

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. ขุดโครงการวิจัย : แผนงานวิจัยพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

2. โครงการวิจัย : การตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรในห่วงโซ่การผลิต

กิจกรรม : 3. การตรวจสอบคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของสินค้าเกษตรด้านพืช

3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : 3.3 การตรวจสอบคุณภาพการป้องกันเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์พืชผักและผลไม้
บรรจุกระป๋อง

ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Analysis of Tin Coating Weight in Metal Cans for Vegetable
and Fruit

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นายอดิสร เจตนะจิตร สังกัด สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

ผู้ร่วมงาน : นางสาวกนกวรรณ พลนิม สังกัด สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

นางสุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี สังกัด สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

5. บทคัดย่อ

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลไม้บรรจุกระป๋อง จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง และ สับปะรดบรรจุกระป๋อง ด้วยสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 และ 55 องศาเซลเซียส โดยใช้ปริมาณดีบุกเป็นเกณฑ์ความปลอดภัย พบว่าปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์ (kinetic reaction) ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋อง เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง คำนวณอายุการเก็บรักษาของลิ้นจี่บรรจุกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ 97 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ 11 สัปดาห์ และสับปะรดบรรจุกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ 2319 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ 109 สัปดาห์ จากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้มาพลอตกราฟตามสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) ทำให้สามารถคำนวณอายุการเก็บลิ้นจี่และสับปะรดบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิอื่นๆ ได้ นอกจากนี้ได้ตรวจสอบคุณภาพการป้องกันโลหะเคลือบดีบุกที่บรรจุผักและผลไม้ จำนวน 8 ชนิด รวมทั้งสิ้น 72 ตัวอย่าง พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 71 ตัวอย่าง ซึ่งคิดเป็น 98.6%

6. คำนำ

ปัจจุบันนี้อาหารที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้ก็แตกต่างกันไปตามลักษณะที่การใช้งาน อาหารกระป๋องก็เป็นรูปหนึ่งของบรรจุภัณฑ์ นอกจากจะเพิ่มความสวยงามของบรรจุภัณฑ์แล้ว ยังเป็นวิธีการถนอมอาหารที่สามารถเก็บไว้ได้นานอีกด้วย

บรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถบรรจุชนิดอาหารได้เหมาะสม และถูกสุขลักษณะ เก็บรักษาอาหารได้ยาวนาน โลหะที่ใช้ขึ้นรูปกระป๋องนั้น ได้แก่ เหล็ก เพราะมีราคาไม่สูงนัก การใช้เหล็กขึ้นรูปกระป๋องนั้น จำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้บรรจุอาหารได้อย่างมีคุณภาพ ได้แก่ กระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก เป็นที่นิยม เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอก ที่เป็นสาเหตุให้อาหารบูดเสีย และมีต้นทุนต่ำกว่า

ภาชนะบรรจุชนิดอื่น แต่อย่างไรก็ตาม กระจกโลหะที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของดีบุกลงในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรด จึงทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความกังวล โดยสาเหตุการปนเปื้อนของดีบุกส่วนใหญ่มาจากปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับกระจกดีบุก ทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในกระจก จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 114 พ.ศ.2535 ได้กำหนดค่าความปลอดภัยของดีบุกที่ตกค้างในอาหารบรรจุภาชนะโลหะปิดสนิทไว้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 ได้กำหนดค่าความปลอดภัยของดีบุกที่ตกค้างในเครื่องดื่มบรรจุภาชนะโลหะปิดสนิทไว้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เช่นเดียวกัน

คณะผู้วิจัยจึงตระหนักถึงปัญหาของการสลายตัวของดีบุก จากดีบุกที่เคลือบกระจกลงสู่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการสลายตัวของดีบุกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บรรจุกระจก เพื่อเป็นการสำรวจคุณภาพของกระจกเคลือบดีบุกของไทย และรวบรวมเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านความปลอดภัย

