

absr.

ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. ๒๕๔๐

วศ
กช
อว 23

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 3

การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะ และการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

นาง สุมาลี ทั้งพิทยกุล
นักวิทยาศาสตร์ 6ว
นางสาว สุนทรี เป็รื่องการ
นักวิทยาศาสตร์ 8ว

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

กิจกรรมนี้ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของภาชนะบรรจุ ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร ระยะเวลาเก็บกับปริมาณ โลหะหนักและคุณภาพของอาหารกระป๋อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ โดยศึกษาทดลองในสับปะรดบรรจุกระป๋องชนิด plain can ฟรุตคอกเทลบรรจุกระป๋องชนิด partially lacquered can ข้าวโพดอ่อนในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์สีทอง ปลาทูนาบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์สีเทา เก็บไว้เป็นเวลา 2 ปี สรุปผลการทดลองได้ว่า ชนิดของภาชนะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ปริมาณดีบุก เหล็ก และคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่สภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารไม่มีผลทำให้ปริมาณโลหะแตกต่างกัน เมื่อเก็บอาหารกระป๋องดังกล่าวครบ 2 ปี ปริมาณดีบุกในอาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด plaincan และ partially lacquered can สูงกว่าอาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด fully lacquered can คือมีค่าเท่ากับ 170.0 165.8 และ 0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคือ 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ปริมาณเหล็กในกระป๋อง fully lacquered can สูงกว่าในกระป๋องชนิด plaincan และ partially lacquered can คือมีค่าเท่ากับ 14.40 17.70 4.03 และ 2.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณจากปริมาณสูงสุดที่พบจะไม่เกิน ADI (มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ CODEX กำหนดค่า ADI ไม่เกิน 0.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนัก/วัน)

โลหะอื่น ๆ ได้แก่ ตะกั่ว ทองแดง ไม่มีความแตกต่างกันในกระป๋อง 3 ชนิด สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีกลิ่น รส ลักษณะของเนื้ออาหารนั้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในอาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด plain can ภายหลังจากเก็บ 1 ปี แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในอาหารที่บรรจุกระป๋อง partially lacquered can และ fully lacquered can แม้เมื่อเก็บไว้นาน 2 ปี

ดังนั้นควรเลือกใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์สำหรับบรรจุอาหารจะปลอดภัยกว่า แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้กระป๋องเคลือบดีบุก ควรเลือกชนิดที่มีปริมาณดีบุกที่เคลือบไม่น้อยกว่า 10.10 กรัม/ตารางเมตร

๑๗
เลขหมาย กษ
๑๗๒๓
เลขทะเบียน 10514
๕ 11/11/45

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อ	i	
สารบัญ	ii	
คำนำ	1	
1. บทนำ	2	
2. วารสารปริทัศน์	6	
วัตถุประสงค์และวิธีการ	16	
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ	19	
ผลการทดลอง	20	
วิจารณ์ผล	22	
สรุป	24	
คำขอขอบคุณ	25	
เอกสารอ้างอิง	26	
ภาคผนวก	28	
ตารางที่ 4	การกัศกร่อนภายในกระป๋องที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 0-24 เดือน	29
ตารางที่ 5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่าง และสภาวะอากาศภายในกระป๋อง	30
ตารางที่ 6	ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บต่างๆ กัน	30
ตารางที่ 7	ปริมาณคีนูกในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง ตามอายุการเก็บ	31
ตารางที่ 8	ปริมาณเหล็กในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง ตามอายุการเก็บ	31
ตารางที่ 9	ปริมาณทองแดงในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง ตามอายุการเก็บ	32
ตารางที่ 10	ปริมาณตะกั่วในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง ตามอายุการเก็บ	32

ภาคผนวก (ต่อ)	หน้า
รูปที่ 1 แสดงปริมาณดีบุกที่เคลือบด้านในกระป๋องบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆ	33
รูปที่ 2 แสดงปริมาณดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆ	34
รูปที่ 3 แสดงปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆ	35
รูปที่ 4 แสดงปริมาณทองแดงในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆ	36

คำนำ

กิจกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการตามแผนปฏิบัติการของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งบรรจุในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539) เป้าหมายที่สำคัญของการศึกษาทดลองนี้ คือการนำไปใช้ปรับปรุงระบบการผลิต และยกระดับคุณภาพสินค้าให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ดียิ่งขึ้น

อุตสาหกรรมผัก ผลไม้ และอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่มีส่วนช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในหลายๆ ด้าน กล่าวคือ เป็นการช่วยเหลือเกษตรกร ช่วยให้มีการจ้างงาน เป็นต้น ผักและผลไม้บรรจุกระป๋องเพื่อการส่งออกเป็นหลักที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรดกระป๋องที่สำคัญรองลงมา และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน และฟรุตคอกเทล ปลาทูน่ากระป๋อง นับเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้จำนวนมหาศาล ไม่น้อยกว่าสับปะรดกระป๋องเลย

ผักและผลไม้กระป๋องจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูงดังนั้นเมื่อนำไปบรรจุในกระป๋องชนิดแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (tin plate หรือ plain can) อาจจะละลายโลหะลงสู่อาหารได้ เนื่องจากเกิดกระบวนการกัดกร่อน (corrosion)(1) ขึ้นภายในกระป๋อง อาหารที่บรรจุกระป๋องชนิดนี้มีโอกาสสัมผัสผิวหนังที่เป็นดีบุกมีบริเวณมากปฏิกิริยาการกัดกร่อนเกิดขึ้นได้แม้ว่าจะมีดีบุกเคลือบไว้หนามาก อาหารที่บรรจุกระป๋องเหล่านี้จึงตรวจพบดีบุกในปริมาณสูง(2)

อาหารที่บรรจุกระป๋องชนิดเคลือบแลคเกอร์ (lacquered can) ผิวหนังที่เคลือบดีบุกไว้จะถูกเคลือบไว้อีกชั้นหนึ่งด้วยแลคเกอร์ ซึ่งจะช่วยให้ปฏิกิริยาการกัดกร่อนของดีบุกลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บไว้ได้นานกว่าบรรจุในกระป๋อง plain can แต่มีข้อสังเกต คือ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง plain can แล้ว ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋อง lacquered can พบปริมาณดีบุกน้อยกว่า แต่กลับพบปริมาณเหล็กมากกว่า(3)

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา

1.1.1. ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารปีละมาก ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ผลิตภัณฑ์อาหารที่ส่งออกที่สำคัญได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกระป๋องที่ใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ในสภาพของอาหารอุณหภูมิ กรรมวิธีการผลิต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกระป๋อง เนื่องจากคุณสมบัติของอาหาร ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นเหตุให้เกิดปัญหาเรื่องปริมาณโลหะปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค และเป็นอุปสรรคในการส่งออกอย่างมากจึงเห็นสมควรให้มีการศึกษาสภาพที่เป็นจริงเพื่อหาแนวทางการแก้ไขต่อไป

1.1.2 ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกของโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO จึงมีความจำเป็นที่จะต้องร่วมมือกับประเทศสมาชิกอื่นๆ ในการให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการกำหนดมาตรฐานอาหาร เพื่อใช้เป็นมาตรฐานสากลในการซื้อขายของประเทศสมาชิก สำหรับข้อมูลนั้นมีหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งกรมวิทยาศาสตร์บริการรับเป็นผู้วิเคราะห์ โดยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นผู้รวบรวมข้อมูลเสนอคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศพิจารณา ก่อนส่งข้อมูลให้แก่โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO ต่อไป

1.1.3 เนื่องจากลักษณะและรูปแบบการกำหนดในเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเข้มงวดมากขึ้นจะเห็นได้จากการก่อตั้งองค์การต่าง ๆ เพื่อพิจารณากำหนดและควบคุมคุณภาพอาหาร เช่น คณะกรรมการวิชาการในเรื่อง Food Additives and Contaminant คณะกรรมการวิชาการในกลุ่ม Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminant International Programme on Chemical Safety เป็นต้น สำหรับประเทศต่าง ๆ รวมทั้งไทยได้ออกกฎหมายควบคุมคุณภาพอาหารทั้งที่จำหน่ายในประเทศ และนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งข้อกำหนดเรื่องสารปนเปื้อนประเภทโลหะนั้นเข้มงวดมาก ระยะเวลาที่ประเทศไทยส่งอาหารกระป๋องไปจำหน่ายต่างประเทศและมีปัญหาเกิดขึ้น กล่าวคือ สินค้าถูกกักกันหรือถูกทำลาย ณ ประเทศที่ส่งเข้าไป เนื่องจากการตรวจพบสารปนเปื้อนประเภทโลหะในปริมาณสูง ทำให้เกิดความเสียหาย คิดเป็นเงินหลายล้านบาท

1.2. สภาพปัญหาและแนวทางแก้ไข

การปนเปื้อนในอาหารกระป๋องได้แก่โลหะต่าง ๆ นั้นมีที่มาสำคัญคือ กระป๋องที่ใช้ จากสภาพของอาหารที่เป็นกรดเมื่อบรรจุในภาชนะทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ทำให้มีโลหะต่าง ๆ เช่น ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก เป็นต้น ละลายออกมาได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเนื่องมาจากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ คุณภาพของกระป๋อง สภาพแวดล้อมอื่น ๆ อาจมีส่วนทำให้ปริมาณโลหะที่ละลายออกมาสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นได้

อาหารกระป๋องที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ ในหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะยุโรปและสหรัฐอเมริกา นิยมบริโภคผักและผลไม้กระป๋องเป็นประจำ ในประเทศอังกฤษโดยเฉลี่ยต่อคนจะบริโภคผักกระป๋องถึง 170 กรัม และผลไม้กระป๋อง 200 กรัมใน 1 สัปดาห์ (4)

ปริมาณโลหะในอาหารกระป๋องและการศึกษาทางพิษวิทยาของโลหะนั้นได้มีการศึกษาและรายงานจากหลายประเทศ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้ศึกษาด้านพิษวิทยาของดีบุกและเหล็ก โดยการทดลองเลี้ยงหนูด้วยผลไม้กระป๋องที่มีดีบุก 30-420 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าดีบุกทำให้การสร้างฮีโมโกลบินในเลือดลดลงและปริมาณเหล็ก 32-40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงและยับยั้งการเจริญเติบโตของหนูทดลอง (5)

