การประเมินความเสี่ยง *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนอาหารพร้อมบริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

เพ็ญศรี รอดมา อุรารัตน์ วุฒิกรภัณฑ์ อัชฌา สัจจปาละ อารุณี ศรพรหม และทนงพันธ์ สัจจปาละ

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ เชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งเป็นสาเหตุการระบาดอย่างหนึ่งในประเทศไทย สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร จึงได้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงของเชื้อดังกล่าวที่ปนเปื้อนในอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภค ประเภทอาหารคาว ขนมหวาน และเบเกอรี่ จำนวนชนิดละ 250 ตัวอย่าง พบความชุกที่มีการปนเปื้อนของเชื้อปริมาณ ≥ 100 เซลล์ต่อกรัมเท่ากับ 0.176 การประเมินโดยใช้ Gumbel's method เพื่อคำนวณความน่าจะเป็นของการปนเปื้อน *S. aureus* ในตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภคแต่ละระดับของการปนเปื้อนในช่วง 3.4 – 340 เซลล์ต่อกรัม มีความน่าจะเป็นของอาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณน้ำอิสระมากกว่า 0.85 เท่ากับ 0.962 โอกาสเสี่ยงจากการบริโภคอาหารที่ไม่มีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อน ≥ 100 เซลล์ต่อกรัม คือ 0.5773 และ 0.3255 ตามลำดับ จากข้อมูลการสำรวจประชากร 1,069 คน ซึ่งมีความถี่ในการบริโภคอาหารสำเร็จรูป 1,095 มื้อต่อปี มีความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในการบริโภคอาหารสำเร็จรูป 0.562 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาความเสี่ยงของประชากรซึ่งนิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภค พบว่ามีโอกาสที่จะเกิดเจ็บป่วยเนื่องจากเชื้อ *S.aureus* จำนวน 1,832 ครั้งต่อปีต่อประชากรในกรุงเทพมหานคร 100,000 คน จากการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงในครั้งนี้ คือใช้โปรแกรมสำเร็จรูป @risk วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนก่อนและหลังให้ความร้อน จำนวนจุลินทรีย์และปริมาณการบริโภคอาหารพร้อมบริโภค และสร้างแบบจำลอง Tonado display (sensitivity analysis) โดยแสดงในรูป rank correlation coefficient พบว่าการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ จากการให้ความร้อนด้วย microwave จะขึ้นกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและเวลาที่เก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้อง และมีผลกระทบต่อปริมาณเชื้อที่ผู้บริโภคได้รับ จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลให้ผู้จัดการความเสี่ยงนำไปพิจารณาใช้ในการจัดการความเสี่ยงเนื่องจาก *S.aureus* ที่ปนเปื้อนในอาหารพร้อมบริโภคต่อไป

บทนำ

เชื้อ *S. aureus* เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบการระบาดทั่วโลก เนื่องจากผู้ป่วยจากเชื้อนี้จะหายจากอาการเจ็บป่วยเองภายใน 1-2 วัน โดยไม่ต้องรับประทานยา ดังนั้นจึงมีการรายงานต่ำกว่าความเป็นจริงมาก อาหารที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากเชื้อ *S. aureus* คือ เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น เนยแข็ง ครีม ซึ่งเกิดจากการจัดการที่ไม่ถูกสุขลักษณะหรือเกิดจากนมดิบ สลัด ครีม ที่ใส่ในผลิตภัณฑ์จากโรงงานทำขนมปัง กระบวนการผลิตเนื้อ โดยเฉพาะ แฮม hot-dog และ salami การเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่ถูกต้องเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการระบาดของเชื้อนี้[1] พบเชื้อ *S. aureus* ปนเปื้อนในทุกส่วนของร่างกายสัตว์ นมและหัวนมวัว ต่อมทอลซิลและผิวหนังของหมู ไก่และไก่งวง และพบประจำในนมดิบ เนื่องจากสภาวะ

Accepted for publication, 6 July 2011

สุขภาพของสัตว์ เช่น เต้านมอักเสบ พบการปนเปื้อนของเชื้อในปริมาณ <10 ถึง >1,000 ต่อมิลลิลิตรของนม บางครั้งสูงถึง 100,000 cfu/ml [2, 3, 4] การปนเปื้อนของ *S. aureus* ในอาหารพร้อมบริโภค สาเหตุส่วนใหญ่มาจากสุขลักษณะส่วนบุคคลไม่ดี จากวัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนของเชื้อและสุขลักษณะการผลิตบกพร่อง[5, 6]

จากรายงานประจำปีของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เป็นข้อมูลการให้บริการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุขภาพด้านอาหารที่จำหน่ายในประเทศ[7, 8] พบว่าปัญหาด้านสาธารณสุขที่สำคัญมีสาเหตุจากอาหารเป็นพิษนั้น *S.aureus* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอันดับต้น ๆ ที่ปนเปื้อนในอาหารพร้อมบริโภค ทั้งจากรายงานของกองระบาดวิทยาพบว่าเชื้อนี้ทำให้เกิดการระบาดในประเทศไทยและระบาดต่อเนื่อง[9, 10, 11] ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของเชื้อ *S. aureus* ในอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภค โดยการสืบค้นหลักฐานทางวิชาการและงานวิจัยภายในประเทศและต่างประเทศ เพื่อทบทวนข้อมูลในส่วนของขั้นตอนการระบุอันตราย (Hazard identification) การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard characterization) เพื่อใช้ข้อมูลที่สืบค้นได้ในการประเมินความเสี่ยง สำหรับปริมาณเชื้อที่มีผลให้เกิดการเจ็บป่วย (dose response) การประเมินปริมาณได้รับสัมผัส (Exposure assessment) และการแสดงลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization) ใช้การคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป @risk วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูล การปนเปื้อนก่อนและหลังการให้ความร้อน การเจริญ ปริมาณการบริโภค และแสดง Tonado display (sensitivity analysis) ซึ่งเป็นแบบจำลองแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเสี่ยงต่าง ๆ โดยใช้ correlation coefficient (Spearman rank)[12, 13] ผลจากการศึกษาครั้งนี้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่มีหน้าที่จัดการความเสี่ยงใช้พิจารณาดำเนินการ ตลอดถึงการสื่อสารความเสี่ยงแก่ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งห่วงโซ่อาหาร ทำให้ผู้บริโภคสามารถจัดการอาหารให้เกิดความปลอดภัยต่อไป

วัสดุและวิธีการ

ตัวอย่าง

ทดสอบปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ ศึกษาดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 – กันยายน 2552 ศึกษาปริมาณปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ในอาหาร 3 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 250 ตัวอย่าง (รวม 750 ตัวอย่าง) คืออาหารคาวสำเร็จรูปขนมหวานที่มี แป้ง น้ำตาล กะทิ มะพร้าว เป็นส่วนประกอบ และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีไส้ประเภทครีมและสังขยา

ทดสอบการเจริญของเชื้อในสภาวะที่กำหนด ได้แก่ อุณหภูมิห้อง แช่เย็น และการให้ความร้อน ตัวอย่างอาหารที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ แกงเขียวหวาน ข้าวเหนียวมูน และสังขยาทาขนมปัง เป็นตัวแทนของกลุ่มอาหารคาวสำเร็จรูป ขนมหวานและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ตามลำดับ (ตัวอย่างข้าวเหนียวมูน และสังขยาทาขนมปัง ได้จัดเตรียมขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ ส่วนแกงเขียวหวานซื้อจากร้านจำหน่าย)