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

เครื่องวิเคราะห์ปริมาณดีบุกที่เคลือบแผ่นโลหะของกระจก เครื่องทดสอบรอยรั่วซึมของกระจก เครื่องวัดตะเข็บสองชั้นแบบอัตโนมัติ เครื่องตัดกระจก ตู้อบ (Incubator) อุปกรณ์วัดสุญญากาศในกระจก (Vacuum gauge)

วัสดุทดลอง

1. ลีนจี้บรรจุกระจก รุ่น (Lot) เดียวกัน จำนวน 122 กระจก
2. สับปะรดบรรจุกระจก รุ่น (Lot) เดียวกัน จำนวน 122 กระจก
3. ผักและผลไม้บรรจุกระจกชนิดอื่นๆ รุ่น (Lot) เดียวกัน ชนิดละ 6 กระจก จำนวน 72 ชนิด

- วิธีการ

1. การประเมินอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้กระจกโดยใช้สภาวะเร่ง
 - 1.1 เลือกชนิดของผลไม้บรรจุกระจกที่พบทั่วไปตามท้องตลาด ได้แก่ ลีนจี้บรรจุกระจก และ สับปะรดบรรจุกระจก
 - 1.2 ตรวจสอบคุณภาพของกระจกในรุ่นที่เก็บมา จำนวนชนิดละ 20 กระจก เพื่อนำมาทดสอบในรายการทดสอบ ลักษณะทั่วไป ความไม่รั่วซึม และความสมบูรณ์ของตะเข็บกระจก (วิธีทดสอบและเกณฑ์การยอมรับตามข้อ 3)
 - 1.3 นำผลไม้บรรจุกระจกชนิดและรุ่นที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและยอมรับได้มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในตู้อบอุณหภูมิ 40 และ 55 องศาเซลเซียส และนำออกมาทดสอบปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระจก จำนวนชนิดละ 6 กระจก เมื่ออายุครบตามเวลาต่างๆ (วิธีทดสอบและเกณฑ์การยอมรับตามข้อ 3)
 - 1.4 คำนวณอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้บรรจุกระจก
 - 1.4.1 นำผลการทดสอบมาพลอตกราฟกับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บกระจกดังนี้

- พล็อต t กับ C_A (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์)
- พล็อต t กับ $\ln(C_A/C_{A0})$ (ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง)
- พล็อต t กับ $1/C_A - 1/C_{A0}$ (ปฏิกิริยาอันดับสอง)

เมื่อ C_{A0} คือ ผลการทดสอบปริมาณดิบที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋องที่
เวลาเริ่มต้น (กรัมต่อตารางเมตร)

C_A คือ ผลการทดสอบปริมาณดิบที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋องที่
เวลาหนึ่งๆ (กรัมต่อตารางเมตร)

t คือ ระยะเวลาในการเก็บกระป๋องที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (สัปดาห์)

1.4.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของเส้นตรง(R^2) ทั้ง 3 เส้น เส้นตรงใดมีค่ามากที่สุด แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาอันดับนั้นๆ และนำไปคำนวณอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง ตามสมการดังนี้

- ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ $C_A - C_{A0} = -kt$
- ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง $\ln(C_A/C_{A0}) = -kt$
- ปฏิกิริยาอันดับสอง $1/C_A - 1/C_{A0} = kt$

เมื่อ k คือ ความชันของเส้นตรงที่มีค่า R^2 มากที่สุด

1.4.3 ทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation)

$$k = Ae^{-E_a/RT} \text{ หรือ } \ln k = \ln A - E_a/RT$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือความชันของเส้นตรงที่มีค่า R^2 มากที่สุด

A คือ ค่าคงที่อาร์เรเนียส

E_a คือ พลังงานกระตุ้น

R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส = 8.314 J/mol.K

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

พลอตกราฟระหว่างค่า $\ln k$ และ $1/T$ และต่อเส้นกราฟยาวออกไป ก็สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นี้ไว้ที่อุณหภูมิอื่นๆ

2. ตรวจสอบคุณภาพกระป๋องเคลือบดิบในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง

2.1 เลือกชนิดของผลไม้บรรจุกระป๋องที่พบทั่วไปตามท้องตลาด ให้มีความหลากหลาย ทั้งชนิด ยี่ห้อ และขนาดของกระป๋อง จำนวนชนิดละ 6 กระป๋อง

2.2 นำมาทดสอบในรายการทดสอบ ลักษณะทั่วไป ความไม่ร่วนซุย ความสมบูรณ์ของตะเข็บกระป๋อง ปริมาณดิบที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋อง และค่าสุญญากาศ (วิธีทดสอบและเกณฑ์การยอมรับตามข้อ 3)

2.3 รวบรวมข้อมูลและสรุปผลแจกแจงตามชนิดของผักและผลไม้ และขนาดของกระป๋อง

3. วิธีทดสอบและเกณฑ์การยอมรับผลทดสอบ

3.1 ลักษณะทั่วไป

3.1.1 วิธีทดสอบ

- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระป๋องภายนอกด้วยสายตา ต้องไม่มีข้อบกพร่อง เช่น ไม่บุบ ไม่เป็นสนิม ไม่มีรูปร่างบิดเบี้ยว เป็นต้น

3.1.2 เกณฑ์การยอมรับผลทดสอบ : มีข้อบกพร่องไม่เกิน 1 กระป๋องสำหรับแต่ละตัวอย่าง

3.2 ความไม่รั่วซึม

3.2.1 วิธีทดสอบ

- อัดแรงดันอากาศขนาด 24 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ภายในกระป๋องที่จมอยู่ในน้ำ ตรวจสอบการรั่วซึมจากฟองอากาศที่ผุดขึ้นเหนือผิวน้ำ

3.2.2 เกณฑ์การยอมรับผลทดสอบ : กระป๋องรั่วไม่เกิน 1 กระป๋องสำหรับแต่ละตัวอย่าง

3.3 ความสมบูรณ์ของตะเข็บกระป๋อง

3.3.1 วิธีทดสอบ

- ตัดและฉีกตะเข็บกระป๋อง แยกจากตัวกระป๋อง และวัดความหนาของตะเข็บ (Seam Thickness) ความยาวของตะเข็บ (Seam Length) ความลึกของฝา (Countersink Depth) ความยาวของขอฝา (Cover Hook) ความยาวของขอตัว (Body Hook) ระยะซ้อนของขอ (Actual Overlap) และความแน่นของตะเข็บ (%Tightness) จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อหาร้อยละการซ้อนเกยของตะเข็บ (% Overlap) ช่องว่างของตะเข็บ (Free Space)

3.3.2 ผลการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องมีค่า

- Countersink Depth \geq Seam Length
- % Overlap อยู่ในช่วง 45-100 %
- Free Space อยู่ในช่วง 0.038-0.190 mm
- %Tightness สำหรับกระป๋องขนาด 202, 211 และ 300 อยู่ในช่วง 60-100 %
- %Tightness สำหรับกระป๋องขนาด 307, 401, 502 และ 603 อยู่ในช่วง 70-100 %

3.3.3 เกณฑ์การยอมรับผลทดสอบ : ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินไม่เกิน 1 กระป๋องสำหรับแต่ละตัวอย่าง

3.4 ค่าสุญญากาศ ใช้อุปกรณ์วัดสุญญากาศในกระป๋อง (Vacuum gauge)

3.5 ปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋อง ตามคู่มือเครื่องวิเคราะห์ปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋อง (Sumetal Stannomatic/Chromatic)

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา : ตุลาคม 2553 – กันยายน 2555