ในสหรัฐอเมริกาได้ทำการตรวจสอบปริมาณโลหะในอาหารกระป๋องเป็นประจำทุก ๆ 3 ปี ในปี 1980 ได้เก็บตัวอย่างอาหารกระป๋อง 39 ชนิด เช่น ผัก ผลไม้ ชุป ฯลฯ พบปริมาณโลหะดังนี้ ตะกั่ว 0.19-0.22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แคดเมียม 0.011-0.08 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สังกะสี 4.3-5.0 มม./กกซึ่งปริมาณที่ตรวจพบนี้เป็นครึ่งหนึ่งของที่ตรวจพบในปี 1974 (6)

ปี 1973 ประเทศอังกฤษได้เก็บตัวอย่างสับประรดกระป๋องในตลาดมาวิเคราะห์ พบปริมาณตะกั่ว 0.14-0.54 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แคดเมียม <0.01-0.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างสารตะกั่วกับความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์ (4)

ที่ประเทศฝรั่งเศส ได้มีรายงานผลการวิเคราะห์ดีบุกในผักและผลไม้กระป๋อง จำนวน 500 ตัวอย่าง พบปริมาณดีบุกเฉลี่ย 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณดีบุกเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน กล่าวคือจำนวนตัวอย่าง ร้อยละ 25 ตรวจพบปริมาณดีบุกมากกว่า 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (7)

จากรายงานการวิเคราะห์โลหะในผักและผลไม้กระป๋องของประเทศสวีเดน มีดังนี้ ปริมาณดีบุก <2.5-339 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตะกั่ว <0.07-4.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย 0.34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (8)

มีรายงานการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วของประเทศยุโรปอื่นๆเช่น ประเทศเยอรมัน จากตัวอย่าง ผักและผลไม้กระป๋อง พบปริมาณสูงสุดถึง 3.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ประเทศอิตาลีพบ

ปริมาณตะกั่ว 0.41-0.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในฟรุตคอกเทล และพบปริมาณต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในผักและผลไม้กระป๋อง(9)

จากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณโลหะในอาหารกระป๋อง ตามที่ได้มีการศึกษามาแล้วนั้นนับว่ายังไม่สมบูรณ์ที่จะใช้เป็นหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาแก้ไขปัญหาการเสื่อมสภาพของอาหารได้ เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มปริมาณโลหะอันจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กิจกรรมนี้จึงได้กำหนดเป้าหมายที่จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ปริมาณโลหะสูงขึ้นและคุณภาพของอาหารลดลง

1.3. ความเชื่อมโยงกับแผนพัฒนา

ข้อมูลการศึกษาสภาวะในปัจจุบันของอาหารสำเร็จรูป โดยเฉพาะที่มีสถิติส่งออกคิดเป็นมูลค่าปีละหลายๆ ล้านบาท เพื่อเป็นแนวทางเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหาการเพิ่มปริมาณโลหะและการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงข้อกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผู้บริโภคและผลกระทบทางเศรษฐกิจเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงมีส่วนสนับสนุนการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรมของไทย ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางและเป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (2535-2539) ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมมีส่วนรับผิดชอบอยู่ด้วย

1.4 วัตถุประสงค์ของกิจกรรม

1.4.1 เพื่อศึกษาสาเหตุและปัจจัยที่สำคัญของการเพิ่มปริมาณโลหะและการเสื่อมสภาพของอาหารกระป๋องตามอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ สำหรับเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ ความไม่ปลอดภัยของผู้บริโภคและเป็นอุปสรรคในการส่งออก

1.4.2 เพื่อเป็นเหตุจูงใจให้มีการพัฒนาระบบการผลิตและการใช้ภาชนะบรรจุให้เหมาะสม

1.4.3 สำหรับเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดปริมาณโลหะในอาหารต่อไป

1.5. เป้าหมายของกิจกรรม

ในการศึกษาทดลองนี้ต้องการศึกษาถึงผลของตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการละลายของโลหะซึ่งทำให้คุณภาพของอาหารเสื่อมสภาพลงเป็นสิ่งสำคัญ ตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการผลิต ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างโดยใน acid canned food เช่น ผัก ผลไม้กระป๋อง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนผิวของภาชนะที่เป็นโลหะ แต่จะมีผลเล็กน้อยเพียงใดนั้นขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร นั้น ๆ ด้วย

วิธีป้องกันการละลายของโลหะวิธีหนึ่งคือการเคลือบผิวของภาชนะบรรจุด้วยแลคเกอร์ แลคเกอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องมีหลายชนิด ชนิดของแลคเกอร์และกระบวนการเคลือบที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญควรแก่การศึกษาวิจัย

ในกิจกรรมนี้จึงได้เลือกที่จะศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของภาชนะบรรจุ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของอาหารกับปริมาณโลหะและการเสื่อมสภาพของอาหาร

2. วารสารปริทัศน์

อุตสาหกรรมอาหารกระป๋องของไทยที่ผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก กล่าวคือเกินกว่าร้อยละ 90 ส่งไปขายในตลาดโลก ที่เหลือไม่เกินร้อยละ 10 ที่บริโภคในประเทศ เช่น สับประรด ข้าวโพดฝักอ่อน ฟรุคคอกเทล ปลาทูนา เป็นต้น สินค้าเหล่านี้มีความสำคัญเป็นหนึ่งในสิบอันดับแรกของสินค้าอุตสาหกรรมส่งออก (ตารางที่ 1) อุตสาหกรรมเกษตรที่ใช้ผลผลิตทางการเกษตรในประเทศเป็นวัตถุดิบเช่นนี้ แสดงถึงแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อันเป็นรากฐานที่สำคัญของเศรษฐกิจไทยมาตั้งแต่ต้น

ตารางที่ 1 สินค้าส่งออกสำคัญ 10 อันดับแรกของประเทศไทย

(มูลค่าสินค้า : ล้านบาท)

รายการ	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536	พ.ศ.2537	พ.ศ.2538
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ	57,728.1	65,271.0	94,590.2	131,197.3
2. เสื้อผ้าสำเร็จรูป	86,773.9	89,594.1	100,679.3	102,015.3
3. ยางพารา	28,924.7	29,180.1	41,824.0	61,242.7
4. แผงวงจรไฟฟ้า	26,622.3	35,560.3	45,310.8	58,162.7
5. รองเท้าและชิ้นส่วน	25,642.3	27,941.9	39,261.0	53,766.8
6. ผลิตภัณฑ์พลาสติก	14,145.1	36,773.4	26,064.5	52,668.0
7. อัญมณีและเครื่องประดับ	39,266.4	43,490.0	47,068.7	52,468.3
8. กุ้งสดแช่เย็นและแช่แข็ง	31,708.6	37,843.5	49,155.6	50,277.5
9. ข้าว	36,213.8	32,958.6	39,187.3	48,626.5
10. อาหารกระป๋อง	24,424.6	25,659.8	31,995.8	33,289.2

ที่มา: ศูนย์สถิติการพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

กิจกรรมนี้ต้องการศึกษาถึงตัวแปรในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการละลายโลหะลงสู่อาหารกระป๋องที่สำคัญคือความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เนื่องจากอาหารประเภทผัก ผลไม้กระป๋อง จัดเป็น acid canned food ความเป็นกรด-ด่างอาจมีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนผิวของกระป๋องที่บรรจุ (10)

นอกจากนี้การเลือกใช้ชนิดของกระป๋องให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการละลายโลหะลงสู่อาหารนั้นเป็นเรื่องสำคัญมาก ในกิจกรรมนี้จึงได้เลือกที่ศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุที่จะนำมาบรรจุอาหารชนิดต่าง ๆ

1. กระป๋องที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบ่งได้เป็น 4 ชนิด (11)

1.1 กระป๋องเคลือบดีบุก (plain can)

ปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นเหล็กมีหน่วยเป็น lb/base box ซึ่ง 1 lb/base box เท่ากับ 22.4 กรัมดีบุก/พื้นที่ 1 ตารางเมตร ปริมาณดีบุกที่ใช้เคลือบบนแผ่นเหล็กมีต่าง ๆ กันซึ่งกำหนดเป็นน้ำหนักของดีบุกที่ใช้เคลือบผิวกระป๋องดังแสดงในตารางที่ 2 และที่ 3

ตารางที่ 2 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำกระป๋องและเคลือบผิวด้านในกระป๋อง(31)

ประเภทอาหาร	แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก		แผ่นเหล็ก ทินฟรี เคลือบแลคเกอร์ ชนิด	
	น้ำหนักดีบุกที่เคลือบด้านใน กรัม/ตารางเมตร ไม่น้อยกว่า	เคลือบแลค เกอร์ ชนิด		
1. เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์	2.8	SR	SR	
2. ผักและผลิตภัณฑ์จากผัก และ ผลไม้และผลิตภัณฑ์จาก ผลไม้	ที่มีกำมะถันสูง	2.8	SR	
	ที่มีฤทธิ์เป็นกรด	11.2	*	AR
		2.8	AR	

หมายเหตุ อักษรย่อแสดงชนิดของแลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องมีความหมายดังนี้

1. SR (sulphur resistance) หมายถึง แลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องเพื่อป้องกันกระป๋องดำ สำหรับอาหารที่มีกำมะถันสูง เช่น โปรตีนในเนื้อสัตว์ ถั่ว
2. AR (acid resistance) หมายถึง แลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องเพื่อป้องกันการผุกร่อน สำหรับอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ผลไม้
3. * หมายถึง ไม่จำเป็นต้องเคลือบ

ที่มา มอก.90-2530 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระป๋อง โลหะสำหรับบรรจุอาหาร

ตารางที่ 3 น้ำหนักของดีบุกที่ใช้เคลือบของผิวของกระป๋องตามมาตรฐานของยุโรป
และอเมริกา (35)

Euronorm 145-78 Oct.1978 Designation No.	Nominal coating g Sn/m ² on each surface	Minimum average coating g Sn/m ²	USA ASTM A624 July 1978 Designation No.
-	1.1/1.1	1.8 ⁺	10
E 2.8/2.8	2.8/2.8	4.9 ⁺	25
-	3.9/3.9	7.2 ⁺	35
E 5.6/5.6	5.6/5.6	10.5 ⁺	50
E 8.4/8.4	8.4/8.4	15.7 ⁺	75
E 11.2/11.2	11.2/11.2	20.2 ⁺	200
D 5.6/2.8	5.6/2.8	4.75/2.25 ⁺⁺	50/25
D 8.4/2.8	8.4/2.8	7.85/2.25 ⁺⁺	75/25
D 11.2/2.8	11.2/2.8	10.1/2.25 ⁺⁺	100/25
D 11.2/5.6	11.2/5.6	10.1/4.75 ⁺⁺	100/50
-	15.1/2.8	13.4/2.25 ⁺⁺	135/25
D 15.1/5.6	15.1/5.6	13.4/4.75 ⁺⁺	-

