์แบคทีเรีย โดยทั่วไป EPEC มักทำให้เด็กต่ำกว่า 2 ขวบ ท้องเสีย (infant diarrhea) มีอาการถ่ายเป็นน้ำ โดยส่วนมากแล้วเด็กมักหายเองได้ แต่บางรายอาจมีอาการอาจรุนแรงได้ถ้าท้องเสียจนมีภาวะขาดน้ำ (dehydration) หรือบางครั้งอาจมีอาการถ่ายเหลวแบบเรื้อรัง (chronic enteritis) จนอาจทำให้เสียชีวิตได้ (Nuanualsuwan, 2006; Ray & Bibek, 2014) EPEC มักพบการปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ดิบ เช่น เนื้อวัวและเนื้อไก่ และอาหารที่มีการปนเปื้อนของเศษอุจจาระ อาหารที่มีรายงานการระบาดของ EPEC ได้แก่ อาหารบุฟเฟต์ มายองเนส ผักกาดหอม และอาหารหมักดอง (FDA, 2012)

Enteroinvasive *E. coli* (EIEC) แบคทีเรียชนิดนี้จะเจริญเติบโตในลำไส้และจะทำลายเซลล์เยื่อบุลำไส้ (intestinal epithelial cell) ด้วยการเจาะเข้าไปในเซลล์เยื่อบุลำไส้ แล้วกระจายไปยังเซลล์ข้างเคียง (invasive) ทำให้ลำไส้เป็นแผล แต่ไม่มีสารพิษ โดยส่วนมากจะทำให้เกิดอาการท้องร่วงแบบไม่มีเลือดปน แต่อาจถ่ายแบบมีเลือดและมูกได้ (Kaper *et al*., 2004; Ray & Bibek, 2014) ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน และมีไข้ อาการคล้ายโรคบิดไม่มีตัว (shigellosis) โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 12-72 ชม. ภายหลังจากกินอาหารที่มีการปนเปื้อนเซลล์แบคทีเรียเพียงเล็กน้อยประมาณ 200-5,000 เซลล์ และในคนที่มีสุขภาพดี โรคจะหายเองได้ภายใน 5-7 วัน โดยไม่ต้องทานยา การได้รับเชื้อโรคชนิดนี้มักเกิดจากการรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนเศษอุจจาระ อาหารที่มีรายงานการระบาดของ EIEC ได้แก่ กามองแบร์ชีส (camembert cheese) และเต้าหู้ญี่ปุ่น (FDA, 2012)

Enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC) หรือ Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) หรือ Verocytotoxicgenic *E. coli* (VTEC) หรือ Hemolytic uremic syndrome-associated enterohaemorrhagic *E. coli* (HUSEC) ตัวอย่างเช่น *E. coli* O157:H7 (CDC, 2012b; FDA, 2012; Kaper *et al*., 2004; Ray & Bibek, 2014) แบคทีเรียชนิดนี้จะเข้าไปเพิ่มจำนวนในลำไส้และผลิตสารพิษ Shiga toxin (Stx) โดยอาจผลิต Stx1 และ/หรือ Stx2 ซึ่งเป็นสารพิษ verocytotoxin (VT) ทำให้โรคมีความรุนแรง (Kaper *et al*., 2004) ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค (infective dose) ของ *E. coli* O157:H7 จะน้อยมาก ประมาณ 10- 100 เซลล์ ขณะที่ EHEC serotype อื่นๆ จะมีปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคสูงกว่า โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 3-4 วัน ซึ่งอาจมีอาการท้องเสียไม่รุนแรงจนถึงมีอาการรุนแรงได้เนื่องจากโรคแทรกซ้อน (FDA, 2012) อาการทางคลินิกวิทยาโดยทั่วไป ได้แก่ ท้องเสียถ่ายแบบไม่มีเลือดปนหรืออาจมีเลือดปนมูก ปวดท้อง คลื่นไส้หรืออาเจียน (haemorrhagic colitis) ถ้าไม่มีโรค