สถานที่ : ห้องปฏิบัติการทางกายภาพของภาชนะบรรจุ กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า
สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การประเมินอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้กระป๋องโดยใช้สภาวะเร่ง
 - 1.1 การตรวจสอบคุณภาพของกระป๋องในรุ่นที่เก็บมา สำหรับตัวอย่างลีนจีบรรจุกระป๋อง (ลีนจีในน้ำเชื่อม ตรา เซฟแพ็ค ขนาด 307x409 บรรจุ 565 กรัม รหัส/วันที่ผลิต : PROD 18-05-2010 EXP 18-05-2012) และสับปรดบรรจุกระป๋อง (สับปรดชนิดแวนในน้ำเชื่อม ตรา โดล ขนาด 307x409 บรรจุ 567 กรัม รหัส/วันที่ผลิต : MFG 15 JAN 2011 EXP 15 JAN 2014) ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้งสองตัวอย่าง จึงสามารถนำตัวอย่างทั้งสองนี้ ไปใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้กระป๋องโดยใช้สภาวะเร่งได้
 - 1.2 การทดสอบปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นโลหะของกระป๋อง จากการเก็บรักษาลีนจีบรรจุกระป๋องและสับปรดบรรจุกระป๋องในสภาวะเร่ง และวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นเหล็กของกระป๋องกับเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็ก เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ $1/C_A - 1/C_{A0}$ ได้กราฟเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของเส้นตรง (R^2) มากที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิห้องพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของเส้นตรงมีค่าน้อยจึงไม่สามารถทำนายอันดับปฏิกิริยาได้
 - 1.3 ตัวอย่างลีนจีบรรจุกระป๋อง สำหรับปฏิกิริยาอันดับสอง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ค่าความชันของเส้นตรง (k) เป็น 0.0011 และคำนวณอายุการเก็บรักษาของกระป๋องได้ 97 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ค่าความชันของเส้นตรง (k) เป็น 0.0180 และคำนวณอายุการเก็บรักษาของกระป๋องได้ 11 สัปดาห์ และเมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟจากสมการของอาร์เรเนียส ได้กราฟเส้นตรง $\ln k = -19130/T + 54.306$ สามารถคำนวณค่า k ได้จากสมการ $k = e^{(-19130/T + 54.306)}$ และทำนายอายุการเก็บรักษาของลีนจีบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ ได้จากสมการ $t = (1/C_A - 1/C_{A0})/k = (1/C_A - 1/C_{A0})/e^{(-19130/T + 54.306)}$
 - 1.4 ตัวอย่างสับปรดบรรจุกระป๋อง สำหรับปฏิกิริยาอันดับสอง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ค่าความชันของเส้นตรง (k) เป็น 0.0035 และคำนวณอายุการเก็บรักษาของกระป๋องได้ 2319 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ค่าความชันของเส้นตรง (k) เป็น 0.0518 และคำนวณอายุการเก็บรักษาของกระป๋องได้ 109 สัปดาห์ และเมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟจากสมการของอาร์เรเนียส ได้กราฟเส้นตรง $\ln k = -18443/T + 53.268$ สามารถคำนวณค่า k ได้จากสมการ $k = e^{(-18443/T + 53.268)}$ และทำนายอายุการเก็บรักษาของสับปรดบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ ได้จากสมการ $t = (1/C_A - 1/C_{A0})/k = (1/C_A - 1/C_{A0})/e^{(-18443/T + 53.268)}$

1.5 เมื่อนำลึนจีบรจุงกระป๋อง และสับปะรดบรจุงกระป๋องเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 6 สัปดาห์ พบว่ามีกระป๋องของผลไม้ทั้ง 2 ชนิด จำนวนหนึ่ง บวม เปี้ยว เปลี่ยนรูปร่าง และบางกระป๋องเกิดระเบิดภายในตู้อบ เมื่อนำกระป๋องออกจากตู้อบ พบว่าบริเวณด้านข้างของกระป๋องที่มีดีบุกเคลือบอยู่ เปลี่ยนเป็นสีเข้มและเกิดสนิม ผลไม้กระป๋องและน้ำเชื่อมมีสีเข้มขึ้นมาก จึงเก็บกระป๋องทั้ง 2 ชนิด ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 7 และนำออกมาทดสอบเป็นสัปดาห์สุดท้าย ไม่สามารถเก็บรักษาในระยะเวลาานกว่านี้ได้

2. การตรวจสอบคุณภาพกระป๋องเคลือบดีบุกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บรจุงกระป๋อง