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องมือ เครื่องแก้วและอุปกรณ์: ตู้อบร้อน (170 ± 10 องศาเซลเซียส), เครื่องนึ่งทำลายเชื้อ, ตู้อบเพาะเชื้อ (35 ± 1 องศาเซลเซียส), ตู้อบเพาะเชื้ออุณหภูมิต่ำ (5 ± 3 องศาเซลเซียส), เครื่องผสมอาหาร, เครื่องตีปั่นอาหาร, เครื่องวัด Water

activity (Aw), ปิเปต, จานเพาะเชื้อพลาสติก (90 × 15 มิลลิเมตร), ถุงพลาสติกสำหรับเครื่องตีปั่นอาหาร (7 × 11 นิ้ว), หลอดแก้วทดลองขนาด 18 × 150 มิลลิเมตรและ 13 × 100 มิลลิเมตร, ขวดแก้วฝาเกลียวขนาด 50, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร, บีกเกอร์ ขนาด 1,000 มิลลิลิตร, ลูปและเข็มสำหรับเขี่ยเชื้อ Microwave[14] ตัวเครื่องระบุ power consumption 230 volts, 1,400 watts (microwave), rate power output 990 watts, operation frequency 2,450 MHz, capacity 23 liters,

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี : Butterfield's phosphate-buffered dilution water (BPB), Trypticase soy broth (TSB) ที่เติม 10 % NaCl และ 1% sodium pyruvate, Baird–Parker medium (BP), Brain heart infusion broth (BHI), Coagulase rabbit plasma (EDTA), Gram's stain

เชื้อมาตรฐาน : เชื้อ *Staphylococcus aureus* catalog number 0360 lot number 360631 reference number ATCC® 25923™ มีการรับรองด้วย certificate of assay EZ-CFU™ microorganisms ของบริษัท MicroBioLogics® 217 Osseo Ave North, St. Cloud, MN 56303 USA.

การเตรียมเชื้อมาตรฐาน : เตรียมเชื้อ *S. aureus* (10 – 100 cfu/0.1 มิลลิลิตร) เพื่อ spike ลงในตัวอย่างอาหารและตรวจวิเคราะห์หาจำนวนโคโลนีของเชื้อโดยวิธี Spread plate colony count

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย

ข้อมูลจากการสืบค้นหลักฐานทางวิชาการและงานวิจัยภายในประเทศไทย และต่างประเทศ เพื่อทบทวนข้อมูลในส่วนของขั้นตอน การระบุอันตราย (Hazard identification) การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard characterization) เพื่อใช้ข้อมูลที่สืบค้นได้ในการประเมินความเสี่ยง ได้แก่

- เชื้อที่ให้ผลบวก Coagulase test มีโอกาสสร้างสารพิษชนิด เอนเทอโรทอกซินที่ทำให้ก่อโรคในมนุษย์[3, 4, 5, 6]

- ปริมาณสารพิษที่ถูกกินเข้าไปและทำให้เกิดการเจ็บป่วยไม่ทราบปริมาณที่แน่นอน แต่เชื่อว่าอยู่ในช่วง 0.1 – 1.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เมื่อมีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ในระดับ 100,000 cfu/กรัม สามารถสร้างสารพิษได้ในปริมาณสูง[6 – 16]

- แบบสัมภาษณ์การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเรื่อง "แบบสำรวจอัตราการบริโภคอาหารสำเร็จรูปในการศึกษาการได้รับสัมผัส *S. aureus*" ที่มีโอกาสเสี่ยงจากการปนเปื้อนของเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์และข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมบริโภค ของตัวอย่างประชากรในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 1,069 คน

รูปแบบที่ใช้ในการศึกษา

ดำเนินการโดยใช้หลักการของคณะกรรมาธิการอาหารระหว่างประเทศสาขาสุขลักษณะ[17]

วิธีการ

1. การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคโดยใช้แบบสัมภาษณ์เรื่อง "แบบสำรวจอัตราการบริโภคอาหารสำเร็จรูปในการศึกษาการได้รับสัมผัส

S. aureus" โดยสำรวจร้อยละของประชากรที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภค และจัดทำแบบสอบถามตัวอย่างประชากรในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 1,069 คน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาความถี่ของการบริโภคอาหารสำเร็จรูปทุกมื้อ

2. การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ในอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภค 750 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี MPN[15, 16]

การเพาะเชื้อ : ชั่งตัวอย่างอาหารแต่ละตัวอย่าง 50 กรัม เติม BPB 450 มิลลิลิตร ตีปั่นให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด TSB 9 มิลลิลิตร จำนวน 30 หลอด และนำไปอบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 2 ชั่วโมง ถ่ายสารละลายจากหลอด TSB 1 loop เพื่อ streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ BP และนำไปอบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 2 ชั่วโมง

การแยกเชื้อ : โคโลนีที่สงสัย ลักษณะกลม เรียบ นูน และชื้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 - 3 มิลลิเมตร สีเทาหรือสีดำ ล้อมรอบด้วยโซนทึบ และเมื่อใช้เข็มเขี่ยเชื้อแตะโคโลนีพบว่ามีลักษณะเหนียวเหมือนยาง เลือกอย่างน้อย 1 โคโลนี ลงในหลอด BHI

การตรวจสอบยืนยัน : ใช้วิธี Coagulase test

3. ศึกษาปริมาณน้ำอิสระในอาหารพร้อมบริโภคทั้ง 3 กลุ่ม จำนวน 369 ตัวอย่าง ได้แก่ กับข้าวสำเร็จรูปบรรจุถุง ขนมสำเร็จรูปบรรจุถุงหรือห่อ และเบเกอรี่ 117, 115 และ 137 ตัวอย่าง ตามลำดับ คำนวณปริมาณร้อยละของตัวอย่างที่ศึกษาซึ่งมี water activity สูงกว่า 0.85

4. การศึกษา Growth ของเชื้อ *S. aureus* ในตัวอย่างอาหารที่สภาวะกำหนด

การเตรียมตัวอย่าง : ชั่งตัวอย่างอาหารแต่ละกลุ่ม ตัวอย่างละ 50 กรัม เติม TSB 450 มิลลิลิตร ตีปั่นให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน ตรวจวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ก่อนนำไป spike เชื้อโดยวิธี Spread plate colony count เพื่อควบคุมว่าตัวอย่างอาหารไม่มีเชื้อ *S. aureus* ปนเปื้อน

4.1 การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้อง spike เชื้อมาตรฐานที่เตรียมไว้ ให้มีปริมาณเชื้อ 10 – 100 cfu/กรัม ของอาหาร เตรียมเป็น 3 ชุด และนำไปบ่มเพาะเชื้อที่ อุณหภูมิห้องประมาณ 26-30 องศาเซลเซียส โดยแต่ละชุดใช้เวลา 3, 6 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และตรวจวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S.aureus* โดยใช้วิธี Spread plate colony count