E : standard for electrolytic tinplate

D : standard for differentially coated electrolytic tinplate

+ : น้ำหนักของดีบุกทั้งสองด้าน

++ : น้ำหนักของดีบุกในแต่ละด้าน

1.2 กระจกเคลือบแลคเกอร์ (lacquered can)

กระจกชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในระยะเวลาหลังเมื่อพบว่ากระจกเคลือบดีบุกมีปัญหาการเคลือบแลคเกอร์ โดยการเคลือบทับบนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกอีกชั้นหนึ่ง

1.3 กระจกอะลูมิเนียม (aluminium can)

โลหะอื่นที่นำมาใช้ทำภาชนะบรรจุที่ได้รับความนิยมมากคือ อะลูมิเนียม ที่ใช้กันมี 4 แบบคือ แบบเปิดกันและฝา แบบมีขอบต่ำ แบบมีขอบสูง และแบบที่ผลิตโดยวิธี impact extruded process

1.4 Composite can

เป็นกระจกที่ทำจากวัสดุ 2 ชนิดคือ ตัวทำด้วยกระดาษกราฟแล้วบุด้วยแผ่นอะลูมิเนียม หรือกระดาษชุบเทียน หรือ parchment paper แต่ฝาทำด้วยโลหะหรือพลาสติก

2. แลคเกอร์สำหรับเคลือบภาชนะบรรจุอาหาร มีดังนี้ (12)

2.1 Oleoresinous เป็นแลคเกอร์ที่ทำจาก natural gums และ resins แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1 "R"-enamel เป็นชนิดที่ใช้เคลือบกระจกบรรจุผัก ผลไม้ที่สีจำพวก anthocyanins เช่น blue berries, cherries ผลไม้พวกนี้ถ้าบรรจุในกระจกเคลือบดีบุก ดีบุกที่ละลายออกมาจะทำให้สีของผลไม้ซีด

2.1.2 "C"-enamel เป็นแลคเกอร์ที่มี zinc oxide 15% สามารถป้องกัน black sulfide อันเกิดจาก sulfur-amino acids ของอาหารที่โปรตีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล เป็นต้น ทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุกได้สารประกอบที่มีสีเทาหรือดำขึ้นที่ผิวภายในกระจก zinc oxide ที่มีอยู่ในแลคเกอร์จะไปทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุกให้สารประกอบไม่มีสี

2.2 Phenolic เหมาะสำหรับใช้กับอาหารทะเล เนื้อสัตว์ pet food แลคเกอร์ชนิดนี้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่า oleoresinous แต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งจะทำให้กลิ่นและรสชาติของ อาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลง

2.3 Epoxy เป็นแลคเกอร์ที่ทนต่อความร้อนสูงได้ดี มีความยืดหยุ่นสูง ไม่ทำให้รสชาติของอาหารผิดปกติ เหมาะสำหรับบรรจุอาหารได้หลายชนิด เช่น ปลา เนื้อ ผัก ผลไม้

2.4 Vinyl ใช้เคลือบทับแลคเกอร์ชนิด oleoresinous หรือ phenolic โดยใช้เป็น double coating ใช้กับอาหารที่มีการกักร้อนสูง แต่ไม่ทนต่อความร้อน จึงเหมาะกับอาหารที่มีการกักร้อน สูง และผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200^oF

3. ชนิดของการกัดกร่อน (corrosion) ของกระป๋อง (13) (14) แสดงไว้ในตารางที่ 4

การกัดกร่อนคือ ปฏิกิริยาระหว่างภาชนะโลหะที่บรรจุอาหารกับอาหารที่บรรจุในภาชนะนั้น โดยเฉพาะอาหารที่เป็นกรด เช่น ผัก และผลไม้ มีผลทำให้โลหะที่ใช้ทำภาชนะบรรจุละลายออกมา ซึ่งการกัดกร่อนมีหลายชนิดดังต่อไปนี้ คือ

3.1 Perforation เป็นการกัดกร่อนที่เกิดเฉพาะที่ (localized corrosion) เป็นผลให้เกิดการรั่วแบบรูเข็ม (pin hole) การกัดกร่อนแบบนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้กระป๋องที่เกิดการรั่วแบบรูเข็มสูญเสียไปเท่านั้นยังทำให้กระป๋องอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันเกิดสนิมเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่รั่วออกมาอีกด้วย

3.2 Springers หรือ Swells เป็นการกัดกร่อนที่ทำให้เกิดการบวมของกระป๋องซึ่งเกิดจากการที่มีแก๊สไฮโดรเจนสะสมอยู่บริเวณ headspace ของกระป๋อง แม้ว่าอาหารที่อยู่ภายในกระป๋องที่บวม เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนจะบริโภคได้ก็ตาม แต่ผู้บริโภคไม่สามารถจะยอมรับได้ เพราะอาหารที่เสียเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระป๋องจะมีลักษณะเช่นเดียวกันนี้

3.3 Detinning เป็นการละลายของดีบุกจากผิวภายในของกระป๋องซึ่งเกิดได้ทั้งกระป๋องเคลือบดีบุกและกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ถ้าการละลายของดีบุกเกิดขึ้นไม่มากนัก ผลิตภัณฑ์นั้นยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่ถ้าเกิด localized detinning จนกระทั่งถึงเนื้อของแผ่นเหล็ก ผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่ใช่ที่ยอมรับ การละลายของดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องบางชนิดจะฟอกสีของอาหารและทำให้รสชาติของอาหารดีขึ้น เช่น สับปะรดกระป๋อง ส้ม แต่ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดจะไม่ใช่ที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น สตรอเบอร์รี่

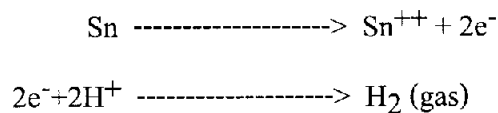
3.4 Rusting เป็นการกัดกร่อนที่ทำให้เกิดสนิมขึ้นภายในกระป๋องซึ่งการเกิดสนิมจะเกิดขึ้นบริเวณ headspace ที่มีแก๊สออกซิเจนจำนวนมาก ถ้าเกิดสนิมขึ้นมากจะทำให้เกิด perforation ได้

3.5 Enamel lifting เป็นการที่แลคเกอร์ที่เคลือบผิวของดีบุกหลุดออกมา ทำให้พื้นที่ผิวของดีบุกสัมผัสกับอาหารเพิ่มขึ้น จึงเพิ่มการกัดกร่อน

4. การกัดกร่อนของกระป๋องเคลือบดีบุก (15)

กระป๋องชนิดนี้ถึงแม้จะมีพื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยดีบุก แต่ถ้าตรวจดูให้ละเอียดแล้วจะพบว่ามีส่วนดีบุกเคลือบไม่ติดเหมือนเป็นจุดเล็ก ๆ อีกจำนวนมาก เมื่อนำอาหารใส่กระป๋องอาหารจะสัมผัสดีบุกและเหล็กที่จุดเหล่านี้ ประกอบกับอาหารทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นอ็อกซิไดรไลต์ ทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าขึ้นระหว่างโลหะทั้งสอง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์มาตรฐานแล้ว เหล็ก(Fe) จะเกิดการกัดกร่อนได้ดีกว่า ดีบุก(Sn) ดังนั้นในระยะแรกของการกัด

กร่อนเหล็กจึงสภาพเป็น anode(-) คือเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน และดีบุกมีสภาพเป็น cathode (+) เกิดการสะสมของ H^+ จนกระทั่ง H^+ มีมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า high hydrogen over potential เป็นผลให้เกิด reversal of polarity กล่าวคือ ดีบุกจะกลายเป็น anode เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนเกิด stannous ion (Sn^{2+}) และเกิด H_2 ตำแหน่งที่เหล็กสัมผัสกับอาหาร (16) แต่ถ้าในกระป๋องมีออกซิเจนอยู่ด้วย การรวมตัวของไฮโดรเจนและออกซิเจนจะเกิดขึ้นทันที และมีผลให้ก๊าซไฮโดรเจนหายไปหมด การกัดกร่อนของอาหารจะเร็วยิ่งขึ้น ปฏิกิริยาการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นโดยดีบุกเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ดังปฏิกิริยา (17) (18)



5. ปัจจัยที่มีผลต่อการกัดกร่อนภายในของผลไม้กระป๋อง

5.1 แผ่นเหล็กที่ใช้ทำกระป๋อง

5.1.1 ความหนาของชั้นดีบุก (thickness of tin coating)

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (tinplate) หมายถึง แผ่นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ๆ ผ่านการรีดจนเป็นแผ่นบาง ๆ มีความหนาตั้งแต่ 0.15-0.05 มม. แล้วนำมาเคลือบดีบุกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสนิมที่ผิวของเหล็ก ตามกรรมวิธีการผลิตแผ่นเหล็ก ได้มีการทดลองใช้กระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กที่ผ่าน กระบวนการผลิต 2 แบบ คือ hot dipped tinplate และ electrolytic tinplate บรรจุน้ำมะม่วง เข้มข้น และกลีบส้ม นำไปเก็บไว้ในตู้ความชื้น 37 ซ เป็นเวลานาน 12 เดือน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณดีบุก ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและตรวจสอบลักษณะภายในกระป๋องทุก ๆ 3 เดือน ผลการทดลองพบว่า น้ำมะม่วงเข้มข้นและกลีบส้ม ที่บรรจุในกระป๋องที่ทำจาก electrolytic tinplate จะมีดีบุกละลายออกมามากกว่ากระป๋องที่ทำจาก hot dipped tinplate และเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน 12 เดือน กระป๋องที่ทำจาก electrolytic tinplate มีการละลายของดีบุกอยู่ในขั้นสมบูรณ์ (complete detinning) กระป๋องที่ทำจาก hot dipped tinplate การละลายของดีบุกอยู่ในขั้นปานกลาง (medium detinning) ที่เป็นเช่นนี้เพราะ hot dipped tinplate มีความหนาและความต่อเนื่อง (continuity) ของชั้น tin-iron alloy มากกว่า electrolytic tinplate ซึ่งความต้านทานการกัดกร่อนขึ้นกับความหนาและความต่อเนื่องของชั้น alloy (19)

5.1.2 แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกเคลือบแลคเกอร์ (lacquered tinplate)

วัตถุประสงค์ของการเคลือบภาชนะบรรจุอาหารด้วยแลคเกอร์ คือ (19)