แทรกซ้อนจะมีอาการนานประมาณ 2-9 วัน อย่างไรก็ตาม Stx2 สามารถกระจายไปยังกระแสเลือดและไปที่ไต ทำให้ไตอักเสบ (renal inflammation) และเป็นสาเหตุของโรค HUS (hemolytic uremic syndrome) ซึ่งแสดงอาการเกล็ดเลือดต่ำจากการเสียเลือด อาการไตวายเฉียบพลัน (acute renal failure) และเสียชีวิตได้ และผู้ป่วยที่หายจากโรคอาจมีอาการไตวายเรื้อรัง (CDC, 2012b; FDA, 2012; Kaper *et al*., 2004; Nuanualsuwan, 2006) อาหารที่มักพบการปนเปื้อนของ EHEC ได้แก่ เนื้อวัวและผลิตภัณฑ์เนื้อวัวที่ผ่านการให้ความร้อนไม่เพียงพอ น้ำนมดิบ นอกจากนี้ *E. coli* O157:H7 เป็นแบคทีเรียที่ทนต่อสภาวะที่เป็นกรด (acid tolerance) จึงมักพบการปนเปื้อนในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH<4.6) เช่น โยเกิร์ต มายองเนส ไส้กรอกหมัก ชีส และน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (FDA, 2012)

Enteroaggregative *E. coli* (EAEC) จะเพิ่มจำนวนในเยื่อบุลำไส้เล็ก ตามด้วยการหลั่งสารพิษ 2 ชนิด ได้แก่ enteroaggregative heat stable toxin (EAST) และ hemolysin มักทำให้เกิดอาการท้องเสียในเด็กแบบเรื้อรังได้นานถึง 14 วัน มีอาการถ่ายเป็นน้ำ คลื่นไส้ และอาเจียน โดยทั่วไป EAEC จะไม่ผลิต Shiga toxin (Stx) แต่ EAEC สายพันธุ์ใหม่ (O104:H4) สามารถผลิต Stx ซึ่งทำให้เกิดโรคคล้ายกับ EHEC ในปี ค.ศ. 2011 พบการระบาด EAEC O104:H4 ในถั่วงอกในประเทศเยอรมัน ซึ่งมีรายงานผู้ป่วยถึง 3,842 ราย โดยมีเสียชีวิตจำนวน 53 ราย (FDA, 2012; Ray & Bibek, 2014)

Diffusely adherent *E. coli* (DAEC) มักจะทำให้เกิดอาการท้องเสีย โดยเฉพาะเด็กที่มีอายุมากกว่า 12 เดือน อาการทางคลินิกวิทยา คือ อาเจียนและถ่ายเหลวเพียงเล็กน้อย แบคทีเรียชนิดนี้ไม่ผลิต enterotoxin และ shiga toxin (Kaper *et al*., 2004; Nuanualsuwan, 2006)

2.3 *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae เซลล์รูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ เป็นแบคทีเรียประเภท mesophile โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตประมาณ 30-37 °C อุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญได้ คือ 5 °C และอุณหภูมิสูงสุดที่เจริญเติบโตคือ 46 °C เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) แบคทีเรียชนิดนี้สามารถทำลายได้ด้วยความร้อนระดับพาสเจอไรส์ และไวต่อสภาวะที่เป็นกรด (pH<4.5) ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ที่ a_w <0.94 อย่างไรก็ตามแบคทีเรียสามารถรอดชีวิตได้ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18 °C) และสภาวะแห้งแล้งหรืออาหารแห้งได้เป็นระยะเวลานาน (Ray & Bibek, 2014)

จีนัส *Salmonella* ที่เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยในมนุษย์มี 2 สปีชีส์ ได้แก่ *S. enterica* และ *S. bongori* ทั้งนี้แต่ละสปีชีส์ของ *Salmonella* ประกอบด้วยหลาย serotype ดังนั้นการเรียกชื่อจึงอ้างอิงตาม serotype ตัวอย่างเช่น *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotype Typhimurium เรียกย่อๆว่า *S*. Typhimurium (FDA, 2012)

Salmonella spp. เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยของโรค 2 ชนิด ได้แก่ typhoidal illness (enteric fever) และ nontyphoidal salmonellosis (FDA, 2012) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

Typhoidal illness (หรือ enteric fever) มีสาเหตุจาก serotype *S*. Typhi และ *S*. Paratyphi A ซึ่งทำให้โรคเฉพาะกับมนุษย์ โดย *S*. Typhi ทำให้เกิดโรคไข้ไทฟอยด์ (typhoid fever) และ *S*. Paratyphi A ทำให้เกิดโรคไข้รากสาดน้อย (paratyphoid fever) ซึ่งโรคมีความรุนแรงน้อยกว่าไข้ไทฟอยด์ โรคกลุ่มนี้มีความรุนแรงและมีอัตราการตายสูงกว่ากลุ่ม nontyphoidal salmonellosis โดยมีอัตราการตายสูงถึง 10% ถ้าไม่ได้รับการรักษา ระยะการฟักตัวของโรคประมาณ 1-3 สัปดาห์ หรืออาจนานถึง 2 เดือน ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคน้อยกว่า 1,000 เซลล์ อาการทางคลินิกวิทยา ได้แก่ เป็นไข้สูง