4.2 การศึกษา Growth ของเชื้อ *S. aureus* ที่บ่มเพาะเชื้อในตู้เย็น: เตรียมเชื้อมาตรฐาน เตรียมตัวอย่าง spike เชื้อ และวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S. aureus* เช่นเดียวกับข้อ 4 แต่บ่มเพาะเชื้อในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 ± 3 องศาเซลเซียส (2 - 8 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาในการบ่มเพาะเชื้อแบ่งเป็นสองช่วงคือ 6 และ 24 ชั่วโมง

4.3 การศึกษา Growth ของเชื้อ *S. aureus* ที่บ่มเพาะเชื้อในตู้เย็นแล้วนำไปทำให้ร้อนด้วย microwave: โดยเตรียมเชื้อมาตรฐาน เตรียมตัวอย่าง spike เชื้อ และวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S. aureus* เช่นเดียวกับข้อ 4 แต่ใช้ตัวอย่างอาหารแต่ละประเภท 250 กรัม ซึ่งเท่ากับน้ำหนักที่บริโภคแต่ละมื้อ และเมื่อ spike เชื้อแล้ว บ่มเพาะเชื้อในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 ± 3 อาศาเซลเซียส (2-8 อาศาเซลเซียส) ระยะเวลาในการบ่มเพาะเชื้อนาน 8 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำให้ร้อนด้วย microwave[14] นำตัวอย่างอาหารไปทำให้ร้อนที่ระดับ high นาน 2 นาที (ตามคู่มือการใช้เครื่องสำหรับอุ่นแกงจืด)

และนาน 4, 6 และ 8 นาทีตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีข้อแตกต่างจากการศึกษาในข้อ 4 คือเติม TSB หลังจากตัวอย่างผ่านความร้อนแล้ว

5. ประมาณความน่าจะเป็นของโอกาสการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคโดยใช้ข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนจากข้อ 2 ประเมินความถี่ของปริมาณการปนเปื้อนในระดับต่าง ๆ โดยใช้ Gumbel's method[18] ปรับค่าข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของโอกาสที่จะตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อในระดับต่าง ๆ เพื่อให้ได้การกระจายข้อมูลในรูปแบบของ Gumbel's distribution โดยการนำปริมาณการปนเปื้อนในตัวอย่างทั้งหมด 311 ตัวอย่าง ที่ตรวจพบคือ 3.4-340 cell/กรัม มาจัดลำดับ ได้ทั้งหมด 28 ลำดับ หา Reoccurrence ซึ่งมีค่า = (จำนวนตัวอย่างทั้งหมด + 1)/ลำดับที่ เช่น จำนวนตัวอย่างทั้งหมด = 311 ตัวอย่าง ลำดับที่ = 1 คำนวณ Reoccurrence = (311 + 1)/1 = 312/1 = 312 คำนวณค่า Frequency = 1/Reoccurrence เช่น frequency ของเชื้อ 3.4 เซลล์/กรัม = 1/312= 0.0032 และคำนวณความน่าจะเป็นของการปนเปื้อน *S. aureus* ในตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภคแต่ละระดับ = ความถี่ของการปนเปื้อนแต่ละระดับ/ผลรวมของความถี่ของการปนเปื้อนทุกระดับ

6. คำนวณความน่าจะเป็น[19, 20, 21] ของโอกาสประชากรที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ดังนี้

6.1 ใช้ร้อยละของประชากรที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภค (จากข้อมูลการสำรวจปริมาณการบริโภคของคณะวิจัย โดยมีผู้ให้ข้อมูลในเขตกรุงเทพฯ จำนวน 1,069 คน) คำนวณความน่าจะเป็น (probability) ของโอกาสการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนตั้งแต่ 100 เซลล์/กรัม

6.2 คำนวณความน่าจะเป็นของโอกาสการปนเปื้อนด้วยเชื้อในระดับต่าง ๆ ซึ่งเท่ากับผลคูณของความน่าจะเป็นของโอกาสการปนเปื้อนในระดับต่าง ๆ และความน่าจะเป็นของโอกาสการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อน

7. การประเมินความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยที่เกิดจากเชื้อ *S. aureus* ในประชากรที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภคต่อประชากร 100,000 คน โดยประมาณจากผลคูณของ[19, 20, 21]

7.1 จำนวนครั้งของโอกาสที่ประชากรรับประทานอาหารพร้อมบริโภคทุกมื้อใน 12 เดือน (365 วัน × 3 มื้อ)

7.2 ความชุกของปริมาณเชื้อก่อโรคจากผลการวิจัยครั้งนี้ (0.176)

7.3 ความน่าจะเป็นของโอกาสการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนเชื้อก่อโรค ตั้งแต่ 100 เซลล์/กรัม (0.3255)

7.4 ความน่าจะเป็นของอาหารพร้อมบริโภคที่มี water activity สูงกว่า 0.85 (0.962) ความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในการบริโภคอาหารสำเร็จรูปจากแบบสำรวจ (ทุกมื้อ) (0.562)

7.5 ความน่าจะเป็นของความเสี่ยงเนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนก่อนการบริโภคจากแบบสำรวจ (0.5773)

8. ใช้โปรแกรม @risk 5.5.1 Industrial[22, 23] วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดังนี้

8.1 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อน (Contamination distribution) ใช้ Function RiskNormal จากข้อมูลผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการคือ ค่าเฉลี่ย (1.661 log 10 เซลล์/กรัม) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (0.744) โดยใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง)

8.2 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลการเจริญ (Growth distribution) ของเชื้อ ณ อุณหภูมิ 30 อาศาเซลเซียส ใช้ Function

RiskTriang จากข้อมูลผลการทดลองของห้องปฏิบัติการ โดยใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง)

8.3 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลการลดลงของเชื้อหลังการให้ความร้อน ด้วย microwave (Inactivated distribution) ใช้ Function RiskTriang จากข้อมูลผลการทดลองของห้องปฏิบัติการ โดยใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง)

8.4 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนหลังการให้ความร้อน (Dose output distribution) จากข้อมูลข้อ 8.1 8.2 และ 8.3 โดยใช้ Function = {($\log_{10}$ Contamination distribution) + ($\log_{10}$ Growth distribution) - ($\log_{10}$ Inactivated distribution)} = ($\log_{10}$ Dose output) แล้วใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง) เพื่อสร้าง Dose output distribution

8.5 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการบริโภค (Amount consume distribution) ใช้ Function RiskTriang จากข้อมูลผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคโดยใช้แบบสัมภาษณ์ข้อ 1 แล้วใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง)

8.6 การสร้างแบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณที่ถูกบริโภค (Ingested dose) ใช้ Function = ($10^{(\text{Dose Output Distribution})} \times (\text{Amount Consume Distribution})$) จากข้อมูล ข้อ 8.4 และ 8.5 โดยใช้ Monte Carlo stimulation สุ่มชักข้อมูล (สุ่ม 10,000 ครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง)

8.7 การสร้างแบบจำลอง Tonado display (sensitivity analysis) จากข้อมูลข้อ 8.6 เพื่อแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนก่อนการให้ความร้อน การเจริญการปนเปื้อนหลังการให้ความร้อน ปริมาณการบริโภค โดยแสดงในรูป Rank correlation coefficient ของข้อมูลนำเข้า[12, 13]