5.1.2.1 เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างภาชนะบรรจุกับผลิตภัณฑ์

5.1.2.2. เพื่อป้องกันการเกิด corrosion ที่เรียกว่า under film staining โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างผลิตภัณฑ์กับดีบุก

5.1.2.3 เพื่อความสวยงาม ฝากระป๋องด้านนอกที่เคลือบแลคเกอร์ลักษณะสวยกว่าฝากระป๋องที่เคลือบด้วยดีบุกธรรมดา

5.1.2.4 เพื่อลดการใช้ปริมาณดีบุกที่ใช้เคลือบ เพื่อลดต้นทุน

ได้มีการทดลองศึกษาผลของแลคเกอร์ (ซึ่งในรายงานมิได้ระบุชนิดของแลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋อง บรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น (mango nectar) โดยใช้กระป๋อง 4 ชนิด

1. กระป๋องไม้เคลือบแลคเกอร์ (plain body and plain ends)
2. กระป๋องไม้เคลือบแลคเกอร์ ฝาและก้นกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (plain body and lacquered ends)
3. กระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์ทั้งตัว ฝา และก้น (lacquered body and lacquered ends)
4. กระป๋องตัวเคลือบแลคเกอร์ ฝา และก้น ไม้เคลือบแลคเกอร์ (lacquered body and plain ends)

เมื่อบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37^oซ และที่อุณหภูมิห้อง (25-28^oซ) แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณดีบุก ทดสอบทางประสาทสัมผัส ตรวจสอบลักษณะการกัดกร่อนทุก 3 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน จากการทดลองพบว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นที่บรรจุในกระป๋องชนิดที่ 3 และ 4 เมื่อเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 37^oซ นาน 6 เดือน จะมีกลิ่นแลคเกอร์ รสขมเล็กน้อย แต่ปริมาณดีบุกต่ำกว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นบรรจุ ในกระป๋องชนิดที่ 1 และ 2 (20) (21)

5.2 ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิต

5.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

โดยทั่วไปผลไม้กระป๋องจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 7 ซึ่งในผลไม้กระป๋อง ส่วนใหญ่ เมื่อความเป็นกรด-ด่างต่ำลงการกัดกร่อนจะมีมากขึ้น แต่มีผลไม้บางชนิด เช่น white cherries การบรรจุกระป๋องค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า gooseberries กลับมีการกัดกร่อนสูงกว่า กรดอินทรีย์บางชนิดเร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อนในผลไม้ชนิดหนึ่ง แต่ยับยั้งในผลไม้ อีกชนิดหนึ่ง เช่น กรดอินทรีย์เมื่อเติมลงในสตรอเบอรี่หรือราสเบอรี่ บรรจุกระป๋อง 0.2-0.3 %

ทำให้การกักกร่อนเพิ่มขึ้น แต่ในเซอร์รั๊กกลับช่วยลดการกักกร่อนลงเนื่องจากกรดซิตริกจะไปทำให้สารเร่งการกักกร่อนลดความรุนแรงลง จึงมีผู้สรุปว่าการกักกร่อนขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอินทรีย์ และชนิดของผลไม้ด้วย ไม่ได้ขึ้นกับความแตกต่างเพียงอย่างเดียว(10)

5.2.2 ช่องว่างบนอาหารและสูญญากาศ (headspace & vacuum)

แม้ว่าการใช้เทคนิคใหม่ ๆ เพื่อกำจัดออกซิเจนในกระป๋องออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เช่นการพ่นไอน้ำเข้าไปในบริเวณช่องว่างบนอาหารก่อนปิดกระป๋อง หรือบรรจุอาหารให้เหลือช่องว่างบนอาหารน้อยที่สุด เป็นต้น แต่ยังมีออกซิเจนบางส่วนเหลืออยู่บนช่องว่างและละลายอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวของอาหารกระป๋อง ออกซิเจนจะรวมตัวกับไฮโดรเจนที่เกิดจากการกักกร่อนของกระป๋องเคลือบดินบุก ทำให้ การกักกร่อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (22)

ได้มีผู้ทำการทดลองศึกษาถึงผลของช่องว่างบนอาหาร และความเป็นสูญญากาศของกระป๋องต่อการละลายของดินบุกในซอสแอปเปิ้ลบรรจุกระป๋อง พบว่าสูญญากาศของกระป๋องจะเพิ่มขึ้นเมื่อช่องว่างของอาหารลดลง ทำให้การละลายของดินบุกลดลงด้วย (23)

5.2.3 เวลาและอุณหภูมิที่เก็บ

อาหารกระป๋องที่เก็บไว้บริเวณที่มีอุณหภูมิยิ่งสูงการกักกร่อนจะมีมากขึ้น จากที่มีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าพบว่าผลไม้หลายชนิดที่บรรจุกระป๋อง และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 72^oฟ (25-30^oซ) จะมีอายุการเก็บไว้ได้นานกว่าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 100^oฟ (37.8^oซ) (24)

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้กระป๋อง

การเปลี่ยนสีของอาหารกระป๋องเป็นปัญหาที่สำคัญมากการเปลี่ยนสีของผักและผลไม้กระป๋องมีสาเหตุดังต่อไปนี้

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ในผัก ผลไม้กระป๋องจะเป็น Maillard reaction , ascorbic acid oxidation และ sugar acid complexes (25)

6.1 Maillard reaction เกิดจากปฏิกิริยาของหมู่อะมิโน เช่น กรดอะมิโน กับ carboxyl group ที่เป็นอิสระของน้ำตาล ทำให้เกิดสาร intermediate หลายตัว เช่น hydroxymethylfurfural (HMF), furfural เป็นต้น ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้สารประกอบสีน้ำตาลพวก melanoidins (26)

6.2 Ascorbic oxidation กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีนอกจากให้คุณค่าทางอาหารแล้วยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้แปรรูปด้วย เช่น การเกิดสีคล้ำในน้ำผลไม้ กรดแอสคอร์บิกถูกทำลายได้ง่ายระหว่างการแปรรูปโดยจะสลายตัวให้สารประกอบพวก

2,3-diketoascorbic acid , -ketogulonic acid สารเหล่านี้จะสลายตัวต่อไปให้สารที่มีความไวสูง เช่น furfural, osone of L-xylose ในสถานะที่เป็นกรด furfural จะรวมตัวกับ aldehyde หรือ ketone หรือ amino acids ได้สารประกอบสีน้ำตาลพวก melanoidins (27)

6.3 sugar acid complexes เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการสลายตัวของน้ำตาล ในสถานะที่เป็นกรด ทำให้เกิดสารพวก furfuraldehyde สารเหล่านี้จะรวมตัวกันเอง (polymerization) หรือรวมตัวกับสารประกอบไนโตรเจนเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล (28 และ 29)

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพโดยเฉพาะในเรื่องการเปลี่ยนสี ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และที่มีผลทั้งการละลายของดีบุกนั้นมีตัวแปรที่สำคัญ คือ ascorbic acid, total reducing sugar, amino acids, และ hydroxymethylfurfural ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning

7. การเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติ

เนื้อของผลไม้ที่มีสีขาวหรือสีอ่อนเช่นสับปะรด ส้ม องุ่น พุดสลด ควรรบรรจุในกระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ซึ่งปริมาณดีบุกที่ละลายออกมาในน้ำเชื่อมช่วยให้กลิ่นและรสชาติของผลไม้กระป๋องดีขึ้น

ได้มีการศึกษาถึงผลของชนิดของกระป๋องต่อกลิ่นและรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้นบรรจุในกระป๋อง 4 ชนิด คือ ไม้เคลือบแลคเกอร์ (plain can) กระป๋องเคลือบแลคเกอร์เฉพาะที่ฝาและก้น กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั้งตัว ฝาและก้น และกระป๋องเคลือบแลคเกอร์เฉพาะที่ตัวกระป๋อง ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ระบุชนิดของแลคเกอร์ที่เคลือบ พบว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั่วทั้งกระป๋องเก็บไว้ ณ อุณหภูมิห้อง (25-30°C) นาน 3 เดือนจะทำให้มีกลิ่นแลคเกอร์ (30)

8. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อ

ลักษณะเนื้อของผลไม้กระป๋องเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก protopectin ซึ่งเป็นสารไม่ละลายน้ำเมื่อโดนความร้อนระหว่างต้มฆ่าเชื้อจะเปลี่ยนเป็น pectin ที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นการฆ่าเชื้อ ถ้าใช้เวลานานเกินไปทำให้เนื้อของผลไม้นุ่ม (19)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

งานศึกษาทดลองในกิจกรรมนี้มีวัสดุอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

1. ศึกษานิตของกระป๋องที่บรรจุผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมี 3 ชนิด คือ

1.1 กระป๋องเคลือบดีบุก (plain can)

1.2 กระป๋องเคลือบแลคเกอร์เฉพาะที่ฝาและก้นกระป๋อง ตัวไม่เคลือบ (partially lacquered can)

1.3 กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั้งตัว ฝาและก้นกระป๋อง (fully lacquered can)

2. ชนิดของตัวอย่าง

กิจกรรมนี้ต้องการศึกษาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการละลายของโลหะและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารกระป๋อง ตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาทดลองนี้ได้คัดเลือกจากผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่มีการส่งออกมาก และชนิดของกระป๋องเป็นชนิดที่ใช้บรรจุในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่

2.1 สับประรดกระป๋อง กระป๋องเป็นชนิดเคลือบดีบุก จัดเป็นอาหารชนิดที่มีความเป็นกรดสูง

2.2 ฟรุตคอกเทล (fruit cocktail) ประกอบด้วยผลไม้หลายชนิดได้แก่ สับประรด มะละกอ ฝรั่ง องุ่น และลูกตาล กระป๋องเป็นชนิดตัวกระป๋องไม่เคลือบแลคเกอร์ ส่วนฝาและก้นเคลือบแลคเกอร์ จัดเป็น อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง

2.3 ข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำเกลือ (young sweet corn in brine) บรรจุกระป๋องชนิดเคลือบแลคเกอร์สีทองทั้งตัวฝาและก้น จัดเป็นอาหารประเภทมีความเป็นกรดต่ำ

2.4 ปลาทูน่า (ในน้ำมัน) บรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์สีเทาทั้งตัว ฝาและก้น จัดเป็น อาหารประเภทมีความเป็นกรดต่ำ

3. ขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระป๋อง

ก. กระป๋องก่อนนำไปบรรจุผลิตภัณฑ์

ข. กระป๋องภายหลังบรรจุผลิตภัณฑ์ ทุก ๆ 3 เดือนจนครบ 2 ปี

3.1.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1.1.1 เครื่องมือ

3.1.1.1.1 Seam Saw

3.1.1.1.2 Seam Projector

3.1.1.1.3 Micrometer

3.1.1.2 ขั้นตอนและวิธีวิเคราะห์

กระป๋องนำมาทำความสะอาดแล้วทำให้แห้ง ตัด cross section ของตะเข็บกระป๋องด้วยเครื่อง seam saw อ่านระยะซันของตะเข็บด้วย seam projector

ตรวจข้อบกพร่องของตะเข็บ เช่น รอยย่นของขอลำ ตะเข็บหย่อน เป็นต้น โดยใช้ข้อมูลการตรวจพินิจจากเครื่อง seam projector และ micrometer ประกอบกัน

3.1.2 วิเคราะห์ทางเคมี

ปริมาณดีบุกที่เคลือบกระป๋อง

วิธีวิเคราะห์ ตาม มอก. 90-2530 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระป๋อง โลหะสำหรับบรรจุอาหาร (31)

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของอาหารกระป๋อง

3.2.1 วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

โดยการตรวจพินิจ ใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญ จำนวน 5 คน ให้คะแนนตามคุณลักษณะ ดังนี้

สีของเนื้ออาหาร และน้ำที่บรรจุ

กลิ่น และรสชาติของอาหาร

ลักษณะของเนื้ออาหาร

3.2.2 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

3.2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องวัดสุญญากาศ

เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

Atomic Absorption Spectrometer

เครื่องชั่ง

เครื่องตีปั่น (waring blender)

3.2.2.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

3.2.2.2.1 ชั่งน้ำหนักของกระป๋องและอาหาร

3.2.2.2.2 วัดอุณหภูมิอากาศภายในกระป๋อง

3.2.2.2.3 วัดช่องว่างบนอาหาร

3.2.2.2.4 ชั่งน้ำหนักกระป๋องเพื่อหาน้ำหนักสุทธิ

3.2.2.2.5 ชั่งน้ำหนักเนื้ออาหาร

3.2.2.2.6 วัดความชื้นของน้ำที่บรรจุ (degree Brix)

3.2.2.2.7 ตีปั่นตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่อง waring blender แล้ว

นำ ส่วนนี้ไปวิเคราะห์หาปริมาณดีบุก ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก ปริมาณกรด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter

3.2.2.2.8 วิเคราะห์ปริมาณกรดซิตริก (32)

ตัวอย่าง 3.2.2.2.7 นำมากรองผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 ส่วนที่กรองได้ชั่งให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน จำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ติเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH โดยใช้ phenolphthalene indicator คำนวณปริมาณกรดซิตริกจากสูตร 1 มล.ของ 0.1 N NaOH = 0.0064 กรัม citric acid

3.2.2.2.9 วิเคราะห์ปริมาณโลหะ (33)

เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์

Atomic Absorption Spectrometer

ดีบุก อ่านค่า absorbance ที่ 235.5 นาโนเมตร

ตะกั่ว " " 217.0 "

ทองแดง " " 324.7 "

เหล็ก " " 428.3 "

ขั้นตอนการวิเคราะห์

ซึ่งตัวอย่าง 3.2.2.2.7 25 กรัม ให้นำน้ำหนักแน่นอน ถ่ายใส่ขวด kjeldahl flask 250 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติม 5 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริกเข้มข้น ตั้งบนเตาไฟฟ้า ค่อย ๆ เพิ่มความร้อนทีละน้อย ๆ จนสารละลายเดือดช้า ๆ ต้มต่อไปจนควันของกรดไนตริก จางลง ยกขึ้นและทำให้เย็น เติมกรดไนตริกต่อไป ครั้งละ 10 มล. ค่อย ๆ ให้ความร้อน ทำซ้ำจนสารละลาย ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ๆ เติมน้ำกลั่นครั้งสุดท้าย ต้มไล่ควันของกรดไนตริกจนมีควันสีขาวของกรดซัลฟูริกเกิดขึ้น ยกลงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายใส่ขวด volumetric flask 100 มิลลิลิตร ล้างด้วย de-ionized water เติมน้ำจนปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

วัดค่า absorbance ของดีบุก ตะกั่ว ทองแดง และเหล็ก ด้วยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrometer คำนวณปริมาณโลหะโดยเทียบกับโลหะมาตรฐานที่ดำเนินการโดยวิธีเดียวกัน

ผลการทดลอง

1. ผลวิเคราะห์คุณภาพของกระป๋อง โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณดีบุกที่เคลือบด้านในของกระป๋องก่อนบรรจุ และภายหลังการบรรจุทุก ๆ 3 เดือนจนครบ 2 ปี (ตารางที่ 4 และกราฟรูปที่ 1) ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

1.1 กระป๋องชนิด plain can ปริมาณดีบุกลดลงคิดเป็นร้อยละ 19.0 (ค่าเฉลี่ย)

1.2 กระป๋องชนิดตัว plain ฝาและก้นเคลือบแลคเกอร์ (partially lacquered can) ปริมาณดีบุกลดลงคิดเป็นร้อยละ 16.4

1.3 กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can) ปริมาณดีบุกไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากการตรวจพินิจ ของกระป๋องชนิด plain can ปรากฏรอยถลอกและมีคราบสีดำเกิดขึ้นมากเมื่อมีอายุการเก็บมากกว่า 12 เดือนขึ้นไป และมากกว่า 18 เดือนขึ้นไปสำหรับกระป๋องชนิด partially lacquered can ส่วนกระป๋องชนิด fully lacquered can ไม่ปรากฏรอยกัดกร่อน

2. ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

2.1 ความเป็นสุญญากาศ (vacuum)

สุญญากาศของอาหารที่บรรจุกระป๋อง plain can น้อยกว่าอาหารที่บรรจุกระป๋อง partially lacquered can และ fully lacquered can จากตารางที่ 5 จะเห็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างและสุญญากาศจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำ สุญญากาศ ภายในกระป๋องต่ำ ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น สุญญากาศภายในกระป๋องเพิ่มขึ้นด้วย

ภายหลังการเก็บไว้นาน 2 ปี พบว่าสุญญากาศภายในกระป๋องลดลง แต่ค่าความเป็น กรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลง

สุญญากาศภายในกระป๋องเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการกัดกร่อนด้วย กระป๋องที่มีค่าสุญญากาศสูงการกัดกร่อนลดลง (23)

2.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าการใช้กระป๋อง plain can จะมีการเปลี่ยนแปลง ทางกายภาพเมื่อเก็บไว้นาน 1 ปี (ตารางที่ 6) กล่าวคือ น้ำที่บรรจุขุ่น ลักษณะเนื้ออาหารนิ่ม

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะ ได้แก่ ดีบุก เหล็ก ตะกั่ว และทองแดง ตั้งแต่เริ่มบรรจุ และทุก ๆ 3 เดือน จนมีอายุการเก็บนาน 2 ปี พบว่าปริมาณโลหะที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ดีบุกและเหล็กตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ชนิดของกระป๋อง ความเป็นกรด-ด่าง และระยะเวลาการเก็บ

3.1 ชนิดของกระป๋อง

จากตารางที่ 7 และกราฟรูปที่ 2 จะเห็นว่าอาหารกระป๋องที่บรรจุใหม่ ๆ (อายุ 0 เดือน) และทุก ๆ 3 เดือนของอายุการเก็บ ปริมาณดีบุกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บไว้ 12 เดือน โดยเฉพาะที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can และ partially lacquered can แต่ตรวจไม่พบ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในอาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด fully lacquered can

3.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการเพิ่มของดีบุกแตกต่างกัน (ตารางที่ 7 และกราฟรูปที่ 2) โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.7 มีอัตราการเพิ่มของดีบุกแต่ละช่วงของอายุการเก็บมีมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0 ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงอายุ 12 เดือน และหลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของดีบุกไม่แตกต่างกันมาก

3.3 อายุการเก็บ

3.3.1 ปริมาณดีบุกในทุกตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทดลอง พบว่ากระป๋องชนิด plain can และ partially lacquered can เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บ (ตารางที่ 7 และกราฟรูปที่ 2)

3.3.2 จากตารางที่ 8 และกราฟรูปที่ 3 พบว่าปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บในทุกตัวอย่างและทุกชนิดของกระป๋องที่บรรจุ กระป๋องชนิด fully lacquered can จะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าชนิด partially lacquered can และ plain can ทั้งนี้เนื่องจากผิวหน้าที่เป็นดีบุกนั้นถูกเคลือบไว้ด้วยแลคเกอร์ การเกิด Sn^{++} ทำได้ยาก การกัดกร่อนจึงเกิดได้เฉพาะเหล็กที่ถูก exposed เท่านั้น ซึ่งจะเห็นเป็นตามดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป เหล็กทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพตามธรรมชาติของอาหาร จะเห็นว่าอาหารที่บรรจุกระป๋อง lacquered can มีอายุการเก็บ (shelf-life) น้อยกว่าที่บรรจุกระป๋อง plain can เสียอีก

3.3.3 โลหะอื่น ๆ ได้แก่ ทองแดงและตะกั่ว จากตารางที่ 9,10 และกราฟรูปที่ 4 พบว่าชนิดของกระป๋อง ความเป็นกรด-ด่าง และอายุการเก็บ ไม่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

วิจารณ์ผล

การกักร่อนภายในกระป๋องก่อให้เกิดการสูญเสียอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร กระป๋อง อาหารทุกชนิดมีปฏิกิริยากับโลหะมากบ้างน้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร คุณภาพของกระป๋อง กระป๋องทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกถ้าตรวจดูให้ละเอียดจะพบว่ายังมีส่วนที่ดีบุกเคลือบไม่ติดเหลือเป็นจุดเล็ก ๆ จำนวนมาก เมื่อบรรจุอาหาร อาหารจะสัมผัสดีบุกและเหล็กที่จุดนี้ ประกอบกับอาหารมีคุณสมบัติเป็น electrolyte ไม่มากนักน้อย จึงทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าขึ้นระหว่างโลหะทั้งสองซึ่งเป็นผลให้เกิดการกักร่อนขึ้น เพื่อป้องกันการกักร่อนเช่นนี้ และให้อาหารมีอายุการเก็บนานขึ้นนั้น มีแนวทางแก้ไข ดังนี้

