



Glenn M. Richards, Ph.D., Burke Nelson, Ph.D., and Kate Hawley

บทย่อ

เชื้อลิสเทอเรีย โมโนไซโตเจเนส (Lm) เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเรียกอาหารคืดที่แสนแพง การรักษาตัวในโรงพยาบาลและแม้แต่ความตาย หนึ่งในความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Lm และแบคทีเรียที่แพร่ผ่านอาหารตัวอื่น ๆ คือเชื้อลิสเทอเรียเจอร์กูเดิบโตได้ในอุณหภูมิของตู้เย็นทั่วไปที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารต้านจุลชีพ มาตรฐานอุตสาหกรรมของการทดสอบแบคทีเรียส่วนใหญ่จะดำเนินการที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิร่างกาย) ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุม Lm ไมโครแบนใช้เทคโนโลยี Silvershield ผสานรวมอยู่ในชั้นเคลือบของชั้นเหล็กเพื่อแสดงให้เห็นว่าใน 24 ชั่วโมงสามารถลดเชื้อลิสเทอเรียในตู้เย็นเชิงพาณิชย์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้มากกว่า 99.7% โดยใช้ระเบียบวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ISO 22196

วัตถุประสงค์

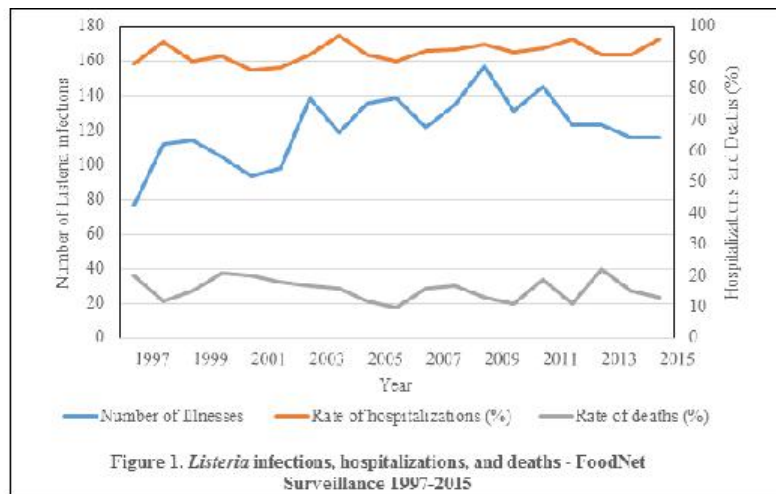
ศึกษาเปรียบเทียบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีตัวเคลือบยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรีย Silvershield ในการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อลิสเทอเรีย โมโนไซโตเจเนสที่ชั้นวางของในตู้เย็นของตู้เย็นเชิงพาณิชย์ซึ่งทำงานที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

บทนำ

เชื้อลิสเทอเรีย โมโนไซโตเจเนส(Lm) เป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ภาวะพิษเหตุติดเชื้อและภาวะแทรกซ้อนในระหว่างตั้งครรภ์ ในปี 1981 เชื้อลิสเทอเรียกลายเป็นแบคทีเรียที่น่ากังวลมากสำหรับอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารเมื่อโรคลิสเทอริโอซิสระบาดในแคนาดา มีผู้ป่วย 41 รายและเสียชีวิต 18 ราย ส่วนใหญ่เป็นสตรีตั้งครรภ์และเด็กทารกแรกเกิด เป็นโรคระบาดที่มีความเชื่อมโยงกับการบริโภคสลัดกะหล่ำปลีโคลสลอร์ที่มีกะหล่ำปลีปนเปื้อน Lm จากมูลแกะ ปัจจุบันประมาณการว่าแต่ละปีใน