ผล

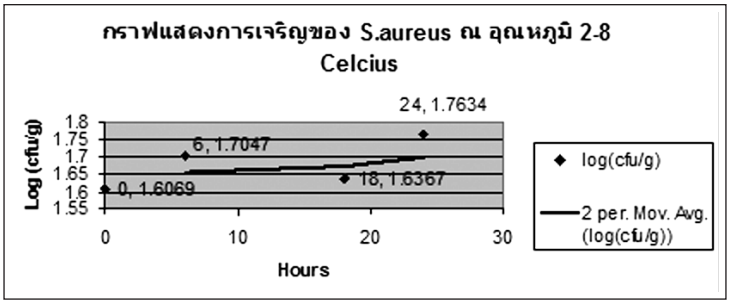
จากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคโดยใช้แบบสัมภาษณ์พบร้อยละ 56.2 บริโภคอาหารสำเร็จรูปทุกมื้อ

การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค 750 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* อยู่ในช่วง 3.4-340 เซลล์/กรัม จำนวน 311ตัวอย่าง ความชุกการปนเปื้อน = 0.415 (= 311/750) พบการปนเปื้อน ≥ 100 เซลล์/กรัม จำนวน 132 ตัวอย่าง ความชุกการปนเปื้อน = 0.176 (= 132/750)

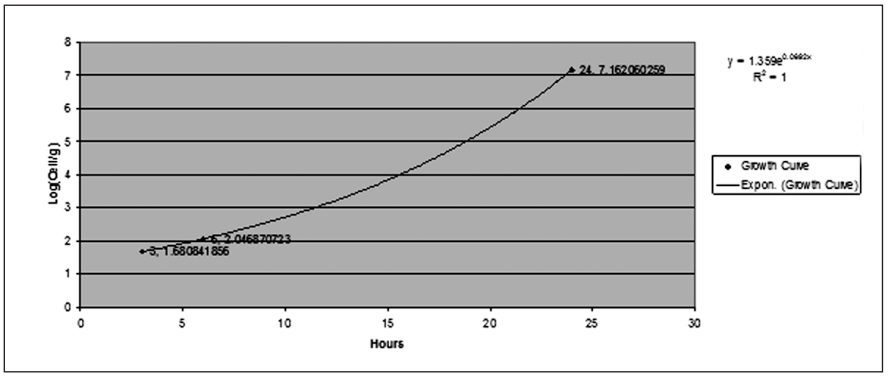
การศึกษาการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ระหว่างการเก็บรักษาก่อนการบริโภคที่อุณหภูมิ 2-8 อาศาเซลเซียส พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในช่วง 0-24 ชั่วโมงไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 1) และที่อุณหภูมิห้องที่ 30 อาศาเซลเซียส เชื้อเพิ่มจาก 1.67 log เป็น 7.15 log (ภาพที่ 2) และเมื่อนำสมการที่ได้จากกราฟมาคำนวณ พบว่าภายใน 14 ชั่วโมง เชื้อจะเพิ่มจาก log 2 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น log 5 เซลล์/มิลลิลิตร (ตารางที่ 1) เมื่อคำนวณหาค่า growth rate ได้ค่าเฉลี่ยของทั้ง 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.248 {log (cfu/ml)/h} (ตารางที่ 2)

การศึกษาอัตราการตายของ *S. aureus* โดยใช้ microwave พบ 1.0, 2.0, 4.0 , 8.0 log (เซลล์/มิลลิลิตร) ที่ 2, 4, 6, 8 นาทีตามลำดับ (ภาพที่ 3) นำสมการที่ได้มาคำนวณสามารถแจงอัตราการลดลงของเชื้อโดยใช้ microwave (ตารางที่ 3)

การศึกษา Water activity ของอาหารพร้อมบริโภค จำนวน 369 ตัวอย่าง พบความชุกของตัวอย่างที่มีปริมาณ water activity ≥ 0.85 เท่ากับ 0.962 (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 1 การเจริญของ *S. aureus* ระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 24 ชั่วโมง ก่อนการบริโภค ณ อุณหภูมิ 2-8 อาศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 การเจริญของ *S. aureus* ระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 24 ชั่วโมง ก่อนการบริโภคที่ อุณหภูมิห้อง (30 อาศาเซลเซียส)

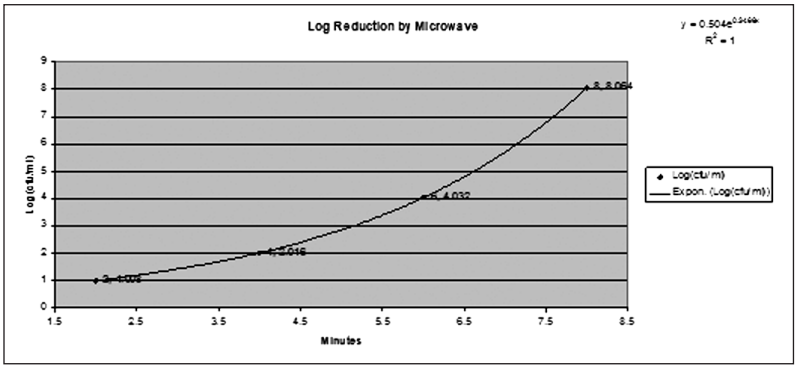
ตารางที่ 1 การเจริญของ *S. aureus* ระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 24 ชั่วโมง ก่อนการบริโภค ณ อุณหภูมิห้อง (30 อาศาเซลเซียส)

Hour	Log (cfu/ml)	cfu/ml	Hour	Log (cfu/ml)	cfu/ml	Hour	Log (cfu/ml)	Cfu/ml
1	1.4564	28.60	9	2.5332	341.35	17	4.4063	25485.90
2	1.5607	36.37	10	2.7147	518.44	18	4.7219	52710.85
3	1.6725	47.04	11	2.9092	811.33	19	5.0602	114868.25
4	1.7923	61.99	12	3.1176	1310.99	20	5.4228	264728.07
5	1.9207	83.31	13	3.341	2192.80	21	5.8113	647589.80
6	2.0584	114.39	14	3.5803	3804.52	22	6.2276	1688884.69
7	2.2058	160.62	15	3.8368	6867.52	23	6.6738	4718456.98
8	2.3639	231.15	16	4.1117	12933.02	24	7.1519	14187308.09

ตารางที่ 2 การศึกษาการเจริญของเชื้อที่ 30 องศาเซลเซียส

Hours	Study design (log(cfu/ml)	Growth rate (log(cfu/ml)/h)	Hours	Study design (log(cfu/ml)	Growth rate (log(cfu/ml)/h)
1	1.4564	-	13	3.3410	0.2234
2	1.5607	0.1043	14	3.5803	0.2393
3	1.6725	0.1118	15	3.8368	0.2565
4	1.7923	0.1198	16	4.1117	0.2749
5	1.9207	0.1284	17	4.4063	0.2946
6	2.0584	0.1377	18	4.7219	0.3156
7	2.2058	0.1474	19	5.0602	0.3383
8	2.3639	0.1581	20	5.4228	0.3626
9	2.5332	0.1693	21	5.8113	0.3885
10	2.7147	0.1815	22	6.2276	0.4163
11	2.9092	0.1945	23	6.6738	0.4462
12	3.1176	0.2084	24	7.1519	0.4781
				Growth rate	Average 0.248