ตรวจสอบคุณภาพกระป๋องเคลือบดีบุกในผลิตภัณฑ์ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ เงาะบรจุงกระป๋อง จำนวน 12 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ลำไยบรจุงกระป๋อง จำนวน 13 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ลึนจีบรจุงกระป๋อง จำนวน 12 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ลูกตาลบรจุงกระป๋อง จำนวน 9 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 สับปะรดบรจุงกระป๋อง จำนวน 4 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 75 เงาะใส่สับปะรดบรจุงกระป๋อง จำนวน 9 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ลูกตาลและขนุนบรจุงกระป๋อง จำนวน 3 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ผลไม้ผสมบรจุงกระป๋อง จำนวน 10 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 10 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 รวมทั้งสิ้น 72 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 71 ตัวอย่าง คิดเป็น 98.6 เปอร์เซ็นต์

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลไม้บรจุงกระป๋อง โดยใช้ปริมาณดีบุกเป็นเกณฑ์ความปลอดภัย สามารถทำได้ด้วยวิธีการเก็บผลไม้บรจุงกระป๋องไว้ในสภาวะเร่ง และคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้ปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์ และสมการของอาร์เรเนียส ทำให้ทราบระยะเวลาในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ณ อุณหภูมิที่จัดเก็บ และสามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิอื่นๆ ได้ และการตรวจสอบคุณภาพกระป๋องเคลือบดีบุกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บรจุงกระป๋อง จำนวน 8 ชนิด 72 ตัวอย่าง พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 71 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 98.6

ข้อเสนอแนะ ในการทดลองเก็บรักษากระป๋องที่อุณหภูมิห้องควรใช้ระยะเวลาในการเก็บมากกว่านี้ เนื่องจากปฏิกิริยาการละลายของดีบุกจากแผ่นโลหะของกระป๋องลงมาในอาหารเกิดขึ้นอย่างช้าๆ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยของภาชนะบรจุงประเภทกระป๋องโลหะเคลือบดีบุกที่บรจุงผักและผลไม้

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางภวานาภา บุณนาค ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ ที่ปรึกษาการทดลอง ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย และขอขอบคุณนางลิลลี่ พรานุสร นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ นางสาวรัชณี ทวีผล นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ นางสาวเพราพิลาส ขวาสระแก้ว นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ นายพิศาล เอี่ยมศิริ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ และนางสาวพรพรรณ มิ่งขวัญ นักวิทยาศาสตร์ กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช สำหรับความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

กิริตินาฏ พูลเกษร และคณะ. 2551. การประเมินอายุการเก็บรักษาของสารป้องกันการเกาะติดโดยใช้วิธีสภาวะเร่ง Shelf-life Evaluation of Anti-sticking Agent by Using ASLT Method.

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ รัตนาภิรักษ์. แบบประเมินบุคคลเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 8 ว. 152 หน้า.

ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2551. บรรจุภัณฑ์โลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. อมรินทร์พริตติ้ง. กรุงเทพฯ. 752 หน้า.

รุ่งนภา วิสิษฐุตรการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 169 หน้า.

สถาบันอาหารและสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2551. ขวดแก้ว กระจกและการปิดผนึก. 111 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2545. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระจกป้องกันโลหะสำหรับบรรจุอาหาร. กระทรวงอุตสาหกรรม

13. ภาคผนวก

การคำนวณปริมาตรตลับที่ถูกกัดกร่อนจากแผ่นโลหะของกระป๋องในตัวอย่างกระป๋องเคลือบตลับ

การคำนวณพื้นที่ผิวภายในกระป๋องที่เคลือบตลับ

พื้นที่ผิวภายในกระป๋องที่เคลือบตลับหมายถึงเฉพาะบริเวณด้านข้างของกระป๋องเท่านั้นไม่รวมถึงฝากระป๋องทั้งสองด้าน

กระป๋องทรงกระบอก ขนาด 307x409 หรือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 87 mm และความสูง 116 mm

$$\begin{aligned}\text{สูตรการคำนวณพื้นที่ผิวด้านข้างของกระป๋อง} &= 2\pi rh \\ &= 2 \times \pi \times (87/2) \times 116 \\ &= 31,705 \text{ mm}^2 = 0.0317 \text{ m}^2\end{aligned}$$