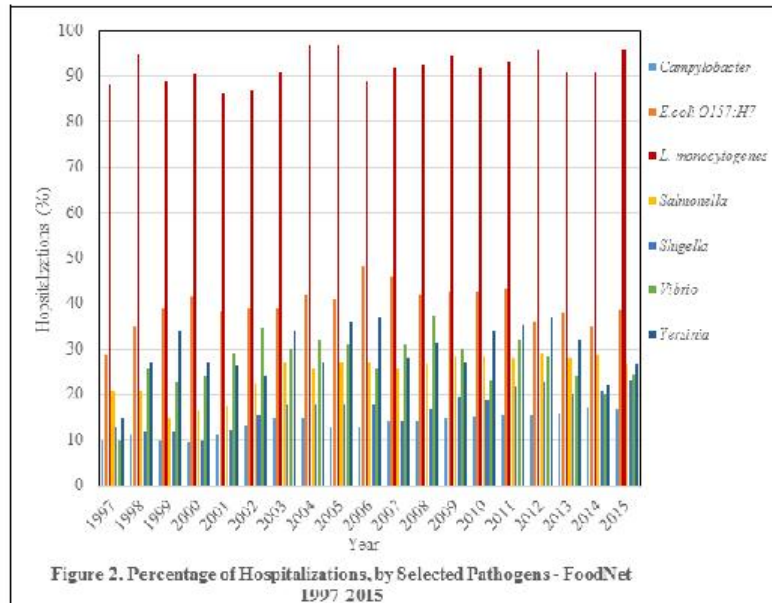
สหรัฐอเมริกาเชื้อลิสเทอเรียเป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยกว่า 1,600 ราย มากกว่า 1,500 รายต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลและมีผู้เสียชีวิตถึง 260 ราย

รูปที่ 1 แสดงข้อมูลทางระบาดวิทยาที่เกิดขึ้นจริงสำหรับโรคที่เกี่ยวข้องกับเชื้อลิสเทอเรีย การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลและการเสียชีวิตในช่วงปี 1997-2014



ตามรายงานการเฝ้าระวังประจำปีของ FoodNet สำหรับปี 1997-2014² พบว่าการติดเชื้อลิสเทอเรียส่งผลให้อัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสูงกว่าเชื้อโรคอื่น ๆ ที่ติดตามได้และมีอัตราการเสียชีวิตต่อปีสูงสุด (รูปที่ 2) เกือบทุกกรณีของโรคลิสเทอริโอซิสที่เกิดขึ้นในคนที่ไม่ใช่เด็กทารกมีความสัมพันธ์กับการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อลิสเทอเรีย ทารกแรกเกิดเป็นโรคลิสเทอริโอซิสได้หากมารดากินอาหารที่ปนเปื้อนในระหว่างตั้งครรภ์และอุบัติการณ์ของการแท้งและการตายคลอดเป็นผลเนื่องมาจากการติดเชื้อลิสเทอเรียในหญิงตั้งครรภ์ disseminates information to provide a foundation for food safety policy and prevention efforts.

1. FoodNet ดำเนินการสำรวจทางห้องปฏิบัติการ การสำรวจแพทย์ และการสำรวจประชากรเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแต่ละชั้นตอนเหล่านี้ ข้อมูลนี้ใช้ในการคำนวณค่าประมาณของจำนวนที่แท้จริงของผู้ป่วย



ความสำคัญของเชื้อลิสเทอเรียที่เป็นเชื้อก่อโรคจากอาหารคือความซับซ้อน ความรุนแรงและอัตราตายของโรคทำให้ต้องใช้มาตรการป้องกันที่เหมาะสม แต่ลักษณะของเชื้อลิสเทอเรียทำลายการกำจัดเชื้อจากสถานประกอบการแปรรูปอาหาร รวมถึงการป้องกันการปนเปื้อนของอาหารแบบพร้อมรับประทาน มีการระบุถึงพื้นที่ผิวสัมผัสหลายแห่งที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อลิสเทอเรียในผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูป: เครื่องมือตัด ภาชนะ ชั้นวางและตะแกรงวางของ มีการใช้หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) และแผนการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) เพื่อประกันความปลอดภัยในระหว่างกระบวนการผลิตแต่เหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงถึงหลายอย่างอาจเกิดขึ้นได้ในห่วงโซ่ยาวจากฟาร์มไปยังลิ้ม เชื้อลิสเทอเรียในอาหารแช่เย็นที่ปนเปื้อนสามารถแพร่กระจายไปยังอาหารที่ไม่ปนเปื้อนทางการสัมผัสอาหารและการรั่วไหลของคาร์บอนไดออกไซด์และยาแนะนำให้ปฏิบัติตามขั้นตอนเพื่อลดโอกาสที่เชื้อลิสเทอเรียจะปนเปื้อนพื้นผิวตู้เย็น: เช็ดสิ่งที่ยกหรือสัมผัสทันที ทำความสะอาดตู้เย็นอย่างสม่ำเสมอ และให้ความสนใจเป็นพิเศษกับผนังภายในและชั้นวางของด้วยการทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนและน้ำยาล้างจานอ่อน ๆ ล้างแล้วเช็ดด้วยผ้าสะอาดหรือกระดาษเช็ดมือให้แห้ง อย่างไรก็ตามประสบการณ์แสดงให้เห็นว่าหลังจากการปนเปื้อนครั้งแรกการทำให้ตู้แช่เย็นกลับไปปราศจากเชื้อลิสเทอเรียไม่ใช่เรื่องง่าย