การประมาณความน่าจะเป็นของโอกาสการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคโดยใช้ข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนที่ตรวจพบ *S.aureus* ประเมินความถี่ของปริมาณปนเปื้อนในระดับต่าง ๆ โดยใช้ Gumbel's method[21] และความน่าจะเป็นของเชื้อที่ปนเปื้อน *S. aureus* ในตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภค (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 3 แสดงอัตราการตายของ S. aureus โดยใช้ microwave

ตารางที่ 3 อัตราการตายของเชื้อโดยการให้ความร้อนด้วย microwave

นาที	Log (เซลล์/มิลลิลิตร)	นาที	Log (เซลล์/มิลลิลิตร)	นาที	Log (เซลล์/มิลลิลิตร)
1	0.7116	6	3.9933	11	22.4082
2	1.0048	7	5.6382	12	31.6390
3	1.4187	8	7.9608	13	44.6724
4	2.0031	9	11.2402	14	63.0747
5	2.8282	10	15.8705	15	89.0577

การคำนวณความน่าจะเป็นของความเสี่ยงเนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนก่อนการบริโภค ข้อมูลจากการสำรวจพบว่าจำนวนร้อยละของการบริโภคอาหารพร้อมบริโภค อาหารคาว ขนมหวาน และเบเกอรี่โดยไม่ผ่านความร้อน คือร้อยละ 51.9, 55.3 และ 66.0 ตามลำดับ คิดเป็นความน่าจะเป็น 0.519, 0.553 และ 0.660 เฉลี่ยของความเสี่ยง คือ = (0.559 + 0.553 + 0.660)/3 = 0.5773

การคำนวณความน่าจะเป็น[22-25] ของโอกาสประชากรที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ข้อมูลจากการสำรวจพบว่า จำนวนร้อยละของการบริโภคอาหารสำเร็จรูป อาหารคาว ขนมหวาน และเบเกอรี่ทุกมื้อ คือ 40.7%, 7.2% และ 8.3% ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละของโอกาสความเสี่ยง = (40.7 + 7.2 + 8.3) = 56.2% หรือมีความน่าจะเป็นของความเสี่ยง คือ 0.562

การคำนวณโอกาสความน่าจะเป็นของการบริโภคอาหารสำเร็จรูปที่มีการปนเปื้อนตั้งแต่ 100 เซลล์/กรัม = 0.0263 + 0.0277 + 0.0291 + 0.0305 + 0.0319 + 0.0332 + 0.0346 + 0.0360 + 0.0374 + 0.0388) = 0.3255 (ตารางที่ 6)

การประเมินความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยที่เกิดจากเชื้อ *S. Aureus* ของประชากร 100,000 คน/ปี ที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมบริโภค โดยคำนวณจากข้อมูลการสำรวจและผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการได้แก่

ความชุกของการปนเปื้อนเชื้อ *S.aureus* ≥100 เซลล์/กรัม = 0.176

ความถี่ของการบริโภคอาหารสำเร็จรูปจากแบบสำรวจทุกมื้อ (ครั้ง/ปี) = 365 × 3

ความน่าจะเป็นของอาหารสำเร็จรูปที่มี water activity ≥ 0.85 = 0.962

ความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในการบริโภคอาหารสำเร็จรูปจากแบบสำรวจ (ทุกมื้อ) = 0.562

ความน่าจะเป็นของการบริโภคอาหารสำเร็จรูปที่ปนเปื้อน ≥ 100 เซลล์/กรัม = 0.3255

ความน่าจะเป็นของความเสี่ยงเนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนก่อนการบริโภค = 0.5773

จำนวนประชากรตัวอย่างที่สำรวจในเขตกรุงเทพมหานคร (คน) = 1,069

((0.176 × 365 × 3 × 0.962 × 0.562 × 0.3255 × 0.5773)/1069) × 100000 = 1,831.5257 ครั้ง

สรุปว่าในหนึ่งปีประชากรในกรุงเทพมหานครมีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากเชื้อ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนในอาหารพร้อมบริโภคจำนวน 1,832 ครั้งต่อประชากร 100,000 คน

จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม @risk 5.5.1 Industrial วิเคราะห์ข้อมูลจากการ

ตารางที่ 4 Probability ของตัวอย่างที่มี water activity ≥ 0.85 = (100 - 3.79 = 96.2)% = 0.962

ชนิดอาหารที่ศึกษา	จำนวนตัวอย่าง	Water activity range	Aw < 0.85 (ตัวอย่าง/%)
อาหารคาวสำเร็จรูป	117	0.67-0.99	5/4.27
ขนมหวาน	115	0.88-0.99	-
ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่	137	0.76-0.98	9/6.56
รวม	369	0.67-0.99	14/3.79%

ตารางที่ 5 การคำนวณความถี่ของการพบเชื้อปริมาณต่าง ๆ โดย Gumbel's Method และความน่าจะเป็นของเชื้อที่ปนเปื้อน *S. aureus* ในตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภค

ปริมาณเชื้อ	ลำดับที่	Reoccurrence	ความถี่ Frequcncy	ความน่าจะการปนเปื้อน	ปริมาณเชื้อ	ลำดับที่	Reoccurrence	ความถี่ Frequcncy	ความน่าจะการปนเปื้อน
3.4	1	312.0000	0.0032	0.0025	69	15	20.8000	0.0481	0.0369
6.9	2	156.0000	0.0064	0.0049	76	16	19.5000	0.0513	0.0394
11	3	104.0000	0.0096	0.0074	84	17	18.3529	0.0545	0.0419
14	4	78.0000	0.0128	0.0099	92	18	17.3333	0.0577	0.0443
18	5	62.4000	0.0160	0.0123	100	19	16.4211	0.0609	0.0468
22	6	52.0000	0.0192	0.0148	110	20	15.6000	0.0641	0.0493
27	7	44.5714	0.0224	0.0172	120	21	14.8571	0.0673	0.0517
31	8	39.0000	0.0256	0.0197	130	22	14.1818	0.0705	0.0542
36	9	34.6667	0.0288	0.0222	160	23	13.5652	0.0737	0.0567
41	10	31.2000	0.0321	0.0246	180	24	13.0000	0.0769	0.0591
46	11	28.3636	0.0353	0.0271	200	25	12.4800	0.0801	0.0616
51	12	26.0000	0.0385	0.0296	230	26	12.0000	0.0833	0.0640
57	13	24.0000	0.0417	0.0320	270	27	11.5556	0.0865	0.0665
63	14	22.2857	0.0449	0.0345	340	28	11.1429	0.0897	0.0690
					ผลรวมของความถี่			1.3013	1.0000

ความน่าจะเป็นของการปนเปื้อนแต่ละระดับ = ความถี่ของการปนเปื้อนแต่ละระดับ/ผลรวมของความถี่ของการปนเปื้อนทุกระดับ

