

abst.

ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กช
อว 32

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การละลายของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

โดย

นางธิดาดวง ฟอร์ดเลิศ

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

นางสุมาลี ทั้งพิทยกุล

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

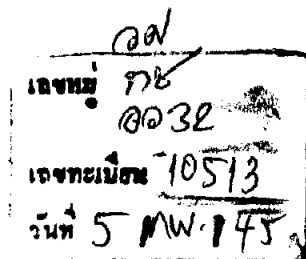
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การละลายของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง



โดย

นางธิดาดวง พลเลิศ

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

นางสุมาลี ทั้งพิทยกุล

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

กิจกรรมนี้ได้จากการศึกษาถึงการละลายของโลหะหนักในอาหารกระป๋อง ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้อาหารกระป๋องเสื่อมคุณภาพ โดยศึกษาทดลองในสับปะรดบรรจุกระป๋องชนิด plain can ฟรุตคอกเทลบรรจุกระป๋องชนิด partially lacquered can ข้าวโพดอ่อน (ในน้ำเกลือ) บรรจุกระป๋องและ ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) บรรจุกระป๋องชนิด fully lacquered can โดยการเก็บตัวอย่างไว้ ณ อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) และทำการตรวจคุณภาพเป็นระยะ ๆ ทุก ๆ 3 เดือนจนครบ 2 ปี สรุปผลการทดลองได้ว่า ชนิดของภาชนะบรรจุและระยะเวลาที่เก็บมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่สภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารไม่มีผลทำให้ปริมาณโลหะแตกต่างกัน ปริมาณโลหะที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ได้แก่ ดีบุก และ เหล็ก (เมื่อเก็บอาหารกระป๋องดังกล่าวครบ 2 ปี) อาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด plain can และ partially lacquered can พบดีบุกมากกว่าอาหารที่บรรจุกระป๋องชนิด fully lacquered can คือมีค่าเท่ากับ 170.0 165.8 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคือ 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ปริมาณเหล็กในกระป๋องชนิด fully lacquered can มากกว่าในกระป๋องชนิด plain can และ partially lacquered can คือมีค่าเท่ากับ 17.70 14.40 4.03 และ 2.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณจากปริมาณสูงสุดที่พบจะไม่เกิน ADI (มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ CODEX กำหนดค่า ADI ไม่เกิน 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักต่อวัน)

โลหะอื่น ๆ ได้แก่ ตะกั่ว ทองแดง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เก็บไว้ 2 ปี และให้ผลเช่นเดียวกันทุกชนิดของกระป๋อง

แม้ว่าอาหารกระป๋องที่เก็บไว้นาน 2 ปี ปริมาณดีบุกและเหล็กเพิ่มขึ้นมาก แต่ยังไม่เกินมาตรฐานคือ 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับดีบุก และไม่เกิน 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักต่อวันสำหรับเหล็ก ข้อเสนอแนะสำหรับการเลือกใช้ภาชนะบรรจุ คือภาชนะเคลือบแลคเกอร์จะมีการปนเปื้อนของโลหะหนักน้อยสุด

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อ	i	
สารบัญ	ii	
สารบัญตาราง	iii	
คำนำ	1	
วัตถุประสงค์	9	
ระยะเวลาในการดำเนินการ	9	
ประโยชน์ที่ได้รับ	9	
วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการ	10	
ผลการทดลอง	12	
วิจารณ์	19	
สรุป	20	
คำขอขอบคุณ	21	
เอกสารอ้างอิง	22	
ภาคผนวก	24	
รูปที่ 1	แสดงปริมาณดีบุกที่เคลือบด้านในกระป๋องบรรจุผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กับระยะเวลาที่เก็บ	25
รูปที่ 2	แสดงปริมาณดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ กับระยะเวลาที่เก็บ	26
รูปที่ 3	แสดงปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ กับระยะเวลาที่เก็บ	27
รูปที่ 4	แสดงปริมาณทองแดงในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ กับระยะเวลาที่เก็บ	28