-
2. เครือข่ายการเฝ้าระวังโรคที่เกิดจากเชื้อโรคในอาหาร (FoodNet) เป็นโครงการความร่วมมือของศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค (CDC) หน่วยงานด้านสาธารณสุขของ 10 รัฐ กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาที่ดูแลความปลอดภัยด้านอาหาร (USDA-FSIS) และองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) FoodNet ระบุจำนวนการติดเชื้อจากเชื้อโรคซึ่งแพร่ทางอาหารที่ได้รับการยืนยันจาก

ห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มาของการติดเชื้อและเผยแพร่ข้อมูลเพื่อเป็นรากฐานสำหรับนโยบายความปลอดภัยด้านอาหารและความพยายามในการป้องกัน

เชื้อลิสเทอเรียถูกแยกออกจากอาหารหลายชนิดเพื่อใช้ในการศึกษา ได้แก่ เนื้อสัตว์และผักที่ยังไม่ได้ปรุงสุก นมและชีสที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ดิบ) รวมทั้งอาหารอื่น ๆ ที่ทำจากนมที่ยังไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ อาหารปรุงสุกหรือแปรรูป รวมทั้งเนยแข็งชนิดนุ่มบางชนิด เนื้อสัตว์แปรรูป (หรือเนื้อสัตว์แบบพร้อมรับประทาน) และอาหารทะเลรมควัน อย่างไรก็ตามการเฝ้าระวังการระบาด และการตรวจสอบลักษณะทางระบาดวิทยาของโรคลิสเทริโอซิสระบุว่าอาหารที่ผ่านการปรุงสำเร็จแบบพร้อมรับประทาน (Ready-to-Eat) บางชนิดเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นตัวส่งผ่านโรคลิสเทริโอซิสในประชากรที่อ่อนแอ การปนเปื้อนภายหลังการแปรรูปดูเหมือนจะเป็นเส้นทางการปนเปื้อนเชื้อลิสเทอเรียในอาหารแปรรูป ในขณะที่ขั้นตอนการใช้ความร้อน เช่น การทำอาหารและการฆ่าเชื้อจะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แต่การปนเปื้อนของเชื้อลิสเทอเรียอาจเกิดขึ้นหลังการปรุงอาหารในโรงงานแต่เป็นช่วงก่อนที่จะบรรจุลงภาชนะ บรรจุภัณฑ์และเคาน์เตอร์อาหารสำเร็จรูปที่มีเนื้อสัตว์ปรุงสุกแบบพร้อมรับประทาน (RTE) เป็นจุดที่เป็นไปได้ว่าจะมีการปนเปื้อนหลังการแปรรูป อาหาร RTE ซึ่งเป็นพาหะปกติของเชื้อลิสเทอเรียมักเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น

เชื้อลิสเทอเรียแตกต่างจากแบคทีเรียส่วนใหญ่เพราะมันสามารถเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ในอาหาร RTE ที่เก็บไว้ในตู้เย็น นอกจากนี้การใช้การสุกอบที่มีประสิทธิภาพเป็นเรื่องยากเพราะเชื้อลิสเทอเรียยึดเกาะกับพื้นผิวสัมผัสอาหารและสร้างแผ่นไบโอฟิล์ม เชื้อลิสเทอเรียสามารถอยู่รอดได้บนพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหาร เช่น พื้นผิวสแตนเลสของเครื่องตัดและปนเปื้อนซ้ำ ๆ ในเนื้อสัตว์แบบพร้อมรับประทาน สภาพแวดล้อมที่เย็นและเปียกชื้นในโรงงานแปรรูปอาหารและตู้เย็นเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อลิสเทอเรียเพราะเป็นแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำมันจึงมีชีวิตรอดและเติบโตในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ 4-0) ° C) อย่างในอาหารและในโรงงานแปรรูปอาหารได้เป็นเวลานาน เชื้อลิสเทอเรียแตกต่างจากเชื้อโรคส่วนใหญ่ที่แพร่ผ่านอาหารตรงที่มันสามารถแพร่กระจายเข้าสู่โรงงานแปรรูปอาหารด้วยวิธีต่าง ๆ และทนต่อสภาวะแวดล้อมที่หลากหลายรวมทั้งอุณหภูมิต่ำได้