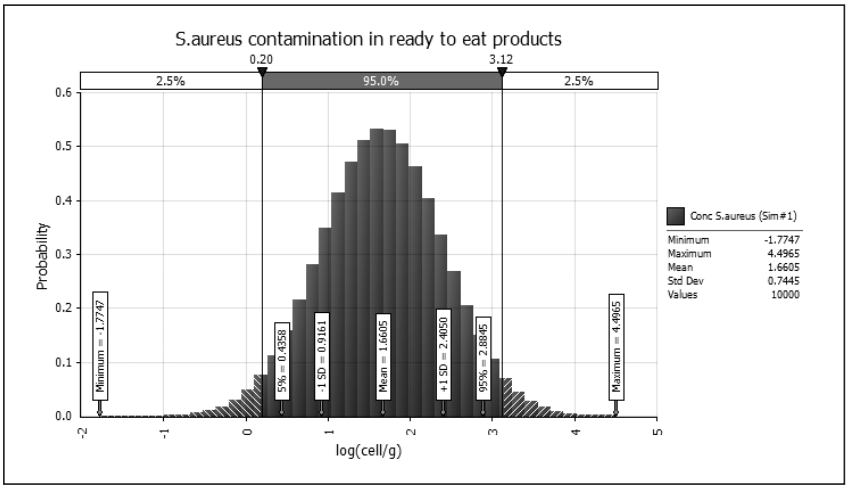
ตารางที่ 6 โอกาสความน่าจะเป็นของการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนตั้งแต่ 100 เซลล์/กรัม

		ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *S.aureus* ในอาหารสำเร็จรูป เซลล์/กรัม										
		100	110	120	130	160	180	200	230	270	340	
คน	Prob	0.0468	0.0493	0.0517	0.0542	0.0567	0.0591	0.0616	0.0640	0.0665	0.0690	
N43.8%	0.438	0.0205	0.0216	0.0226	0.0237	0.0248	0.0259	0.0270	0.0280	0.0291	0.0302	
Y56.2%	0.562	0.0263	0.0277	0.0291	0.0305	0.0319	0.0332	0.0346	0.0360	0.0374	0.0388	0.3255
100	1											

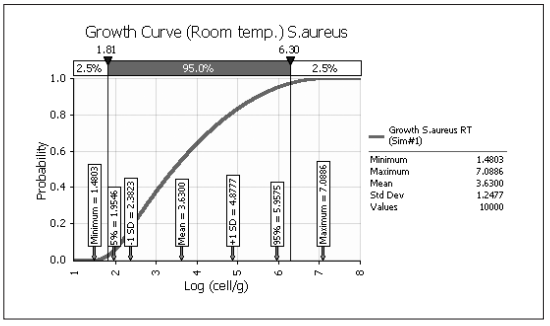
N = ประชากรที่ไม่บริโภคอาหารสำเร็จรูปและบริโภคบางมื้อ Y = ประชากรที่บริโภคอาหารสำเร็จรูปทุกมื้อ

ทดสอบคือ ปริมาณปนเปื้อนในอาหาร การเจริญของเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) การลดลงของเชื้อหลังการให้ความร้อน (microwave) และปริมาณอาหารที่บริโภค (แบบสำรวจ) พบว่าได้แบบจำลองดังนี้ การกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อน (Contamination distribution) การกระจายของข้อมูลการเจริญ (Growth distribution) ของเชื้อ ณ อุณหภูมิ 30 อาศาเซลเซียส การกระจายของข้อมูลการลดลงของเชื้อหลังการให้ความร้อนด้วย microwave (Inactivated distribution) การกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนหลังการให้ความร้อน (Dose output distribution) การกระจายของข้อมูลปริมาณการบริโภค (Amount consume distribution) และการกระจายของข้อมูลปริมาณที่ถูกบริโภค Ingested dose distribution (ภาพที่ 4-9) ตามลำดับ

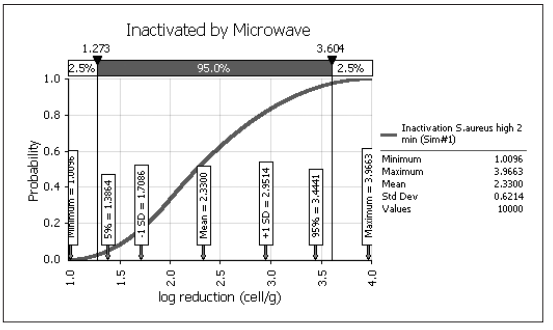
จากการสร้างแบบจำลอง Tonado display (sensitivity analysis) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การปนเปื้อน การเจริญ การใช้ความร้อน และปริมาณการบริโภค โดยแสดงในรูป correlation coefficient (Spearman rank) พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในขณะตั้งทิ้งไว้ก่อนการบริโภค (Growth = 0.81) และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น (Conc. = 0.46) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ถูกทำลายด้วยกระบวนการให้ความร้อนจาก microwave (Inactivation = -0.27) และค่าเฉลี่ยของปริมาณการบริโภค (Consume = 0.08) (ภาพที่ 10)



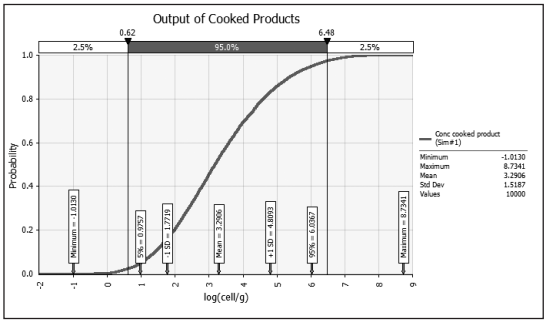
ภาพที่ 4 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อน (Contamination distribution)



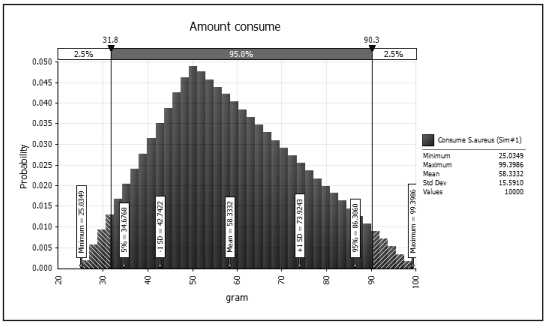
ภาพที่ 5 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลการเจริญ (Growth distribution) ของเชื้อ ณ อุณหภูมิ 30 อาศาเซลเซียส



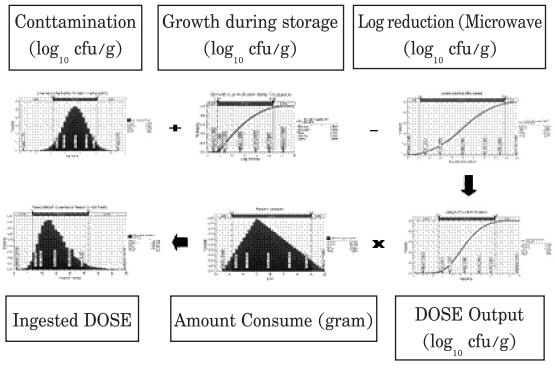
ภาพที่ 6 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลการลดลงของเชื้อหลังการให้ความร้อนด้วย microwave (Inactivated distribution)