ประมาณ 39.5-40 °C ไม่มีแรง และมีอาการของระบบทางเดินอาหาร เช่น ปวดท้อง ท้องเสียหรือท้องผูก ปวดหัว และเบื่ออาหาร โดยทั่วไปจะแสดงอาการนาน 2-4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามแบคทีเรียชนิดนี้สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อในกระแสเลือด (septicemia) และติดเชื้อไปยังเนื้อเยื่อและอวัยวะอื่นๆ ทั่วร่างกาย ทำให้เกิดการอักเสบในอวัยวะที่ติดเชื้อ และสามารถทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนโดยเฉพาะข้ออักเสบ (septic arthritis) และอาจติดเชื้อเรื้อรังที่ถุงน้ำดี ซึ่งต้องรักษาเป็นระยะเวลานาน อีกทั้งคนที่เคยติดเชื้อนี้จะเป็นพาหะของโรคต่อไป (FDA, 2012; Nuanualsuwan, 2006)

Nontyphoidal salmonellosis มีสาเหตุจาก *Salmonella* serotype อื่นๆ นอกเหนือจาก *S.* Typhi และ *S.* Paratyphi A ซึ่งสามารถเกิดโรคระบาดกับคนและสัตว์ เช่น หมู ไก่ และสัตว์เลี้ยง โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 6-72 ชม. ภายหลังจากการบริโภคเซลล์แบคทีเรีย ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคแปรผันระหว่าง <100 ถึง 10^6 เซลล์ (ต่อการบริโภคอาหารหนึ่งครั้ง) ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุและสุขภาพของผู้ที่ได้รับเชื้อและชนิดของสายพันธุ์ที่ก่อโรค (FDA, 2012; Walker *et al*., 2004) โรคชนิดนี้แสดงอาการกระเพาะและลำไส้อักเสบ (gastroenteritis) โดยอาการทางคลินิกวิทยาส่วนใหญ่ ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย เป็นไข้ และปวดหัว ระยะเวลาในการเจ็บป่วยประมาณ 4-7 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อที่ได้รับและชนิดของสายพันธุ์ที่ก่อโรค อย่างไรก็ตามโรคอาจมีความรุนแรงได้เนื่องจากเกิดภาวะขาดน้ำและสูญเสียแร่ธาตุจากการถ่ายท้องและอาเจียน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตในเด็กเล็ก คนชรา และคนที่มีภาวะภูมิคุ้มกันต่ำถ้าไม่ได้รับการรักษา นอกจากนี้ประมาณ 2% ของผู้ป่วยอาจเป็นโรค reactive arthritis ซึ่งมีอาการ เช่น ข้ออักเสบ (joint inflammation) ท่อปัสสาวะอักเสบ (urethritis) และยูเวียอักเสบ (uveitis) ทำให้ต้องรักษาเป็นระยะเวลานาน (FDA, 2012)

Salmonella spp. กระจายอยู่ตามธรรมชาติ โดยสามารถเพิ่มจำนวนได้ในลำไส้ของสัตว์ เช่น วัว ควาย หมู สัตว์ป่า สัตว์เลี้ยงและมนุษย์ และอาจสามารถอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกอนในบ่อน้ำ ทั้งนี้มนุษย์สามารถได้รับเชื้อผ่านทางอาหารและน้ำที่มีการปนเปื้อนเซลล์แบคทีเรียหรืออาจปนเปื้อนจากอุปกรณ์ประกอบอาหารและมือผู้ประกอบอาหาร อาหารที่เกี่ยวข้องกับการระบาด ได้แก่ เครื่องเทศ เนื้อหา สัตว์ปีก นม ไข่ ผลิตภัณฑ์จากนม ปลา กุ้ง มะพร้าว ซอส น้ำสลัดที่ทำจากไข่ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน โกโก้และช็อกโกแลต ผักและผลไม้ เช่น มะเขือเทศ วิธีป้องกันโรคสามารถทำได้โดยให้ความร้อนอาหารอย่างเพียงพอ ล้างมือก่อนประกอบอาหารและก่อนรับประทานอาหาร เก็บรักษาอาหารดิบแยกจากอาหารที่ปรุงสุกแล้ว และเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิ 4 °C หรือต่ำกว่า (FDA, 2012)