การเรียกคืนอาหารหมายถึงค่าใช้จ่ายที่สูงทั้งทางสุขภาพและทางเศรษฐกิจ ตามประมาณการจากฝ่ายวิจัยด้านเศรษฐกิจของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา) USDA / ERS) ในปี 2013 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของการเจ็บป่วยจาก *Listeria monocytogenes* มีมูลค่าสูงกว่า 2.8 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ แม้ว่าค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจจะมีราคาแพงสำหรับผู้ผลิต ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีกและผู้บริโภค แต่การคำนวณโดยประมาณนั้นยังไม่ได้รวมค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมอาหาร การสูญเสียความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในแบรนด์หรือธุรกิจ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเรียกคืนสินค้า หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินคดี และยังไม่ได้รวมค่าใช้จ่ายของผู้เสียหายสำหรับหน่วยงานด้านสุขภาพระดับท้องถิ่น ระดับรัฐและระดับรัฐบาลกลางที่ต้อง

รับมือกับการแพร่ระบาด ตารางที่ 1 แสดงการเรียกคืนอาหารประเภท I ที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของเชื้อลิสเทอเรีย 3 ในช่วงทศวรรษ 2005-2015 การปนเปื้อนของเชื้อ L. monocytogenes ทำให้เรียกคืนอาหาร 18% อาหารทั้งหมด 127 ชนิด เป็นอาหารกว่า 9 ล้านปอนด์

ตารางที่ 1 การเรียกคืนอาหารที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของเชื้อลิสเทอเรีย, 2005-2015

Year	Number of Recalls	Percent of All Recalls	Pounds of Food Recalled
2005	30	57	3,430,847
2006	5	18	48,346
2007	11	19	2,996,628
2008	15	28	3,195,661
2009	8	12	17,311
2010	8	11	381,144
2011	11	11	525,998
2012	16	20	439,848
2013	9	12	784,330
2014	7	7	270,926
2015	5	4	82,547

เทคโนโลยี Silvershield® ของไมโครแบน

การออกแบบอุปกรณ์สุขาภิบาล (SED) เป็นองค์ประกอบหลักของโปรแกรมความปลอดภัยด้านอาหาร ในปี 2014 สถาบันเนื้อแห่งสหรัฐอเมริกา (AMI) ได้สรุปหลักการ SED สิบประการเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์การทำอาหาร การก่อสร้างและการใช้งาน AMI แนะนำให้มีการออกแบบอุปกรณ์อาหารเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เชื้อแบคทีเรียเข้ามา รอดชีวิตและเติบโตทั้งบนผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์และด้านที่ไม่ใช่ผิวสัมผัสของเครื่องมือ ตลอดจนการก่อสร้างเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผลตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ วัสดุที่ใช้สำหรับทำอุปกรณ์ต้องเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์สิ่งแวดล้อม สารเคมีทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรครวมถึงวิธีการทำความสะอาดและสุขาภิบาล พื้นผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต้องทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นพิษ และไม่ดูดซับของเหลว