1. น้ำหนักดีบุกที่เคลือบแผ่นเหล็กในการทำกระป๋องต้องหนาเพียงพอ โดยเฉพาะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4 จะมีอัตราการกักร่อนสูง เช่น ผลไม้กระป๋อง ควรใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกภายในไม่น้อยกว่า 11.2 กรัมต่อตารางเมตร หรือน้ำหนักดีบุกที่เคลือบทั้ง 2 ด้านเฉลี่ยต่ำสุด 20.2 กรัมต่อตารางเมตร (34) ดูจากตารางที่ 2 และ 3
2. กระป๋องบรรจุอาหารประเภทเนื้อสัตว์ มักมีส่วนประกอบของกำมะถัน หรือผลไม้ที่มีสารประกอบแอนโทไซยานิน เช่น องุ่น สตรอเบอร์รี่ เป็นต้น แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาการกักร่อนจึงควรเลือกใช้กระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์

แต่ผลไม้ที่ไม่มีแอนโทไซยานิน เช่น สับปะรด สารคาโรทีนอยด์ในผลไม้จะรวมตัวกับดีบุกเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน และกลับทำให้สีและรสชาติของผลไม้ดีขึ้น อาหารประเภทนี้จึงไม่ควรใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ควรใช้กระป๋องเคลือบดีบุกที่มีความหนาของดีบุกที่เหมาะสมดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1

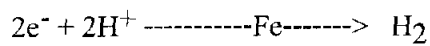
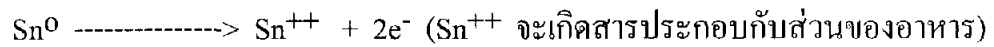
อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำและโปรตีนสูง ควรใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ เพราะอาหารที่มีโปรตีนเมื่อโดนความร้อนระหว่างการฆ่าเชื้อ บางส่วนของโปรตีนจะสลายตัวให้สารประกอบของซัลเฟอร์ (sulfur compounds) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ได้สารประกอบ tin sulfide มีสีเทาซึ่งไม่มีผลต่ออาหาร นอกจากในบางกรณีที่เหล็ก exposed อันเกิดจากการเคลือบดีบุกไม่เหมาะสม จะเห็นเป็นสีดำของ iron sulfide ในการทำกระป๋องแม้จะเคลือบดีบุกหนาเพียงไรก็ตามก็จะมีเหล็กโผล่บ้าง ดังนั้นการบรรจุอาหารที่มีโปรตีนสูง เช่น อาหารทะเล เนื้อสัตว์ ควรใช้กระป๋องชนิดเคลือบแลคเกอร์

แลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องได้แก่ epoxy-phenolic กระป๋องบรรจุผลไม้ที่มี anthocyanin แลคเกอร์ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติทนต่อการกักร่อนของกรดและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างดีบุกกับสาร anthocyanin แลคเกอร์ที่ใช้นิยมใช้แลคเกอร์สีทอง ซึ่งเกิดจากการ

เติมสังกะสีออกไซด์ลงไป epoxy-phenolic ที่ใช้สำหรับเนื้อสัตว์ควรใช้แลคเกอร์สีเทา เกิดจากการใส่เม็ดสีอะลูมิเนียม

3. การควบคุมสุญญากาศภายในกระป๋อง

เมื่อนำอาหารใส่กระป๋อง อาหารจะสัมผัสดีบุกและเหล็ก ประกอบกับอาหารมีคุณสมบัติเป็น electrolyte ซึ่งมีลักษณะเหมือนน้ำเหล็กและดีบุกจุ่มในสารละลาย electrolyte ทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้า เป็นผลทำให้การกัดกร่อนดีบุกมากขึ้น การกัดกร่อนมีผลให้เกิดแก๊สไฮโดรเจน ตรงตำแหน่งที่เหล็กสัมผัสกับอาหาร ถ้าในกระป๋องมีออกซิเจนจะรวมตัวกับไฮโดรเจนทันที เป็นผลให้เกิดการกัดกร่อนเร็วยิ่งขึ้น ดังปฏิกิริยา



ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมสุญญากาศในกระป๋องได้จะทำให้การกัดกร่อนช้าลง หรือโดยการเติม แก๊สเฉื่อยลงไปแทนที่ออกซิเจนบริเวณช่องว่างบนอาหาร

4. ไม่ควรเก็บอาหารกระป๋องไว้นานเกิน 12 เดือน สังกะสีจากผลการทดลองภายหลัง 15 เดือนขึ้นไป ปริมาณดีบุกเพิ่มขึ้นมาก (ตารางที่ 7) และกลิ่น รส และลักษณะเนื้ออาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 8)

สรุป

กิจกรรมเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะและการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง เพื่อการส่งออกได้ศึกษาโดยใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง 4 ชนิดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศได้แก่ สับประคบบรรจุกระป๋องเคลือบดีบุก ฟรุตคอกเทลบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์บางส่วน ข้าวโพดอ่อนบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์และปลาทูนาในน้ำมันบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของกระป๋องและผลิตภัณฑ์ทุกๆ 3 เดือนเป็นเวลา 2 ปี จากการวิเคราะห์ ดีบุก เหล็ก ตะกั่ว และทองแดงพบว่าโลหะที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ดีบุก และเหล็กซึ่งตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้แก่ ชนิดของกระป๋อง ส่วนประกอบและความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาที่เก็บ ปริมาณดีบุกที่เคลือบผิวด้านในกระป๋องและในผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในสับประคบบรรจุกระป๋องและฟรุตคอกเทลเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือนโดยอัตราการเพิ่มของดีบุกแต่ละช่วงของอายุการเก็บของสับประคบบรรจุกระป๋อง(pH=3.7) มากกว่าฟรุตคอกเทลกระป๋อง(pH=4.5)และหลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของดีบุกไม่แตกต่างกันมากนักปริมาณดีบุกที่พบในสับประคบบรรจุกระป๋องและฟรุตคอกเทลกระป๋องเมื่อครบ 2 ปีเป็น 170.0 และ 165.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บในทุกตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กระป๋อง ปริมาณที่พบเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดครบ 2 ปีเป็น 17.1 14.4 4.03 และ 2.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับแต่ไม่เกินค่า ADI (acceptable daily intake) สำหรับ ตะกั่ว และทองแดงชนิดของกระป๋อง ส่วนประกอบและความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และอายุการเก็บไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง 4 ชนิด พบว่าการใช้กระป๋อง plain can จะมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพเมื่อเก็บไว้นาน 1 ปี ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บอาหารกระป๋อง ไว้นานเกิน 12 เดือนและควรเลือกกระป๋องบรรจุอาหารให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท นอกจากนั้นปริมาณดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นเรื่องควรระวังเป็นพิเศษในการควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐานทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพื่อการส่งออก

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคุณทวีชัย พิษผล และคุณสุจินต์ ศรีคงศรีที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ของรายงานงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องชาว กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมดังวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. Howard, A.J., Canning Technology, J&A Churchill Ltd., London, 1949, p.2,p.63
2. Kochler, E.L. and Canonice, C.M. Corrosion, 1957, 13, p.227-370
3. Hirst, F. and Adam, W.B., Hydrogen swells in Canned fruits. The University of Bristol Research Station, Campden, U.K. Monograph No.1, 1937, p.39
4. Thomas, B., Roughan, J.A. and Watters, E.P, Lead and Cadmium Content of some canned fruits and vegetables. J.Scince Food & Agriculture 1973, 24, p.447-449
5. Parada, A.E, Velaseo, G.O, Avila, V.M, Lead content of some canned foods. Food Scince & Technology Abstracts, 1976, 8, No. 7e, p.313
6. Boyer, K.W, Johnson, R.D. Levels of lead, cadmium and zinc in selected canned foods (1980/1981). J. of Food Safety, 1982, 4 (4) p.207-222
7. Wehrer, C. Tin concentration in canned friuts and vegetables. Food Scince & Technology Abstract, 1983, 15, No. 5J, p.726
8. Slorach, S., Jorhem, L. Tin and Lead in Canned Foods on Swedish Market 1979-1981. Food Scince & Technology Abstract, 15, No. 12A, p.871
9. Treptow, H., Askar, A., Bilig, J. Lead in Canned fruits and vegetables. Food Scince & Technology Abstracts, 1978, 10, No. 10J, p.1478
10. Carrasco, O., Food, 1934, 4, p.48
11. ASEAN STANDARD SPECIFICATION FOR ELECTROLYTIC TINPLATE, STANDARD AND INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA
12. M. Brick, J.J. Daly, E.L. Kolhler and A.J. Skibbe (1961) The Selection of Tin Coating for Steel Containers. Metals Handbook p.1133-1141. American Society for Metals
13. *Food Technology in New Zealand*, Nov 1976
14. D. Dickenson (1961) Some New Ideas of the Mechanism of Corrosion of Tin Plate by Fruit, *ibid* 87, p.201-203
15. Problems Associated with Corrosion of Containers Used for Canned Foods. *Food Technology in New Zealand* Nov. 1974, p.19
16. International Corrosion of Tin Plate Container with Food Products. *Indian Food Packer*, 30, No.1-6, 1976, p.9

17. Kohmann, E.F. and Sanborn, N.H., *Ind. Engng. Chem.*, 20, 1928, p.137 ,p.762
18. Lueck,R.H. and Blair,H.T, *Trans, Am. Electrochem, Soc.*, 1928 54, p.247
19. M. Mahadeviah, *Internal Corrosion of Tin Plate Containers with Food Products*, *Indian Food Packer*, 30, No.1-6 (1976)
20. Kohmann, E.F. and Sanborn, N.H, *Ind. Engng.Chem.* 1933, 25(8) , p.920
21. Davis, E.G., *Fd. Preserv. Qly.*, 1957, 17, p.64
22. Hartwell, R.R. *Advances in Food Research*, 3 Academic Press Inc. N.Y. 1951 p.327
23. Hirst, F. and Adam, W.B., *Hydrogen Swells in Canned Fruits*, The University of Bristol Research Station, Compden, U.K. Monograph No.1, 1937, p.78-84
24. *Interantional Corrosion of Tin Plate Container with Food Products .*
Indian Food Packer, 30, No.1-6, 1976, p.15
25. Dickenson, D., *Corros. Technol.*, 1965, 22, p.17
26. Thompson, M.H., *Fd. Technol.*, 1963, 17(5), p.157
27. Hope, G.W., *Food. Technology*, 1961, 15(12), p.548
28. Anon, *Metal Progr.*, 1964, 4(2)
29. *Packaging Abstr.*, 1965, 22(6)
30. *J. of Food Scince and Technology*, 1981, 18, No.1-6
31. มอก. 90-2530 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระป๋องโลหะสำหรับบรรจุอาหาร
32. SRI LANKA STANDARD 591:1982
33. AOAC vol.13, 1984
34. Mahadeviah M., Gowramma R.W., Eipeson W.E. and Sastry L.V.L., *J. Food Technology* 1976, 2 ,273
35. *Guidelines for can manufacturers and food canners* FAO FOOD AND NUTRITION PAPER 36