จากข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 พบผู้ป่วยโรคไข้ไทฟอยด์ (typhoid fever) จำนวน 1,572 ราย จาก 61 จังหวัด คิดเป็นอัตราการป่วย 2.40 ต่อประชากรแสนคน และไข้รากสาดน้อย (paratyphoid fever) จำนวน 380 ราย จาก 46 จังหวัด คิดเป็นอัตราการป่วย 0.58 ต่อประชากรแสนคน ไม่มีรายงานผู้เสียชีวิต (Bureau of Epidemiology, 2017)

2.4 *Vibrio parahaemolyticus*

Vibrio parahaemolyticus เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างแท่งโค้ง (curve-rod shape) เป็นจุลินทรีย์ประเภท halophilic bacteria (ต้องการเกลือ NaCl สำหรับการเจริญเติบโต) โดยต้องการเกลือ NaCl อย่างน้อยที่สุด 0.5% สำหรับการเจริญ ขณะที่เกลือ NaCl ที่เข้มข้น 2% เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ เซลล์จะแตกตัว (lysis) ทันทีเมื่ออยู่ในน้ำจืด อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 37 °C และการเจริญจะช้าลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C เชื้อนี้จะตายได้ง่ายในสภาวะที่มีค่า pH ต่ำ การแช่เย็น แช่เยือกแข็ง และให้ความร้อน และสามารถทำลายได้ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อธรรมดา เช่น

แอลกอฮอล์ *V. parahaemolyticus* มักพบตามชายฝั่งทะเลโซนร้อน น้ำกร่อย ชอบอาศัยอยู่กับสัตว์น้ำทะเลจำพวก Crustacean (สัตว์น้ำมีเปลือก) เช่น กุ้ง กั้ง ปู และหอย และพบในก้นทะเลที่ไม่ลึกมาก เนื่องจากเซลล์ไม่ทนต่อความดันสูง (FDA, 2012; Institute of Environmental Science & Research Limited-ESR, 2009)

V. parahaemolyticus มีทั้งสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic strain) และไม่ก่อให้เกิดโรค (non-pathogenic strain) ซึ่งส่วนใหญ่ที่แยกได้สิ่งแวดล้อมเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค ทั้งนี้สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคจะสามารถผลิตสารพิษจำนวน 1 หรือ 2 ชนิด ได้แก่ TDH (thermostable direct hemolysin) และ TRH (thermostable-related hemolysin) (FDA, 2012; Odeyemi, 2016) ซึ่งสารพิษ hemolysins จะทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงแตกตัวและรบกวนสมดุลของเกลือแร่ (electrolyte balance) เป็นสาเหตุของการเกิดโรค vibriosis ซึ่งแสดงอาการกระเพาะและลำไส้อักเสบ (gastroenteritis) (CDC, 2012a; FDA, 2012)

โรคที่เกิดจากอาหารที่มีสาเหตุจาก *V. parahaemolyticus* มีสาเหตุจากการบริโภคเซลล์จุลินทรีย์ แล้วจุลินทรีย์เจริญในลำไส้และผลิตสารพิษ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยเป็นโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบซึ่งจะมีอาการเบาบางจนถึงระดับปานกลาง โดยปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดโรคประมาณ 10^8 เซลล์ โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 4-90 ชม. อาการทางคลินิกวิทยาที่พบ ได้แก่ ท้องเสีย ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ และอาจถ่ายเป็นเลือด (FDA, 2012; Odeyemi, 2016) โดยทั่วไปจะหายเองได้ภายใน 2-6 วัน อย่างไรก็ตาม *V. parahaemolyticus* สามารถเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในกระแสเลือดได้ในบุคคลกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ที่เป็นโรคตับ โรคไต โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคเอดส์ และผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ ซึ่งมีรายงานการเสียชีวิตจาก *V. parahaemolyticus* ประมาณ 2% จากโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ และประมาณ 20-30% จากการติดเชื้อในกระแสเลือด (FDA, 2012)