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำกระป๋องและเคลือบผิวด้านในกระป๋อง	5
ตารางที่ 2	การกักกรองนภายในกระป๋องที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 24 เดือน	12
ตารางที่ 3	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บและสุญญากาศภายในกระป๋อง	13
ตารางที่ 4	ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารกระป๋องที่มีอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน	14
ตารางที่ 5	ปริมาณคีนูในอาหารกระป๋องชนิดต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน	15
ตารางที่ 6	ปริมาณเหล็กในอาหารกระป๋องชนิดต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน	16
ตารางที่ 7	ปริมาณทองแดงในอาหารกระป๋องชนิดต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน	17
ตารางที่ 8	ปริมาณตะกั่วในอาหารกระป๋องชนิดต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน	18

คำนำ

อุตสาหกรรมผัก และผลไม้ บรรจุกระป๋อง เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่มีส่วนช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในหลายๆ ด้าน กล่าวคือ เป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ช่วยให้มีการจ้างงานในท้องถิ่น อาหารบรรจุกระป๋องเพื่อการส่งออกที่เป็นหลักสำคัญ ได้แก่ สับประรดกระป๋อง ที่สำคัญรองลงมาและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน ฟรุตคอกเทล และปลาหูฉลามกระป๋องก็เป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้จำนวนมหาศาล ไม่น้อยกว่าสับประรดกระป๋องเลย

ผักและผลไม้กระป๋องจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2-4.5) ดังนั้นเมื่อนำไปบรรจุกระป๋องชนิดแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (tin plate หรือ plain can) อาจจะทำให้โลหะลงสู่อาหารได้ เนื่องจากเกิดกระบวนการกัดกร่อน (corrosion)(1) ขึ้นภายในกระป๋อง อาหารที่บรรจุกระป๋องชนิดนี้มีโอกาสสัมผัสผิวหนังที่เป็นดีบุกมีบริเวณมากปฏิกิริยากัดกร่อนเกิดขึ้นได้แม้ว่าจะมีดีบุกเคลือบไว้หน้าก็ตามอาหารที่บรรจุกระป๋องเหล่านี้จึงตรวจพบดีบุกในปริมาณสูง(2)

อาหารที่บรรจุกระป๋องชนิดเคลือบแลคเกอร์ (lacquered can) ผิวหน้าที่เคลือบดีบุกไว้จะถูกละลายไปด้วยแลคเกอร์อีกชั้นหนึ่ง จึงช่วยให้ปฏิกิริยาการกัดกร่อนดีบุกลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บไว้ได้นานกว่าบรรจุในกระป๋องชนิด plain can แต่มีข้อสังเกต คือ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องชนิด plain can แล้ว ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋องชนิด lacquered can พบปริมาณดีบุกน้อยกว่า แต่กลับพบปริมาณเหล็กมากกว่า(3)

ความเป็นมา

ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารปีละมาก ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ผลิตภัณฑ์อาหารที่ส่งออกที่สำคัญได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกระป๋องที่ใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก อาจมีการเคลือบแลคเกอร์หรือไม่ก็ได้ ในสภาพของอาหาร อุณหภูมิ กรรมวิธีการผลิต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกระป๋อง เนื่องจากคุณสมบัติของอาหาร บัจฉัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นเหตุให้เกิดปัญหาเรื่องปริมาณโลหะปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคและเป็นอุปสรรคในการส่งออกอย่างมากจึงเห็นสมควรให้มีการศึกษาสภาพที่เป็นจริงเพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป

ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกของโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศซึ่งเป็นโครงการร่วมของ FAO/WHO หรือ Codex จึงมีความจำเป็นที่จะต้องร่วมมือกับประเทศสมาชิกอื่น ๆ ในการให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการกำหนดมาตรฐานอาหาร เพื่อใช้เป็นมาตรฐานสากลในการซื้อขายของประเทศสมาชิก สำหรับข้อมูลนั้นได้จากหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งกรมวิทยาศาสตร์บริการ (รับเป็นผู้วิเคราะห์) โดยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นผู้รวบรวม

(ข้อมูล)เสนอคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศพิจารณา ก่อนส่งข้อมูลให้แก่องค์ การมาตรฐานอาหาร FAO/WHO ต่อไป