ลึนจีบรรจุกระป๋อง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขให้มีตลับปนเปื้อนในอาหารกระป๋องได้ไม่เกิน 250 mg/kg

หมายความว่า น้ำหนักลึนจีกระป๋อง 1,000 g (1 kg) มีตลับได้ไม่เกิน 250 mg

น้ำหนักลึนจีกระป๋อง 565 g มีตลับได้ไม่เกิน $250 \times 565 = 141.25 \text{ mg}$

$$\frac{\text{พื้นที่ผิวกระป๋อง } 0.0317 \text{ m}^2 \quad \text{มีดีบุกละลายออกมาในอาหารได้ไม่เกิน } 141.25 \text{ mg}}{1,000}$$

$$\frac{\text{พื้นที่ผิวกระป๋อง } 1 \text{ m}^2 \quad \text{มีดีบุกละลายออกมาในอาหารได้ไม่เกิน } 141.25 \times 1 \text{ mg}}{0.0317}$$

$$= 4,455.84 \text{ mg} = 4.46 \text{ g}$$

แสดงว่า ลินจีบรรจุกระป๋องมีปริมาณดีบุกที่ถูกกัดกร่อนจากแผ่นโลหะของกระป๋องลงไปในการอาหารได้ไม่เกิน 4.46 g/m² ดังนั้น $C_A = C_{A0} - 4.46$

สับปะรดบรรจุกระป๋อง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขยอมให้มีดีบุกปนเปื้อนในอาหารกระป๋องได้ไม่เกิน 250 mg/kg

หมายความว่า น้ำหนักลินจีกระป๋อง 1,000 g (1 kg) มีดีบุกได้ไม่เกิน 250 mg

น้ำหนักลินจีกระป๋อง 567 g มีดีบุกได้ไม่เกิน $\frac{250 \times 567}{1,000} = 141.75 \text{ mg}$

$$\frac{\text{พื้นที่ผิวกระป๋อง } 0.0317 \text{ m}^2 \quad \text{มีดีบุกละลายออกมาในอาหารได้ไม่เกิน } 141.75 \text{ mg}}{1,000}$$

$$\frac{\text{พื้นที่ผิวกระป๋อง } 1 \text{ m}^2 \quad \text{มีดีบุกละลายออกมาในอาหารได้ไม่เกิน } 141.75 \times 1 \text{ mg}}{0.0317}$$

$$= 4,471.61 \text{ mg} = 4.47 \text{ g}$$

แสดงว่า ลินจีบรรจุกระป๋องมีปริมาณดีบุกที่ถูกกัดกร่อนจากแผ่นโลหะของกระป๋องลงไปในการอาหารได้ไม่เกิน 4.47 g/m² ดังนั้น $C_A = C_{A0} - 4.47$

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็กของกระป๋องสำหรับตัวอย่างลินจีบรรจุกระป๋อง และ สับปะรดบรรจุกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็ก (g/m ²) ของกระป๋องที่ระยะเวลาการจัดเก็บ (สัปดาห์)				
	0	4	8	16	32
ลินจีบรรจุกระป๋อง	7.73	8.71	9.41	7.57	6.84
สับปะรดบรรจุกระป๋อง	4.67	5.05	6.47	4.83	4.82

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็กของกระป๋องสำหรับตัวอย่างลินจีบรรจุกระป๋อง และ สับปะรดบรรจุกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็ก (g/m ²) ของกระป๋องที่ระยะเวลาการจัดเก็บ (สัปดาห์)						
	0	1	2	4	8	16	32
ลินจีบรรจุกระป๋อง	9.08	8.57	8.49	8.61	8.50	7.33	6.87
สับปะรดบรรจุกระป๋อง	4.59	4.82	4.51	4.83	4.72	3.56	3.16

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็กของกระป๋องสำหรับตัวอย่างลีนี้อบรจกระป๋อง และ สับปะรดบรจกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณดีบุกบนแผ่นเหล็ก (g/m ²) ของกระป๋องที่ระยะเวลาการจัดเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	4	7
ลีนี้อบรจกระป๋อง	7.40	6.86	7.07	5.73	3.82
สับปะรดบรจกระป๋อง	4.39	4.23	3.48	2.11	1.84