อาหารที่มักเป็นสาเหตุของการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้แก่ หอยนางรมดิบและหอยนางรมที่ผ่านการให้ความร้อนไม่เพียงพอ ผลิตภัณฑ์อาหารทะเล เช่น ปลา ปลาหมึก กุ้ง ปู และหอยกาบ เป็นต้น วิธีการป้องกันสามารถทำได้โดยล้างอาหารดิบด้วยน้ำสะอาด ล้างมือ และอุปกรณ์ทำอาหารให้สะอาด เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารทะเลในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C หรือต่ำกว่า เพื่อป้องกันการเพิ่มจำนวนของเซลล์จุลินทรีย์ และให้ความร้อนอาหารให้สุกอย่างทั่วถึงก่อนบริโภคเนื่องจากเซลล์ *Vibrio* spp. สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน โดยให้ความร้อนอาหารทะเลจนกระทั่งอาหารมีอุณหภูมิภายในถึง 63 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 15 วินาที แต่ในกรณีเนื้อปลาทอด (fish cake) และปลายัดไส้ (stuffed fish) ควรให้อุณหภูมิภายในอาหารสูงถึง 68 °C และ 74 °C ตามลำดับ (FDA, 2012)

3. จุลินทรีย์ก่อโรคชนิด foodborne toxico-infection

3.1 *Vibrio cholera*

Vibrio cholera เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) เซลล์มีรูปร่างแท่งโค้ง เป็นจุลินทรีย์ชนิด Halotolerant (ESR, 2001; FDA, 2012) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญประมาณ 37 °C แต่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิช่วงกว้างประมาณ 10-43 °C (ESR, 2001) แบคทีเรียชนิดนี้ไวต่อสารเคมีฆ่าเชื้อทั่วไป เช่น เอทานอล และสารฟอกขาว (bleach) เป็นต้น และไวต่อสภาวะอุณหภูมิต่ำ เช่น อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง สภาวะที่เป็นกรด และสภาวะแห้งแล้ง มักพบในทะเล น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำสกปรก (FDA, 2012)

V. cholera สามารถจำแนกได้หลาย serogroup แต่ serogroup ที่มักพบการระบาดของโรคที่เกิดจากอาหาร ได้แก่ serogroup O1, serogroup O139 (“Bengal”) และ serogroup non-O1, non-O139 หรือ nonagglutinating vibrios (NAGs) โดย serogroup O1 สามารถจำแนกได้ 2 biotypes ได้แก่ classical และ El Tor ซึ่งแต่ละ biotype สามารถจำแนกได้ 3 serotypes ได้แก่ Inaba, Ogawa และ Hikojima (CDC, 2012a; CFSPH, 2004) *V. cholera* ทุก serogroup จัดเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งหมด แต่สามารถทำให้เกิดโรคได้แตกต่างกัน (CDC, 2012a)

V. cholera ที่ปนเปื้อนในอาหารจะเข้าไปเพิ่มจำนวนในลำไส้เล็กอย่างรวดเร็วและผลิตสารพิษ ซึ่งสารพิษจะปลดปล่อยออกจากเซลล์เมื่อเซลล์ตาย (Ray & Bibek, 2014) ทั้งนี้แบคทีเรียวงศ์ Vibrionaceae สามารถทำให้เกิดโรคได้ 2 ประเภท ได้แก่ โรคอหิวาต์ (cholera) และโรค vibriosis (CDC, 2012a; Halpern & Izhaki, 2017)

V. cholerae serogroup O1 และ O139 ผลิต cholera toxin (CT) หรือ choleragen เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอหิวาต์ หรืออหิวาตกโรค (cholera) หรือโบราณเรียกว่าโรคห่า นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังผลิต toxin coregulated pilus (TCP) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการถ่ายท้องและเพิ่มจำนวนเซลล์แบคทีเรียในลำไส้ โรคอหิวาต์มีระยะฟักตัวประมาณ 2 ชม. ถึง 5 วัน โดยทั่วไปอาการจะปรากฏภายใน 2-3 วัน ภายหลังจากการกินเซลล์แบคทีเรียเข้าไปในปริมาณมาก ประมาณมากกว่า 10^6 เซลล์ (CFSPH, 2004; Dutta *et al*., 2013; FDA, 2012) โรคอาจมีอาการไม่รุนแรงซึ่งสามารถหายเองได้ภายใน 2-3 วัน จนถึงแสดงอาการรุนแรงและคุกคามต่อชีวิต อาการทางคลินิกวิทยาที่พบ ได้แก่ ถ่ายเหลวเป็นน้ำ อาเจียน ในกรณีที่สูญเสียน้ำอย่างมากจะทำให้โรคมีความรุนแรง ได้แก่ ปัสสาวะน้อย (oliguri) ภาวะขาดน้ำ (dehydration) ภาวะเลือดเป็นกรด (acidosis) ปวดกล้ามเนื้อ ช็อก และถ้ามีการสูญเสียน้ำอย่างรุนแรง สามารถเสียชีวิตได้ภายใน 2 ชม. (CFSPH, 2004; Dutta *et al*., 2013)