เนื่องจากลักษณะและรูปแบบการกำหนดในเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเข้มงวดมากขึ้นจะเห็นได้จากการก่อตั้งองค์การต่าง ๆ เพื่อพิจารณากำหนดและควบคุมคุณภาพอาหารเช่น 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 ทำให้สินค้าถูกกักกันหรือถูกทำลาย ณ ประเทศที่ส่งเข้าไป เนื่องจากการตรวจพบสารปนเปื้อนประเภทโลหะในปริมาณสูง ทำให้เกิดความเสียหายคิดเป็นเงินหลายล้านบาท

สภาพปัญหาและแนวทางแก้ไข

การปนเปื้อนจากโลหะต่าง ๆ ในอาหารกระป๋องนั้นมีที่มาสำคัญตั้งแต่ กรรมวิธีการผลิต วัตถุดิบ สารปรุงแต่ง กระป๋องบรรจุอาหาร จากสภาพของอาหารที่เป็นกรดเมื่อบรรจุในภาชนะทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ทำให้มีโลหะต่าง ๆ เช่น ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก ละลายออกมาได้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเนื่องมาจากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ 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)

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

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

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

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

มีรายงานการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วของประเทศยุโรปอื่นๆเช่น ประเทศเยอรมัน จากตัวอย่าง ผักและผลไม้กระป๋อง พบปริมาณสูงสุดถึง 3.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ประเทศอิตาลีพบปริมาณตะกั่ว 0.41-0.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในฟรุตคอกเทล และพบปริมาณต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในผักและผลไม้กระป๋อง(9)

ส่วนปริมาณโลหะหนักในปลาทูนากระป๋อง มีรายงานว่าพบปริมาณแคดเมียม 8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ทองแดง 2.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตะกั่ว 0.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และดีบุก 2.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม(10)

จากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณโลหะในอาหารกระป๋อง ตามที่ได้มีการศึกษามาแล้วนั้นนับว่ายังไม่สมบูรณ์ที่จะใช้เป็นหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาแก้ไขปัญหาการเสื่อมสภาพของอาหารได้ เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มปริมาณโลหะอันจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กิจกรรมนี้จึงได้กำหนดเป้าหมายที่จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ปริมาณโลหะสูงขึ้น และคุณภาพของอาหารลดลง

ความเชื่อมโยงกับแผนพัฒนา

ข้อมูลการศึกษาสภาพวะปัจจุบันของอาหารสำเร็จรูป โดยเฉพาะที่มีสถิติส่งออกคิดเป็นมูลค่าปีละหลาย ๆ ล้านบาท เพื่อเป็นแนวทางเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหาการเพิ่มปริมาณโลหะและการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงข้อกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผู้บริโภค และผลกระทบทางเศรษฐกิจเป็นสำคัญ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงมีส่วนสนับสนุนการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรมของไทย เพื่อลดการขาดดุลทางการค้า ทำให้มีเงินเข้ามาในประเทศ ซึ่งเป็นนโยบายสำคัญทางเศรษฐกิจที่รัฐบาลกำลังดำเนินการแก้ไขอยู่

ชนิดของภาชนะที่จะนำมาบรรจุอาหารชนิดต่าง ๆ

อุตสาหกรรมอาหารกระป๋องของไทยที่ผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก กล่าวคือเกินกว่าร้อยละ 90 ส่งไปขายในตลาดโลก ที่เหลือไม่เกินร้อยละ 10 ที่บริโภคในประเทศ เช่น สับปะรด ข้าวโพดฝักอ่อน ฟรุตคอกเทล ปลาทูนา อาหารกระป๋องนี้ต้องการศึกษาถึงตัวแปรในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการละลายโลหะลงสู่อาหารกระป๋องที่สำคัญคือความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เนื่องจากอาหารประเภทผัก ผลไม้กระป๋อง จัดเป็น acid canned food ความเป็นกรด-ด่างอาจมีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนผิวของกระป๋องที่บรรจุ (11)

นอกจากนี้การเลือกใช้ชนิดของกระป๋องให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการละลายโลหะลงสู่อาหารนั้นเป็นเรื่องสำคัญมาก ในกิจกรรมนี้จึงได้เลือกศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุที่จะนำมาบรรจุอาหารชนิดต่าง ๆ