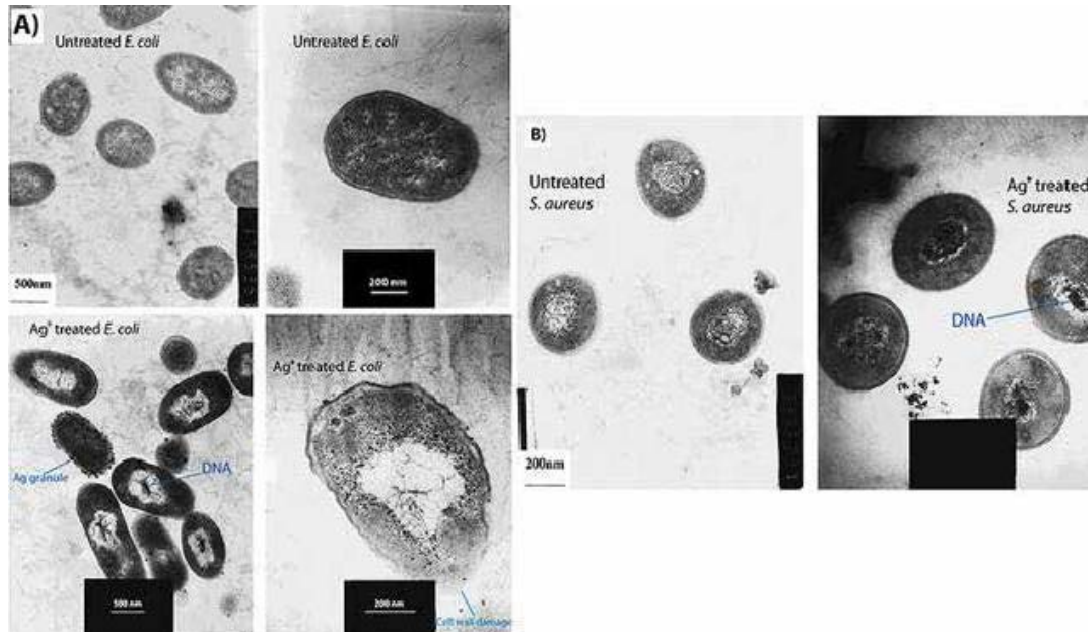
-
- การเรียกคืนการเรียกคืนอาหารเป็นการกระทำโดยสมัครใจของผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเพื่อปกป้องสาธารณชนจากผลิตภัณฑ์ที่อาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพหรืออาจถึงแก่ชีวิต การเรียกคืนมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารออกจากการค้าขายเมื่อมีเหตุผลที่จะเชื่อว่าผลิตภัณฑ์อาจมีการปลอมปนหรือมีการปิดฉลากสินค้าไม่ถูกต้อง การเรียกคืนจะดำเนินการโดยผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายบางครั้งตามคำ

ร้องขอของหน่วยงานตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร (FSIS) การเรียกคืนทั้งหมดเป็นการกระทำโดยสมัครใจ อย่างไรก็ตามหากบริษัทปฏิเสธที่จะเรียกคืนผลิตภัณฑ์ FSIS มีอำนาจตามกฎหมายที่จะกักและยึดผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจากการวางขายได้ <http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/home>

โรคลิสเทอริโอซิสมีอัตราป่วยและอัตราการเสียชีวิตสูงบวกกับความถี่ของโรคระบาดที่อยู่ในความสนใจของสาธารณชนจึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางใหม่ในการควบคุมการอยู่รอดและเติบโตของเชื้อลิสเทอเรียบนพื้นผิวตู้เย็น มาตรการแบบดั้งเดิมที่ใช้จัดการการปนเปื้อนพื้นผิวเพื่อลดโอกาสที่เชื้อลิสเทอเรียจะปนเปื้อนผลิตภัณฑ์อาหารไม่ประสบความสำเร็จเพราะจากประสบการณ์แสดงให้เห็นว่าหลังจากการปนเปื้อนครั้งแรกการทำให้ตู้แช่เย็นกลับไปปราศจากเชื้อลิสเทอเรียไม่ใช่เรื่องง่าย การผสมผสานเทคโนโลยีธาตุเงินด้านจุลชีพในการเคลือบพื้นผิวตามมาตรการออกแบบอุปกรณ์สุขาภิบาลเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการอยู่รอดของเชื้อลิสเทอเรียถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการรักษาพื้นผิวตู้เย็นหลังจากการปนเปื้อนเชื้อลิสเทอเรีย

วิธีหนึ่งในการต่อต้านการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียคือเทคโนโลยีไอออนเงิน หลายศตวรรษที่ผ่านมาวัฒนธรรมทั่วโลกพึ่งพาคุณสมบัติด้านจุลชีพของธาตุเงินเพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอาหารและน้ำ ในปี 1884 เป็นเรื่องธรรมดาที่จะใช้ซิลเวอร์ไนเตรทในรูปของเหลวหยอดตาเด็กแรกเกิดเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียไนซีซีเรีย โคโนร์เรีย (*Neisseria gonorrhoeae* เชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคหนองใน) จากแม่ที่ติดเชื้อไปยังลูกในระหว่างการคลอดบุตร อย่างไรก็ตามกลไกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเพียงมีการศึกษาและชี้แจงเมื่อไม่นานมานี้ กลไกการทำงานที่แนะนำคือธาตุเงินจะเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อทำให้เกิดความเสียหาย การศึกษามากมายพบว่าคุณสมบัติในการต้านจุลชีพของธาตุเงินเป็นผลมาจากแตกตัวเป็นประจุบวก Ag⁺ และความสามารถในการทำลายเซลล์โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับโปรตีนที่มีไทออลหรือกำมะถันและดีเอ็นเอ รูปที่ 3 แสดงให้เห็นการจัดการแบคทีเรียสเตรปโตคอคคัส แกรมบวก (*Staphylococcus aureus*) และแบคทีเรียอีโคไล แกรมลบ (*E. coli*) ด้วยไอออนเงิน (Ag⁺) ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายได้