V. cholerae non-O1, non-O139 หรือ non-agglutination vibrios (NAGs) ไม่ผลิต CT แต่ผลิตสารพิษ heat-stable enterotoxin (Stn), hemolysin (HlyA), repeat in toxin (RTX) และ type 3 secretion systems (TTSS) ซึ่งเป็นสาเหตุของการทำให้เกิดโรค Cholera-like diarrhea หรือโดยทั่วไปเรียกว่าโรค vibriosis ทำให้เกิดการอักเสบของกระเพาะและลำไส้เล็ก อย่างไรก็ตามพบว่า NAGs บางชนิดสามารถผลิต CT ได้ แต่ไม่เป็นสาเหตุของโรคอหิวาต์ (CDC, 2012a; Dutta *et al*., 2013) โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 1-3 วัน ภายหลังจากการกินเซลล์แบคทีเรียเข้าไปในปริมาณมาก ประมาณมากกว่า 10^6 เซลล์ อาการทางคลินิกวิทยาจะมีอาการท้องเสียรุนแรงน้อยกว่าโรคอหิวาต์ ปวดท้อง เป็นไข้ คลื่นไส้ และ/หรือ อาเจียน และอาจถ่ายเป็นเลือด โรคสามารถหายเองได้ภายใน 7 วัน อย่างไรก็ตามประมาณ 25% ของผู้ป่วย พบการติดเชื้อในกระแสเลือด โดยเฉพาะในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำและเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตได้ (FDA, 2012)

อาหารที่มักพบการระบาดของ *V. cholerae* ได้แก่ ปลาน้ำจืดและปลาทะเล (Halpern & Izhaki, 2017) อาหารทะเลอื่นๆ เช่น หอยนางรม หอยเชลล์ หอยกาบ ปู กุ้ง และปลาหมึก น้ำและน้ำแข็ง การเจ็บป่วยมักเกิดจากการบริโภคอาหารทะเลดิบหรืออาหารที่ผ่านการให้ความร้อนไม่เพียงพอ (FDA, 2012)

วิธีการป้องกันสามารถทำได้โดยให้ความร้อนอาหารทะเลจนกระทั่งอุณหภูมิภายในอาหารเท่ากับ 63 °C เป็นเวลานานอย่างน้อย 15 วินาที แต่ในกรณีเนื้อปลาทอด (fish cake) และปลายัดไส้ (stuffed fish) ควรให้อุณหภูมิภายในอาหารสูงถึง 68 °C และ 74 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ควรล้างอาหารดิบ ล้างมือ และอุปกรณ์ประกอบอาหารด้วยน้ำที่สะอาด เก็บรักษาอาหารในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C หรือต่ำกว่า แยกอาหารดิบจากอาหารที่ปรุงสุกแล้ว และที่สำคัญแม้ว่า *V. cholerae* serogroup O1 และ O139 จะสามารถทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน แต่ถ้าอาหารโดยเฉพาะประเภทสัตว์น้ำมีเปลือก (shellfish) มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิดนี้ภายหลังจากการให้ความร้อน แบคทีเรียจะสามารถเจริญเติบโตในอาหาร

จนถึงระดับที่ก่อให้เกิดโรคได้ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาอาหารในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C หรือต่ำกว่า เพื่อป้องกันการเจ็บป่วยจากโรคอหิวาต์ (FDA, 2012)

จากข้อมูลการเฝ้าระวังโรคของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 พบผู้ป่วยโรคอหิวาต์จำนวน 51 ราย จาก 6 จังหวัด คิดเป็นอัตราการป่วย 0.08 ต่อประชากรแสนคน โดยโรคอหิวาต์มีสาเหตุจาก *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa จำนวน 46 ราย (หรือ 90.2%) และ *V. cholerae* O1 El Tor Inaba จำนวน 5 ราย (หรือ 9.8%) (Bureau of Epidemiology, 2017)