ภาคผนวก

ตารางที่ 4 การกักร้อนภายในกระป๋องที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 0-24 เดือน โดยวิเคราะห์ปริมาณดิบุกที่เคลือบกระป๋อง (ด้านใน) (กรัม/ตารางเมตร)

ผลิตภัณฑ์	ชนิดกระป๋อง	pH	ระยะเวลา (เดือน)								
			0	3	6	9	12	15	18	21	24
สับประรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม)	plain can	3.7	10.8	9.9	10.0	9.4	9.2	8.9	9.0	9.1	8.6
		3.8	10.2	9.1	9.5	8.7	8.7	8.5	8.4	8.5	8.3
		3.8	10.0	10.3	10.0	9.1	9.6	8.7	8.2	8.3	8.2
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม)	ตัว plain	5.0	10.7	9.9	9.6	9.7	9.6	9.3	9.1	9.0	8.9
	ฝาเคลือบแลคเกอร์	5.0	10.6	9.7	9.5	9.1	9.5	9.3	9.1	9.0	8.9
	(partially lacquered can)	5.0	10.6	9.5	9.5	9.1	9.3	9.2	9.0	9.0	8.9
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ)	เคลือบแลคเกอร์	4.1	3.4	3.6	3.5	3.3	3.3	3.0	3.0	3.6	3.5
	(fully	4.1	3.4	3.6	3.2	3.3	3.3	3.1	3.0	3.6	3.4
	lacquered can)	4.1	3.3	3.5	3.2	3.3	3.4	3.2	3.1	3.9	3.4
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ)	เคลือบแลคเกอร์	6.1	3.7	3.9	3.2	3.3	3.7	3.6	3.7	3.9	3.7
	(fully	6.1	3.7	3.9	3.3	3.4	3.8	3.7	3.5	3.9	3.7
	lacquered can)	6.0	3.7	3.9	3.4	3.3	3.7	3.4	3.6	3.9	3.7

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่าง และสูญเสียธาตุภายในกระป๋อง

ชนิดของกระป๋อง	pH	สูญเสียธาตุ (มม. ปรอท) (ค่าเฉลี่ย)	
		เริ่มบรรจุ	อายุ 2 ปี
Plain can	3.7	76	50
Partially lacquered can	5.0	245	101
Fully lacquered can	4.1	158	34
	6.0	237	99

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารกระป๋องที่มีอายุการเก็บ
ต่างๆ กัน ตั้งแต่ 0-24 เดือน

ชนิดของกระป๋อง	pH	ระยะเวลา (เดือน)							
		0	3	6	9	12	15	18	21
Plain can	3.7	< สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส >				< สี กลิ่น รสปกติ เนื้อนุ่ม น้ำที่บรรจุขุ่น >			
Partially lacquered can	5.0	<-----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----->							
Fully lacquered can	4.1	<-----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----->							
	6.0	<-----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----->							

ตารางที่ 7 ปริมาณดีบุกในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ
ตั้งแต่ 0.24 เดือน

ชนิดของกระป๋อง	pH	ปริมาณดีบุก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
		0 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	15 เดือน	18 เดือน	21 เดือน	24 เดือน
Plain can	3.7	31.6	66.2	78.0	74.0	91.5	104.0	129.7	132.6	170.0
Partially lacquered can	5.0	27.8	33.2	56.8	55.7	66.1	73.9	110.4	137.9	165.8
Fully lacquered can	4.1	<-----ไม่พบ----->								
	6.0	<-----ไม่พบ----->								

ตารางที่ 8 ปริมาณเหล็กในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ
ตั้งแต่ 0-24 เดือน

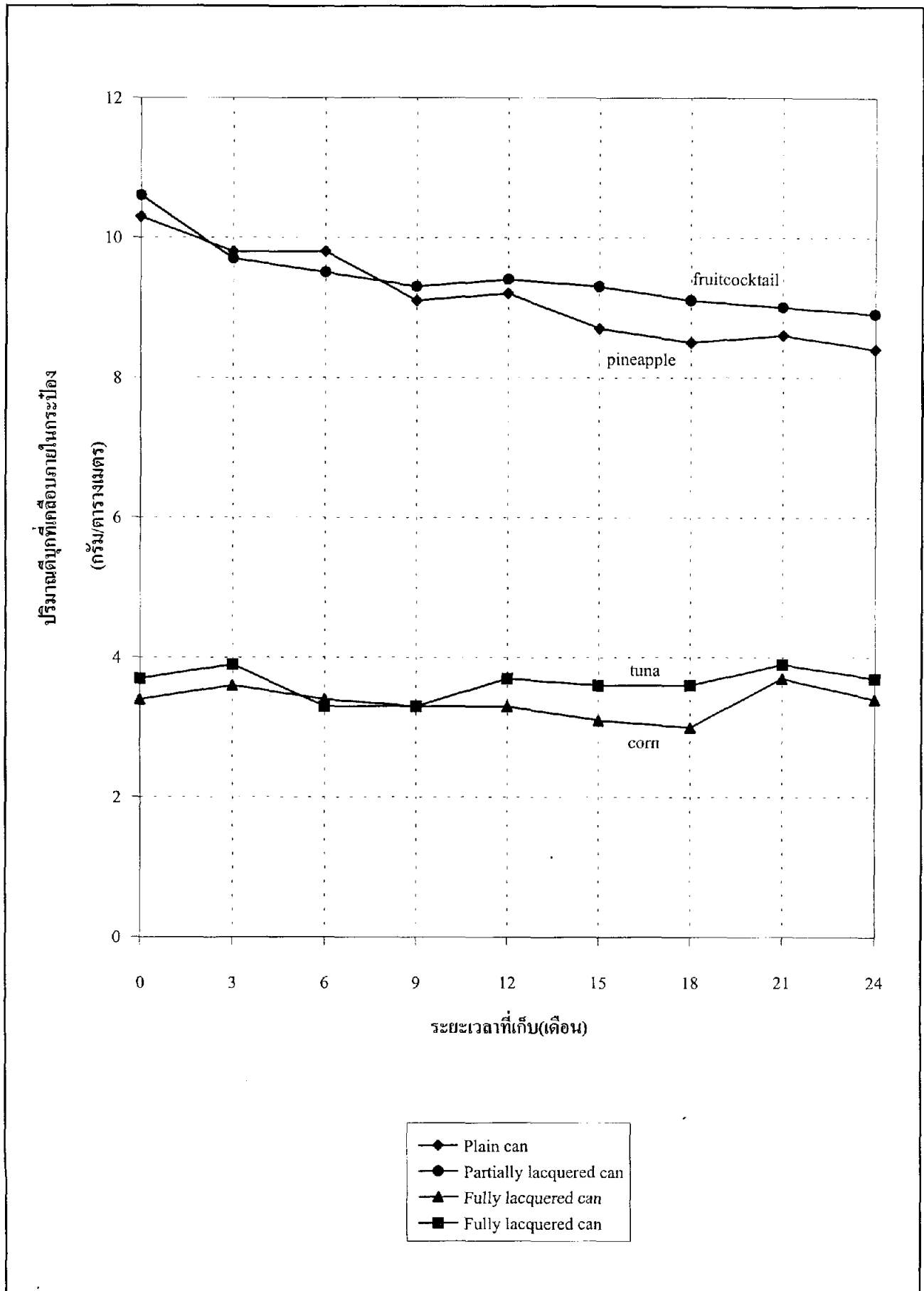
ชนิดของกระป๋อง	pH	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
		0 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	15 เดือน	18 เดือน	21 เดือน	24 เดือน
Plain can	3.7	1.55	1.72	2.13	2.25	2.10	2.00	4.14	3.53	4.03
Partially lacquered can	5.0	1.40	1.50	1.50	1.58	1.63	1.54	1.98	1.56	2.05
Fully lacquered can	4.1	1.61	1.42	3.00	4.44	6.16	7.32	9.11	10.6	14.4
	6.0	12.3	11.8	13.1	16.0	20.5	20.0	20.5	22.2	17.7

ตารางที่ 9 ปริมาณทองแดงในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ
ตั้งแต่ 0-24 เดือน