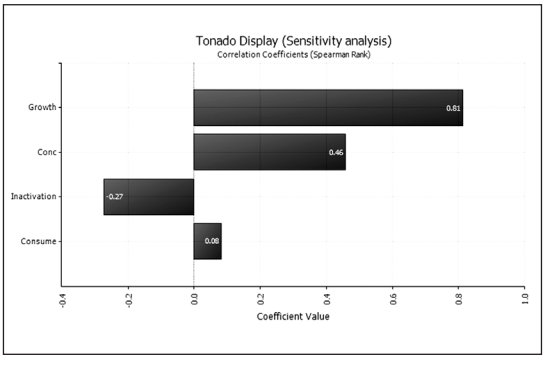
ภาพที่ 7 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนหลังการให้ความร้อน (Dose output distribution)



ภาพที่ 8 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณการบริโภค (Amount consume distribution)



ภาพที่ 9 แบบจำลองการกระจายของข้อมูลปริมาณที่ถูกบริโภค Ingested dose distribution



ภาพที่ 10 แบบจำลองแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง การปนเปื้อน การเจริญ การให้ความร้อน ปริมาณบริโภค โดยใช้ Correlation coefficient (Spearman rank)

วิจารณ์

การประเมินโอกาสเกิดการเจ็บป่วย ปกติควรใช้ค่าที่ได้จากข้อมูลเชิงปริมาณการระบาดของเชื้อนั้น ๆ ที่เกิดขึ้นในประเทศ ซึ่งต้องมีการเก็บข้อมูลที่มีการระบาดเกิดขึ้นแต่ละครั้ง บันทึกปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนในอาหารที่เป็นสาเหตุของการระบาดและจำนวนผู้ที่เกิดการเจ็บป่วย โดยการระบาดหนึ่งครั้งเป็นหนึ่งข้อมูล นำข้อมูลที่เก็บได้ซึ่งต้องมากพอมาแจกแจงเป็นแบบจำลองของประเทศโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น @risk แล้วนำมาประเมินหาค่า infectivity dose เพื่อนำมาประเมินร่วมกับค่า ingested dose ที่ได้จากการศึกษา และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น @risk แจกแจงในรูปแบบจำลองลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization)[11, 12] แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณการระบาดของเชื้อ *S.aureus* ในประเทศมากพอที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้การคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสำรวจแทนการนำค่า infectivity dose ของประเทศอื่นที่มีรายงานอยู่ในเอกสารวิชาการมาใช้การประเมินความเสี่ยงขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและการสืบค้น ข้อมูลการศึกษาในประเทศมีค่อนข้างน้อยถึงไม่มีเลย บางข้อมูลไม่สามารถสอบย้อนถึงที่มาของการทดสอบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถนำมาประกอบในการประเมินความเสี่ยงได้ การนำเสนอข้อมูลเพื่อเผยแพร่หรือตีพิมพ์ในวารสารผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องใส่เนื้อหาในการทดสอบให้เพียงพอที่จะสามารถแสดงถึงความถูกต้องของผลการทดสอบที่นำเสนอ ทั้งนี้เพื่อให้นำข้อมูลไปอ้างอิงได้ อย่างไรก็ตามการสื่อสารความเสี่ยงแก่ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งห่วงโซ่อาหาร คือ ผู้ควบคุม ผู้ประกอบอาหาร ผู้บริโภค ทำให้สามารถจัดการอาหารให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและบรรลุวัตถุประสงค์ระดับหนึ่ง

คณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลความชุกของการปนเปื้อน *S.aureus* ≥ 100 เซลล์/กรัม เนื่องจากข้อมูลระบาดวิทยาพบว่า เชื้อปริมาณดังกล่าวมีโอกาสเพิ่มขึ้นจนถึงระดับ $>10^6$ เซลล์/กรัม ซึ่งสามารถสร้างสารพิษได้ และพบว่าสารพิษ 1 ไมโครกรัมอาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ และข้อมูลความชุกของอาหารพร้อมบริโภคที่มีปริมาณน้ำอิสระตั้งแต่ 0.85 ซึ่งเชื้อนี้สามารถเจริญได้ นอกจากนั้นยังได้นำข้อมูลความน่าจะเป็นของการบริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนตั้งแต่ 100 เซลล์/กรัม และข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคของประชากรในเขตกรุงเทพมหานครที่ได้จากแบบสำรวจ มาประกอบเพื่อประเมินความเสี่ยงสำหรับการศึกษาครั้งนี้

นอกเหนือการประเมินโอกาสเกิดการเจ็บป่วย ซึ่งระบุเป็นจำนวนครั้งของโอกาสเกิดการเจ็บป่วยต่อประชากร 100,000 คน[11, 12] Tonado display (sensitivity analysis) เป็นแบบจำลองแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เป็นปัจจัยนำเข้าที่ผู้วิจัยได้จากการศึกษา ในรูป rank correlation coefficient โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น @risk 5.5.1 industrial วิเคราะห์ เป็นข้อมูลที่เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความเสี่ยง แสดงว่าการเจริญของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นขณะตั้งทิ้งไว้และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น มีผลกระทบต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ ที่ลดลงจากการให้ความร้อนด้วย microwave ก่อนการบริโภค ซึ่งเป็นผลต่อปริมาณเชื้อที่ผู้บริโภคได้รับ (Output dose) เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้จัดการความเสี่ยงนำไปพิจารณาใช้ในการจัดการความเสี่ยงต่อไป

การศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรียไม่สามารถให้ความถูกต้องได้ร้อยเปอร์เซ็นต์[24, 25] เนื่องจากความไม่คงที่และความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความผิดพลาดของการทดสอบและความไม่คงที่ของชนิดเชื้อ ซึ่งปกติ

แสดงเป็นช่วงค่าระหว่างระดับต่ำสุดและสูงสุดหรือพิสัย เช่น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยที่โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อเบื้องต้น เป็นแบบจำลองของการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและเชื้อที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ คือ Pathogen Modeling Program (PMP)[24, 25] ซึ่งเป็นผลการศึกษา Growth predictor ของ US Department of Agriculture ร่วมกับ UK Institute of Food Research เนื่องจากไม่สามารถระบุเงื่อนไขและสภาวะที่กำหนดเฉพาะในการศึกษาลงในโปรแกรมได้ครบถ้วน จึงต้องดำเนินการศึกษาโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าเมื่อนำผลจากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อที่ 30 อาศาเซลเซียสจากการทดลองครั้งนี้ พบว่าการเจริญของเชื้อเริ่มจากปริมาณเชื้อ log 2 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น log 5 เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณการปนเปื้อนอยู่ในระดับ ที่สามารถสร้างสารพิษได้ในปริมาณสูง[16] ใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง เท่ากัน โดยมีอัตราการเจริญใกล้เคียงกันคือ 0.252 และ 0.248 (log (cfu/มิลลิลิตร)/ชั่วโมง)[24, 25] จากผลการศึกษาและจาก PMP Growth Predictor ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลจากผลการทดลองมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้

การศึกษาพบว่าการเจริญของเชื้อเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความเสี่ยงในการบริโภคจึงต้องให้ความสำคัญในการเก็บรักษาอาหารก่อนการบริโภค การเก็บอาหารในตู้เย็นสามารถหยุดการเจริญของเชื้อที่ปนเปื้อนได้ ในขณะที่การตั้งทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องไม่ควรตั้งไว้เกิน 14 ชั่วโมง เพราะปริมาณเชื้ออาจสามารถเพิ่มขึ้นจนสร้างสารพิษเป็นอันตรายได้