3.2 Enterotoxicgenic *E. coli* (ETEC)

ETEC ทำให้เกิดการเจ็บป่วยชนิด toxico-infection (Ray & Bibek, 2014) แบคทีเรียจะเจริญเติบโตในลำไส้เล็กโดยไม่บุกรุกไปยังอวัยวะอื่น (non-invasive) แต่จะผลิต enterotoxin จำนวน 1 หรือ 2 ชนิด ได้แก่ heat-stable enterotoxins (STs) เป็นสารพิษทนความร้อน และ heat-labile enterotoxins (LTs) เป็นสารพิษไม่ทนความร้อน ซึ่งสารพิษจะทำให้ลำไส้เกิดการหลั่งน้ำ (Kaper *et al*., 2004) มีอาการท้องร่วง ปวดท้อง มักไม่มีไข้หรือไข้ต่ำ ถ่ายเป็นน้ำคล้ายกับโรคอหิวาต์แต่อาการรุนแรงน้อยกว่า มักทำให้เกิดอาการท้องเสียในเด็กและนักท่องเที่ยว (infant diarrhea and traveler's diarrhea) ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค ในกรณีของผู้ใหญ่ ประมาณ 10^6-10^9 เซลล์ ขณะที่เด็กจะมีปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคต่ำกว่า โดยทั่วไปอาการจะแสดงภายใน 26 ชม. ภายหลังจากกินอาหารที่มีการปนเปื้อนเซลล์แบคทีเรีย แต่อาจแปรผันอยู่ระหว่าง 8-44 ชม. ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีอาการไม่รุนแรงและโรคจะหายเองได้ภายใน 2-3 วัน โดยไม่ต้องทานยาปฏิชีวนะ การได้รับเชื้อโรคชนิดนี้มักเกิดจากการรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนเศษอุจจาระ ซึ่งอาจมาจากผู้ประกอบอาหารที่ติดเชื้อหรือน้ำที่ใช้ประกอบอาหารมีการปนเปื้อนเชื้อโรคในระหว่างการเตรียม ตัวอย่างอาหารที่เคยมีการระบาดของ EIEC ได้แก่ บรีชีส (brie cheese) กะหรี่ไก่ มายองเนส เนื้อปู และสลัด (FDA, 2012)

สรุป

จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยในมนุษย์ ซึ่งเซลล์จุลินทรีย์หรือสารพิษเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยผ่านทางอาหารหรือน้ำเป็นหลัก ทำให้ผู้บริโภคเป็นโรคที่เกิดจากอาหาร ซึ่งโรคส่วนใหญ่มีความรุนแรงน้อยจนถึงระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามโรคบางชนิดมีความรุนแรงมากและมีอัตราการตายสูงโดยเฉพาะบุคคลกลุ่มเสี่ยง ดังนั้นผู้ประกอบอาหารหรือผู้ผลิตอาหารอาหารควรมีความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญในการปฏิบัติเพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งสามารถทำได้โดยรักษาความสะอาดเช่น ล้างมือและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบอาหารด้วยน้ำสะอาด แยกอาหารที่ปรุงเสร็จแล้วออกจากอาหารดิบ ปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง เก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิที่เหมาะสม (เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 4 °C หรือต่ำกว่า) ใช้น้ำและวัตถุดิบที่ปลอดภัยในการประกอบอาหาร โดยเลือกใช้อาหารสดและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งนี้หากผู้ประกอบอาหารมีหลักการปฏิบัติในการประกอบอาหารอย่างถูกต้องหรือถูกสุขลักษณะ จะทำให้ผู้บริโภคไม่เจ็บป่วยและมีสุขภาพดีจากการกินอาหาร

เอกสารอ้างอิง

Argudin, M.A., Mendoza, M.C. & Rodicio, M.R. (2010). Food poisoning and *Staphylococcus aureus* enterotoxins. *Toxins*, *2*, 1751-1773.

Aureli, P., Franciosa, G. & Fenicia, L. (2002). Infant botulism and honey in Europe: a commentary. *Pediatric Infectious Disease Journal*, *21*, 866–868.