4 Feng, Q.L. , Wu, J. , Chen, G.Q. , Cui, F.Z. , Kim, T.N. , Kim, J.O. การศึกษากลไกของผลการต้านเชื้อแบคทีเรียของไอออนเงินบน *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* จากวารสาร Journal of Biomedical Materials Research ส่วน A. 2000 เล่มที่ 52 ฉบับที่ 4 หน้า 662-668



รูปที่ 3: การรักษาเซลล์ด้วย Ag+ ทำให้เกิดการควบแน่นของดีเอ็นเอ ผนังเซลล์เสียหาย และการจับตัวเป็นเม็ดของธาตุเงิน (A) *E. coli* และ (B) เซลล์ *S. aureus* ที่มีและไม่มีการใช้ Ag+ ผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Feng et al., 2000)

เทคโนโลยี Silvershield ของไมโครแบนเป็นเทคโนโลยีธาตุเงินที่ทำจากแก้ว ไอออนเงินจะถูกนำมาใส่ลงในเมทริกซ์แก้วอสัณฐานที่ถูกบดจนเป็นอนุภาคละเอียด อนุภาคเหล่านี้สามารถนำมารวมกันในพื้นผิวหรือตัวเคลือบพื้นผิวได้ในระดับที่ต่ำมากและออกแบบมาเพื่อปล่อยไอออนเงินเมื่อมีความชื้น อัตราการปลดปล่อยจะได้รับการควบคุมจากโครงสร้างอสัณฐานของแก้วทำให้สามารถควบคุมอย่างยอดเยี่ยมและยืนยาว เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีธาตุเงินอื่น ๆ อนุภาคแก้วมีความแข็งแรงสูงและทนอุณหภูมิได้สูง (> 600 องศาเซลเซียส) ดังนั้นจึงเหมาะกับการรวมตัวเข้ากับโพลีเมอร์ส่วนใหญ่

การทดสอบอุปกรณ์และการติดตั้ง

ในการสร้างพื้นผิวชั้นวางที่เคลือบด้วยสารต้านจุลชีพ ไมโครแบนผสมผง Silvershield กับผงเคลือบโพลีเอสเตอร์มาตรฐานที่ใช้เคลือบชั้นวางของในตู้เย็น ส่วนผสมของผงเคลือบนี้จะนำไปพ่นและเคลือบบนชั้นเหล็กที่โรงงานผลิต ชั้นวางที่เคลือบและชั้นวางที่ไม่ได้เคลือบสารต้านจุลชีพแตกต่างกันแค่วัสดุเคลือบที่

เป็น Silvershield กระบวนการผลิต การตกแต่งหรือความสวยงามของตัวอย่างทั้งสองชั้นไม่แตกต่างกัน ตัวอย่างเหล่านี้จะส่งไปที่ไมโครแบนและถูกตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2" x 2" ตามที่กำหนดไว้ในระเบียบวิธีการทดสอบทางจุลชีววิทยา จะมีการเตรียมตัวอย่างที่มี Silvershield ต่างเกรด ต่างระดับซึ่งตัวอย่างทั้งหมดจะใส่ปริมาณสารเติมแต่งตามคำแนะนำจากผลการลงทะเบียนผลิตภัณฑ์ของ EPA