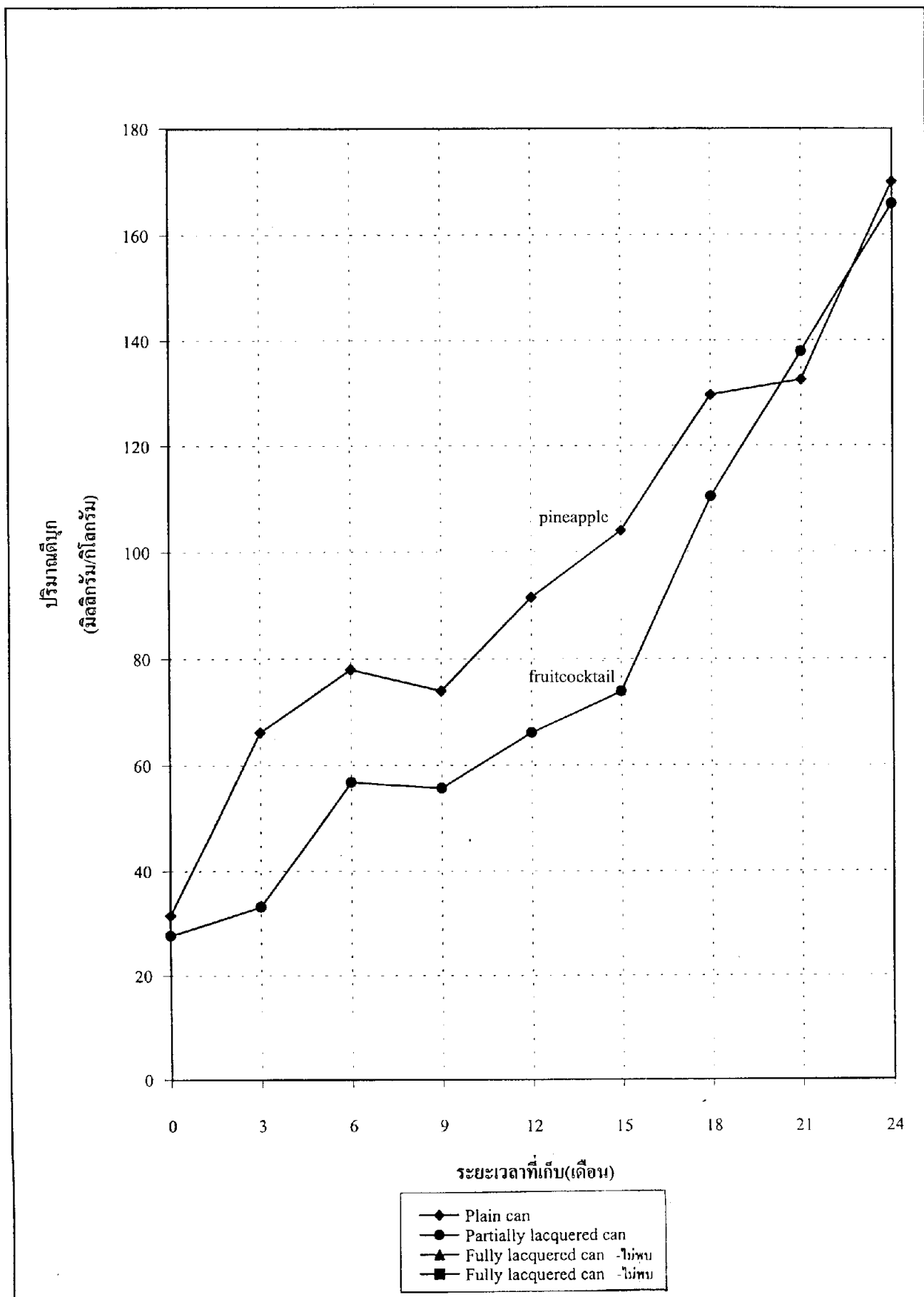
ชนิดของกระป๋อง	pH	ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
		0 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	15 เดือน	18 เดือน	21 เดือน	24 เดือน
Plain can	3.7	.96	.76	.48	.55	.68	.47	.62	.55	.55
Partially lacquered can	5.0	.35	.65	0.62	.37	.31	.31	.41	.40	.41
Fully lacquered can	4.1	.30	.14	.15	.24	.20	.14	.27	.26	.28
	6.0	.61	.60	.53	.66	.49	.70	.66	.54	.59

ตารางที่ 10 ปริมาณตะกั่วในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ
ตั้งแต่ 0-24 เดือน

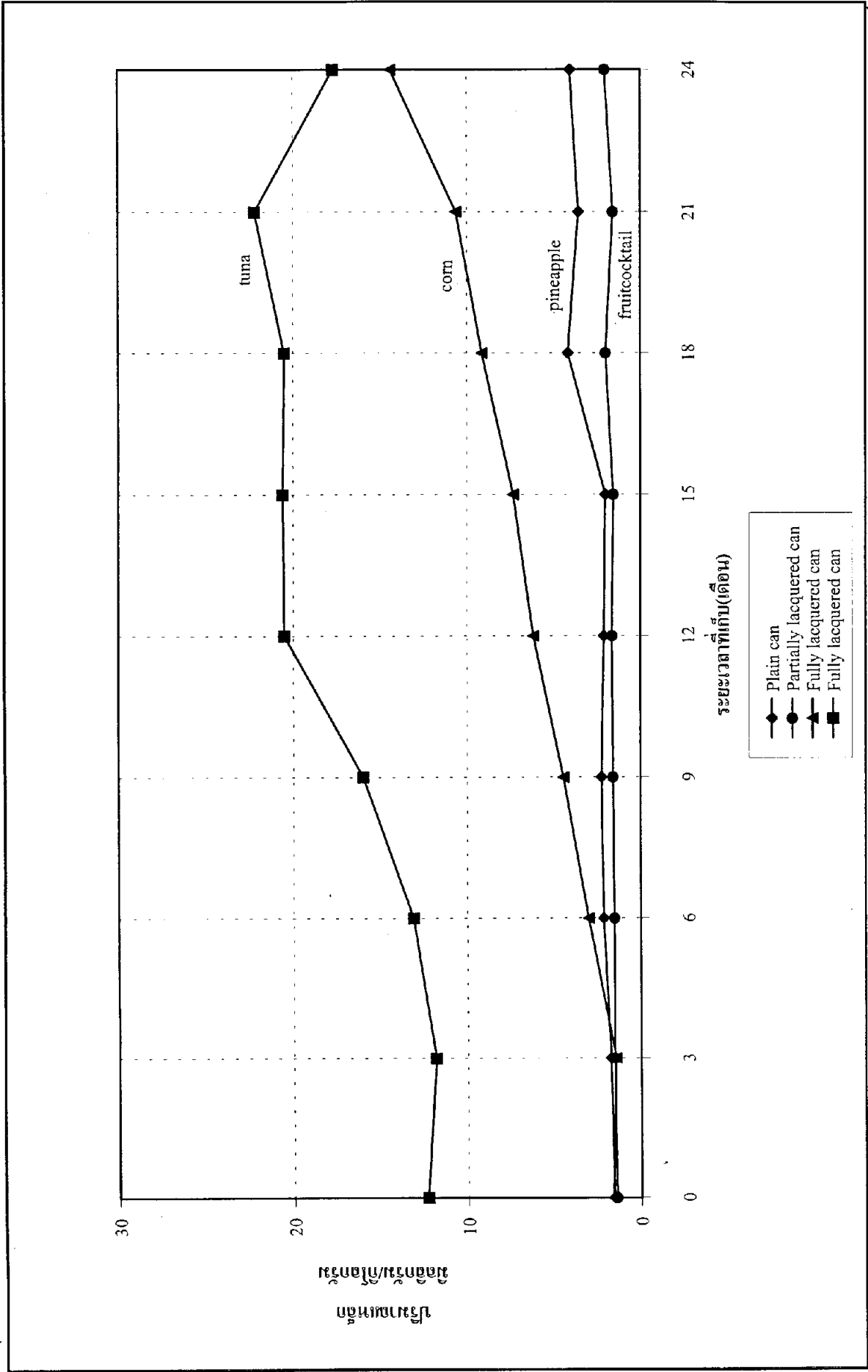
ชนิดของกระป๋อง	pH	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
		0 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	15 เดือน	18 เดือน	21 เดือน	24 เดือน
Plain can	3.7	<-----ไม่พบ----->								
Partially lacquered can	5.0	<-----ไม่พบ----->								
Fully lacquered can	4.1	<-----ไม่พบ----->								
	6.0	<-----ไม่พบ----->								



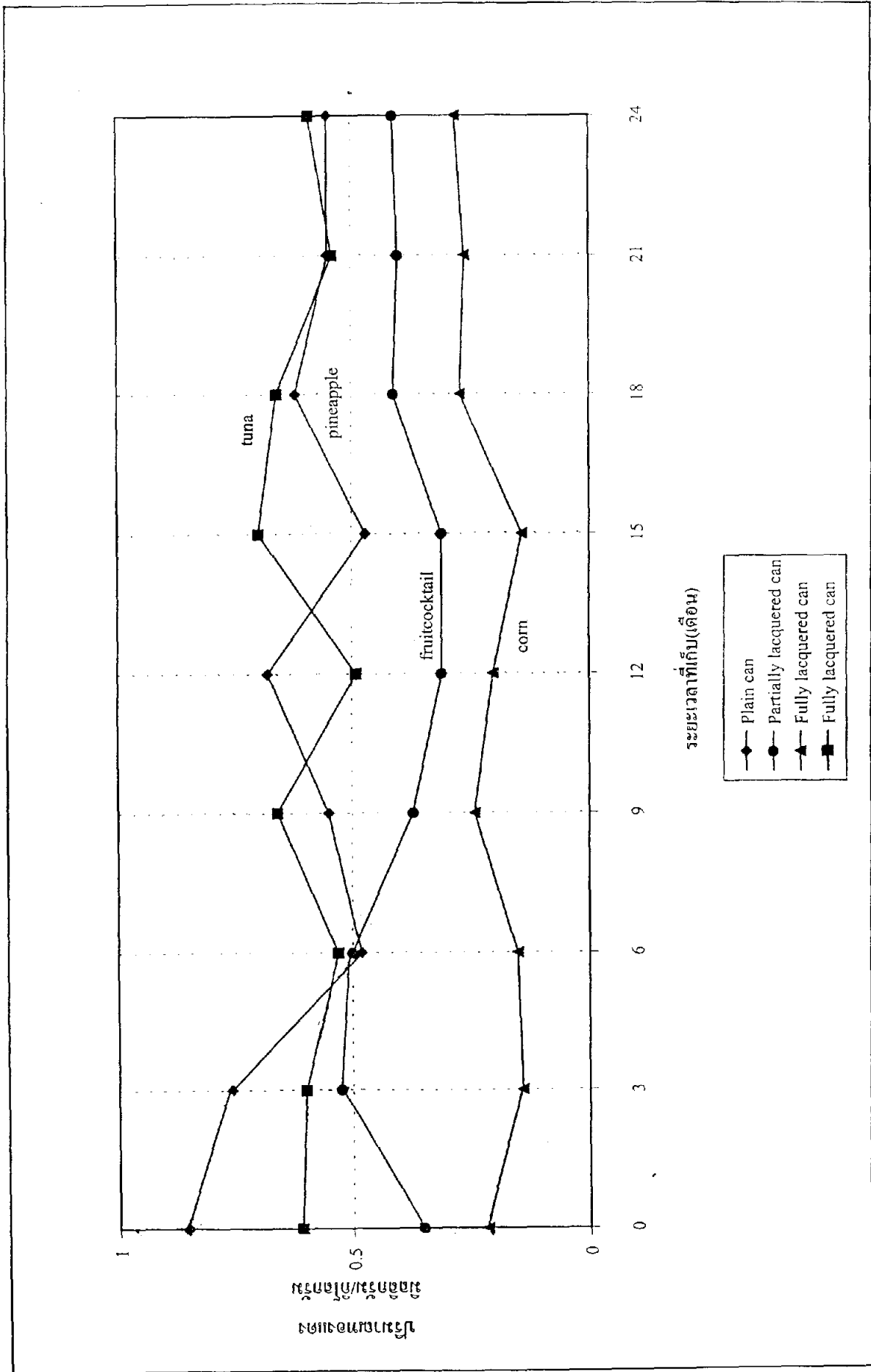
รูปที่ 1 แสดงปริมาณตะกั่วที่เคลื่อนย้ายในกระป๋องบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 2 แสดงปริมาณเลิวซีนในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 3 แสดงปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 4 แสดงปริมาณทองแดงในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