สรุป

การประเมินความเสี่ยงของเชื้อ *S.aureus* ได้จากข้อมูลการสำรวจจำนวนประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร และความถี่ในการบริโภคอาหารสำเร็จรูป รวมทั้งข้อมูลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* และปริมาณน้ำอิสระในอาหารพร้อมบริโภค 3 กลุ่ม จำนวน 750 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพฯ และทดสอบการเจริญของเชื้อในสภาวะที่กำหนดจากอาหารพร้อมบริโภค 3 ประเภท ซึ่งซื้อจากร้านจำหน่ายและเตรียมขึ้นเอง จากข้อมูลดังกล่าวนำมาคำนวณเพื่อประเมินความเสี่ยงของเชื้อ *S.aureus* พบว่าใน 1 ปี ประชากรมีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยจากเชื้อดังกล่าว 1,832 ครั้งต่อประชากร 100,000 คน นอกจากนั้นยังวิเคราะห์โดยการใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป @risk 5.5.1 industrial และสร้างแบบจำลอง Tonado display ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการประเมินความเสี่ยง การศึกษาเรื่องนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบอย่างหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยาได้ นอกจากนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลสุขอนามัยของผู้บริโภคและสุขลักษณะของการประกอบอาหารสามารถนำข้อมูลจากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการให้ความรู้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เป็นผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคและกระทบโดยตรงกับผลการประเมินความเสี่ยง การศึกษาอย่างต่อเนื่องจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันรวมถึงข้อมูลการแจกแจงความแตกต่างระหว่างความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty) และความไม่คงที่ของข้อมูล (Variability) สำหรับการประเมินความเสี่ยงที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นางจุรีภรณ์ บุณยวงศ์วิโรจน์ รองอธิบดี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ทำให้งานวิจัยแล้วเสร็จตามแผนที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

1. Holmberg SD, Blake PA. Staphylococcal food poisoning in the United States. JAMA 1984; 251: 487-9.
2. USFDA Centre for Food Safety and Applied Nutrition. Bad Bug Book: Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook Staphylococcus aureus. [online]. February 2004; Available from: URL: http:/www.cfsan.fda.gov/~mow/chap3.html
3. Bergdoll MS. Staphylococcus aureus. In: Doyle MP, eds. Foodborne bacterial pathogens. New York: Marcel Dekker Inc;1989. p. 463-523.
4. ESR. Staphylococcus aureus. Microbial Pathogen Datasheet. [online]. 2001; Available from: URL: http://www.nzfsa.govt.nz/sciencetechnology/data-sheets/staphylococcus-aureus.pdf
5. Baird-Parker AC. The staphylococci: an introduction. Journal Applied Bacteriology 1990; Symposium Supplement 69: 1S-8S.
6. ICMSF. Microorganisms in food 5: Microbiological specifications of food pathogens. London: Blackie Academic and Professional; 1996. p. 358-9.
7. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. รายงานประจำปี 2551. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2551.
8. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. รายงานประจำปี 2552. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2552.
9. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กองระบาดวิทยา. รายงานเฝ้าระวังโรค ปี พ.ศ. 2549. (เอกสารอัดสำเนา). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2549.
10. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กองระบาดวิทยา. รายงานเฝ้าระวังโรค ปี พ.ศ. 2550. (เอกสารอัดสำเนา). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2550.
11. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กองระบาดวิทยา. รายงานเฝ้าระวังโรค ปี พ.ศ. 2551. (เอกสารอัดสำเนา). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2551.
12. Haas CN, Rose JB, Gerba CP. Quantitative microbial risk assessment. New York: John Wiley & Sons; 1999.
13. Vose D. Risk analysis: A quantitative guide. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 2005.
14. WAKI Multi-oven (Steam grill microwave), MW 9023. Japan.
15. Bacteriological Analytical Manual Chapter 12: Staphylococcus aureus. [online]. January 2001; Available from: URL: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071429.htm
16. MPN calculator updated 29 April 2004 for food, feed and water microbiologists, VB 6 Version.
17. Codex Committee on Food Hygiene (CCFH). Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. Draft guidelines at step 8 of procedure. Alinorm 99/13A, Appendix II. Report of the thirty-first sessions. Rome: Codex Alimentarius Commission; 1998.
18. Al-Mashidani G, Lal Pande BB, Mujda MF. A simple version of Gumbel's method for flood estimation. Hydrological Sciences Bulletin 1978; 23: 373-80.
19. จรัญ จันทลักขณา, อนันต์ชัย เชื่อนธรรม. สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช; 2523.
20. สุรินทร์ ขนาบศักดิ์, บรรณาธิการ. สถิติเบื้องต้น. เชียงใหม่: คณาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2541.

21. พิพัฒน์ เพริศพริ้ง. ความน่าจะเป็น. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.; 2546.
22. @Risk for Excel: Risk analysis add-in for Microsoft Excel, Version 5.5.1. Industrial Edition. Palisade Cooperation: S/N 5012092; 2010.
23. Buchanan RL, Whiting RC. Risk assessment and predictive microbiology. J Food Prot 1996; 59 (Suppl.): 31-6.
24. US Department of Agriculture – Agricultural Research Service's Pathogen Modeling Program [online]. Available from: URL: http://ars.usda.gov/Services/docs.htm/docid=6786.
25. UK Institute of Food Research's Growth Predictor [online]. Available from: URL: http://www.ifr.ac.uk/Safety/GrowthPredictor/default.html

Staphylococcus aureus Risk Assessment for Ready to eat Food in Bangkok

Pensri Rodma Urarat Vuttikornphan Atcha Satjapala Arunee Sornprom and Tanongpan Satjapala

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Amphoe Nontaburi 11000, Thailand

ABSTRACT *Staphylococcus aureus* is one of pathogenic bacteria which causes food borne disease outbreak in Thailand. Therefore the risk assessment of *Staphylococcus aureus* contaminated in ready to eat food product was conducted by Bureau of Quality and Safety of Food. Two hundred and fifty samples of each of product types: Thai dishes, Thai dessert and bakery products were studied. The results revealed that the prevalence contamination of S. aureus ≥ 100 cell/g was 0.176. The frequency evaluation by using Gumbel's method was done in order to express probability of contamination at 3.4 – 340 cell/g. The probability of test samples which contained free water more than 0.85 was 0.962. The probability risk of consuming without heat treatment and at ≥ 100 cell/g contaminated were 0.5773 and 0.3255 respectively. The consumption risks probability calculated from the survey study of 1,069 capita who consume 1095 meals/year was 0.562. The risk assessment of *S. aureus* infection from ready to eat food product consuming was 1,832 illnesses/year/100,000 capita in Bangkok. Further study to support the risk assessment profile was conducted using @risk program to demonstrate the correlation between the contamination before and that after cooking. The Tonado display model (sensitivity analysis) expressed as rank correlation coefficient was obtained. It was found that the decreasing of organism due to microwave heating depend on the initial density as well as the storing duration at room temperature. This information will enable the risk manager to risk management on S.aureus contamination in ready to eat products.

Key words : risk assessment, *S. aureus*, ready to eat food, Bangkok