สำหรับการศึกษานี้ได้มีการติดตั้งและจัดทำตู้เย็นเชิงพาณิชย์ขนาด 4 ฟุตพร้อมชั้นวางห้าชั้นในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของไมโครแบนตามคำแนะนำของผู้ผลิต มีการจัดวางของเข้าเครื่องและตั้งอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส ใช้เหยือกน้ำเพื่อเพิ่มมวลความร้อนและจำลองผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บในตู้เย็น มีการตรวจสอบอุณหภูมิหลาย ๆ ตำแหน่งภายในตู้เย็นตลอดระยะเวลาการศึกษาและพบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง ± 2 องศาเซลเซียสตลอดช่วงวัฏจักรการทดสอบ ใช้แผ่นเหล็กเคลือบผง 5 กลุ่ม (2"x 2") เป็นตัวแทนวัสดุที่ไม่ได้ใช้ผงเคลือบด้านจุลชีพและตัวแทนของวัสดุเคลือบเทคโนโลยีผสมสารธาตุเงินด้านจุลชีพเพื่อจำลองพื้นผิวของชั้นวางในตู้เย็น แผ่นวัสดุเหล่านี้จะวางอยู่ในจานเพาะเลี้ยง จากนั้นจึงวางจานเหล่านี้ลงบนชั้นวางในตู้เย็นโดยใช้วิธีการสุ่มแบบสถิติเพื่อลดผลกระทบของอุณหภูมิในท้องถิ่นแล้วจึงปล่อยให้ปรับตัวกับสภาพอากาศ 48 ชั่วโมงก่อนการปลูกเชื้อ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4. เครื่องทำความเย็นเชิงพาณิชย์ที่จัดวางของเข้าเครื่องตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยใช้เหยือกน้ำสำหรับมวลความร้อนและบรรจุด้วยแผ่นวัสดุที่เคลือบด้วยผงเคลือบและปลูกเชื้อ

แผ่นวัสดุที่ปรับสภาพแล้วได้รับเชื้อ *L. monocytogenes* จำนวน 106 CFU / ml (ATCC # 43256 – CDC strain designation F2380) จานที่บรรจุแผ่นวัสดุปลูกเชื้อไว้ถูกบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จำนวนจุลชีพที่รอดตายกลับพื้นผิวที่เวลา 0 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง 72 ชั่วโมงและ 1 สัปดาห์ หลังการปลูกเชื้อ การฟื้นตัวและการนับจำนวนประชากรที่รอดตายของเชื้อลิสเทอเรียในแต่ละช่วงเวลาได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 22196 (ยกเว้นอุณหภูมิในการบ่มที่ 4 องศาเซลเซียสแทนที่จะเป็น 36 องศาเซลเซียสและมีการระบุเวลาในการบ่มแทนที่จะกำหนดไว้ที่ 24 ชั่วโมง) ในการวัดประสิทธิภาพการควบคุม

เชื้อลิสเทอเรียในเชิงปริมาณของเทคโนโลยี Silvershield ของไมโครแบน จำนวนจุลชีพที่พื้นผิวจากแผ่นวัสดุที่ใช้ Silvershield จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับพื้นผิวบนแผ่นวัสดุที่ไม่ได้ใช้สารต้านจุลชีพในช่วงการพื้นผิวแต่ละช่วง (รูปที่ 5) ผลที่ดีที่สุดจากสูตร Silvershield จะกล่าวถึงที่ด้านล่าง

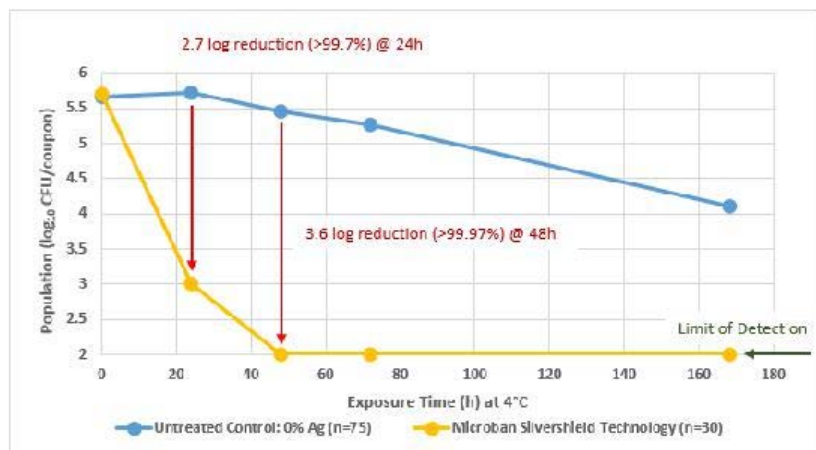
ข้อมูลที่วางไว้ในรูปที่ 5 เป็นผลสะสมของการทดลองสองรอบโดยที่จุดข้อมูลของตัวอย่างที่ใช้สารต้านจุลชีพจะเป็นแบบสามเท่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้สารต้านจุลชีพจะเป็นแบบสี่เท่า มีสองประเด็นสำคัญดังนี้:

1. เชื้อลิสเทอเรียสามารถอยู่รอดได้เป็นเวลานานบนพื้นผิวตู้เย็นเคลือบผงที่ไม่ใช้สารต้านจุลชีพ ภายใต้สภาวะการทดสอบเฉพาะนี้เชื้อการปลูกเชื้อครั้งแรกยังคงเจริญเติบโตได้เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดสอบที่กินเวลานานเป็นสัปดาห์
2. สำหรับชั้นวางที่เคลือบ Silvershield จำนวนเชื้อลิสเทอเรียที่พื้นผิวบนแผ่นวัสดุบนชั้นวางระบุว่าจำนวนประชากรของจุลชีพลดลง

a.> 99.7% ภายใน 24 ชั่วโมง

b.> 99.97% ภายใน 48 ชั่วโมง

เมื่อเทียบกับการเติบโตบนแผ่นวัสดุบนชั้นวางที่ไม่ใช้สารต้านจุลชีพ



³ Equipment detection limit for counting organisms = 100 CFU/mL

รูปที่ 5 การอยู่รอดของเชื้อลิสเทอเรียบนพื้นผิวตู้เย็นที่เคลือบผิวด้วยผงเคลือบที่ไม่ใช้สารต้านจุลชีพ

ผลลัพธ์นี้ใช้โปรโตคอล ISO 22196 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

การปนเปื้อนเชื้อลิสเทอเรียของพื้นผิวสัมผัสอาหารในสภาพแวดล้อมการให้บริการแปรรูปอาหารเป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภค ผู้ผลิตและผู้ค้าปลีกเสียค่าใช้จ่ายราคาแพง มาตรการแบบดั้งเดิมในการจัดการการปนเปื้อน

โดยการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและพื้นผิวให้เป็นสถานะปลอดเชื้อลิสเทอเรียไม่ประสบความสำเร็จเพราะเชื้อลิสเทอเรียสามารถสร้างไบโอฟิล์มบนพื้นผิวได้ การศึกษาแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเชื้อแอล. โมโนไซโตจีนีสถูกห่อหุ้มไว้ในไบโอฟิล์มที่มีแบคทีเรียหลากหลายชนิดจะทนต่อสารฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ เช่น ไฮโปคลอไรท์ สารฆ่าเชื้อโรคที่โดยปกติมีประสิทธิภาพจะไร้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อแอล. โมโนไซโตจีนีสเมื่อมันฝังตัวอยู่ในไบโอฟิล์ม (1) การรวมอุปกรณ์สุขาภิบาลเข้ากับอุปกรณ์การแปรรูป การเก็บรักษาและการจัดวางควรพิจารณาว่าเป็นส่วนหนึ่งของการทำความสะอาดและสุขาภิบาลที่ต้องทำเป็นประจำ มีการระบุระบบมากมายในการนำธาตุเงินมาเป็นสารต้านจุลชีพซึ่งหนึ่งในนั้นคือ ผงเคลือบผิว (2) ข้อมูลเปรียบเทียบจากการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อผสมผสานเทคโนโลยี Silvershield ของไมโครแบนไว้ในพื้นผิวที่เคลือบผงแล้วจะมีผลในการจำกัดการอยู่รอดและเติบโตของเชื้อลิสเทอเรียซึ่งในกรณีนี้คือชั้นวางของในตู้เย็น จำนวนจุลชีพที่ลดลง >99.7% ใน 24 ชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างบนชั้นวางของที่เคลือบ Silvershield กับตัวอย่างที่ไม่มีสารต้านจุลชีพโดยใช้ระเบียบวิธีทดสอบ ISO 22196

1. Bagge-Ravn, D., Gardshodn, K., Gram, L., and B.F. Vogel. 2003. Comparison of Sodium Hypochlorite-Based Foam and Peroxyacetic Acid-Based Fog Sanitizing Procedures in a Salmon Smokehouse: Survival of the General Microflora and *Listeria monocytogenes*. *J. Food Protection*, 66: 592–598

2. Campoccia, D., Montanaro, L. and C.R. Arciola. 2013. Review A review of the biomaterials technologies for infection-resistant surfaces. *Biomaterials* 34: 8533-8554 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2013.07.089>