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเส้นตรง (R²) และความชันของความสัมพันธ์เชิงเส้น ของการปลดออก ภาพระหว่าง

อุณหภูมิ	ปลด	ลีนี้อบรจกระป๋อง		สับปะรดบรจกระป๋อง	
		R ²	Slope(k)	R ²	Slope(k)
อุณหภูมิห้อง	t กับ C _A	0.4149	0.0515	0.0300	0.0102
	t กับ ln (C _A /C _{AO})	0.4553	0.0067	0.0288	0.0018
	t กับ 1/C _A -1/C _{AO}	0.4964	0.0009	0.0274	0.0003
อุณหภูมิ 40°C	t กับ C _A	0.8959	0.0651	0.8487	0.0534
	t กับ ln (C _A /C _{AO})	0.9089	0.0083	0.8713	0.0136
	t กับ 1/C _A -1/C _{AO}	0.9203	0.0011	0.8916	0.0035
อุณหภูมิ 55°C	t กับ C _A	0.9527	0.5131	0.8986	0.4266
	t กับ ln (C _A /C _{AO})	0.9334	0.0945	0.9236	0.1442
	t กับ 1/C _A -1/C _{AO}	0.9051	0.0180	0.9397	0.0518

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณอายุการเก็บรักษาลีนี้อบรจกระป๋องและสับปะรดบรจกระป๋อง

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ	อันดับ	สมการ	k	C _{AO}	C _A	t (สัปดาห์)
ลีนี้อบรจกระป๋อง	40°C	สอง	1/C _A -1/C _{AO} = kt	0.0011	9.08	4.62	97
	55°C			0.0180	7.40	2.94	9
สับปะรดบรจกระป๋อง	40°C			0.0035	4.59	0.12	2319
	55°C			0.0518	4.64	0.17	109

ตารางที่ 6 สรุปผลการทดสอบตัวอย่างกระป๋องเคลือบดีบุกในผลิตภัณฑ์พีซผักและผลไม้บรจกระป๋อง

ชนิดตัวอย่าง บรจกระป๋อง	จำนวน ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ								
		Defect	Leak	Seam length (mm)	Countersink Depth (mm)	% Overlap	Free Space (mm)	Tightness (%)	Vacuum (in Hg)	Tin (g/m ²)
เงาะ	12	ผ่าน	ผ่าน	2.79-3.10	3.41-4.80	58.0-64.5	0.066-0.155	84-91	8.4-17.2	7.41-9.30
ลำไย	13	ผ่าน	ผ่าน	2.91-3.06	3.39-4.80	57.5-65.7	0.053-0.099	81-91	6.4-14.1	5.69-9.14
ลีนี้อบ	12	ผ่าน	ผ่าน	2.97-3.07	3.38-3.52	56.7-68.7	0.046-0.098	81-90	7.2-13.5	5.45-8.84
ลูกตาล	9	ผ่าน	ผ่าน	2.94-3.05	3.35-4.81	58.1-65.5	0.053-0.111	81-90	8.6-17.8	6.40-9.50
สับปะรด	4	ผ่าน	ไม่ผ่าน 1 ตัวอย่าง	2.75-2.87	3.43-3.58	64.3-66.2	0.055-0.075	77-87	14.0-15.3	3.59-5.37
เงาะใส่สับปะรด	9	ผ่าน	ผ่าน	2.98-3.05	3.31-4.78	57.9-67.4	0.050-0.147	81-90	10.7-16.7	6.85-8.82
ลูกตาลและขนุน	3	ผ่าน	ผ่าน	2.96-2.98	3.46-4.79	58.6-59.1	0.086-0.101	80-84	16.3-17.3	6.86-8.42

ผลไม้ผสม	10	ผ่าน	ผ่าน	2.77-3.05	3.38-4.81	57.6-67.6	0.050-0.118	81-90	7.7-14.4	5.22-7.55
----------	----	------	------	-----------	-----------	-----------	-------------	-------	----------	-----------