Bureau of Epidemiology. (2017). *National disease surveillance (report 506)*. Retrieved March 29, 2017, from http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/

Buss, B.F., Keyser-Metobo, A., Rother, J., Holtz, L., Gall, K., Jereb, J., Murphy, C.N., Iwen, P.C., Robbe-Austerman, S., Holcomb, M.A. & Inflield, P. (2016). Possible airborne person-to-person transmission of Mycobacterium bovis-Nebbraska. Morbidity and Mortality Weekly Report, 65, 197-201.

Centers for Disease Control and Prevention-CDC. (2012a). *National enteric disease surveillance: cholera and other vibrio illness surveillance (COVIS)*. Retrieved June 2, 2014, from https://www.cdc.gov/ncezid/dfwed/pdfs/nat-covis-surv-overview-508c.pdf

Centers for Disease Control and Prevention-CDC. (2012b). *National enteric disease surveillance: STEC surveillance overview*. Retrieved June 2, 2014, from https://www.cdc.gov/ncezid/dfwed/pdfs/national-stec-surveillance-overiew-508c.pdf

Centers for Disease Control and Prevention-CDC. (2014).*Surveillance for foodborne disease outbreaks united states, 2014: Annual Report.* Retrieved September 31, 2016, from http://www.cdc.gov/foodsafety/pdfs/foodborne-outbreaks-annual-report-2014-508.pdf

Centers for Disease Control and Prevention-CDC. (2016). *Foodborne outbreak tracking and reporting*. Retrieved September 10, 2016, from https://wwwn.cdc.gov/foodborneoutbreaks

Center for Food Security and Public Health-CFSPH. (2004).*Cholera*. Retrieved May 2, 2014, from https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/cholera.pdf

Center for Food Security and Public Health-CFSPH. (2010). *Botulism*. Retrieved October 2, 2014, from http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/botulism.pdf

Dutta D., Chowdhury, G., Pazhani, G.P., Guin, S., Dutta, S., Ghosh, S., Rajendran, K., Nandy, R.K., Mukhopadhyay, A.K., Bhattacharya, M.K., Mitra, U., Takeda, Y., Nair, G.B. & Ramamurthy, T. (2013). *Vibrio cholerae* non-O1, non-139 serogroups and choleara-like diarrhea, Kolkata, India. *Emerging Infectious Diseases*, 19, 464-467.

Food and Drug Administration-FDA. (2012). *Bad Bug Book: Handbook of Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. (2 Eds). Retrieved February 6, 2014, from http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM297627.pdf

Halpern & Izhaki. (2017). Fish as Hosts of *Vibrio cholera*. *Frontiers in Microbiology*, 8, doi 10.3389/fmicb.2017.00282.

Institute of Environmental Science and Research Limited-ESR, New Zealand Food Safety Autherity-NZFSA. (2001). *Vibrio cholera.* Retrieved February 6, 2014, from https://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Vibrio_Cholerae-Science_Research.pdf

Institute of Environmental Science and Research Limited-ESR, New Zealand Food Safety Autherity-NZFSA. (2009). *Vibrio parahaemolyticus.* Retrieved February 6, 2014, from https://www.mpi.govt.nz/document-vault/11033

Kaper, J.B., Nataro, J.P. & Mobley, H.L.T. (2004). Pathogenic *Escherichai coli*. *Nature Reviews Microbiology*, *2*, 123-140.

Kendall, P. (2012). *Bacterial foodborne illness*, Colorado State University, No. 9.300. Retrieved January 31, 2014, from http://extension.colostate.edu/topic-areas/family-home-consumer/bacterial-foodborne-illness-9-300/

Nuanualsuwan, S. (2006). *Food Safety*. Sister Print & Media group. (in Thai)

Odeyemi, O.A. (2016). Incidence and prevalence of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood: a systematic review and meta-analysis. *Springer Plus*, 5, 464, doi 10.1186/s40064-016-2115-7.

Padungtod, P. (2004). Foodborne bacteria. *Chiang Mai Veterinary Journal*, 2, 51-65. (in Thai)

Ray, B. & Bhunia, A. (2014). *Fundamental Food Microbiology*. (5 Eds). Florida: Taylor & Francis.

Scallan, E., Griffin, P.M., Angulo, F.J., Tauxe, R.V. & Hoekstra, R.M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States-unspecified agents. *Emerging Infectious Diseases*, *17*, 16-22.

Walker, W.A, Goulet, O., Sherman, P.M., Shneider, B.L. & Sanderson, I.R. (2004). *Pediatric Gastrointestinal Disease*. volume 1. (4 Eds). New York: BC Decker.