กระป๋องที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบ่งได้เป็น 4 ชนิด (12)

1. กระป๋องเคลือบดีบุก (plain can)
ปริมาณดีบุกที่เคลือบบนแผ่นเหล็กมีหน่วยเป็น lb/base box ซึ่ง 1 lb/base box เท่ากับ 22.4 กรัมดีบุก/พื้นที่ 1 ตารางเมตร ปริมาณดีบุกที่ใช้เคลือบบนแผ่นเหล็กมีต่าง ๆ กันซึ่งกำหนดเป็นน้ำหนักของดีบุกที่ใช้เคลือบผิวกระป๋องดังแสดงในตารางที่ 1
2. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (lacquered can)
กระป๋องชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในระยะเวลาหลังเมื่อพบว่ากระป๋องเคลือบดีบุกมีปัญหา การเคลือบแลคเกอร์ โดยการเคลือบทับบนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกอีกชั้นหนึ่ง
3. กระป๋องอะลูมิเนียม (aluminium can)
โลหะอื่นที่นำมาใช้ทำภาชนะบรรจุที่ได้รับความนิยมมากคือ อะลูมิเนียม ที่ใช้กันมี 4 แบบคือ แบบเปิดกันและฝา แบบมีขอบต่ำ แบบมีขอบสูง และแบบที่ผลิตโดยวิธี impact extruded process
4. Composite can
เป็นกระป๋องที่ทำจากวัสดุ 2 ชนิดคือ ตัวทำด้วยกระดาษคราฟต์แล้วบุด้วยแผ่นอะลูมิเนียมหรือกระดาษชุบเทียน หรือ parchment paper แต่ฝาทำด้วยโลหะหรือพลาสติก

ตารางที่ 1 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำกระป๋องและเคลือบผิวด้านในกระป๋อง (13)

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

แลคเกอร์สำหรับเคลือบภาชนะบรรจุอาหาร มีดังนี้ (14)

1. Oleoresinous เป็นแลคเกอร์ที่ทำจาก natural gums และ resins แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
 - 1.1 "R"-enamel เป็นชนิดที่ใช้เคลือบกระป๋องบรรจุผัก ผลไม้ที่มีสีจำพวก anthocyanins เช่น blue berries, cherries ผลไม้พวกนี้ถ้าบรรจุในกระป๋องเคลือบดีบุก ดีบุกที่ละลายออกมาจะทำให้สีของผลไม้ซีด
 - 1.2 "C"-enamel เป็นแลคเกอร์ที่มี zinc oxide 15% สามารถป้องกัน black sulfide อันเกิดจาก sulfur-amino acids ของอาหารที่โปรตีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล เป็นต้น ทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุกได้สารประกอบที่มีสีเทาหรือสีดำขึ้นที่ผิวภายในกระป๋อง ส่วน zinc oxide ที่มีอยู่ในแลคเกอร์จะไปทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุกให้สารประกอบไม่มีสี

2. Phenolic เหมาะสำหรับใช้กับอาหารทะเล เนื้อสัตว์ pet food แลคเกอร์ชนิดนี้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่า oleoresinous แต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งจะทำให้กลิ่นและรสชาติของอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลง

3. Epoxy เป็นแลคเกอร์ที่ทนต่อความร้อนสูงได้ดี มีความยืดหยุ่นสูง ไม่ทำให้รสชาติของอาหารผิดปกติ เหมาะสำหรับบรรจุอาหารได้หลายชนิด เช่น ปลา เนื้อ ผัก ผลไม้

4. Vinyl ใช้เคลือบทับแลคเกอร์ชนิด oleoresinous หรือ phenolic โดยใช้เป็น double coating ใช้กับอาหารที่มีการกักความร้อนสูง แต่ไม่ทนต่อความร้อน จึงเหมาะกับอาหารที่มีการกักความร้อนสูง และผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200 °F

ชนิดของการกัดกร่อน(corrosion)ของกระป๋อง (15)(16)แสดงไว้ในตารางที่ 2

การกัดกร่อนคือ ปฏิกิริยาระหว่างภาชนะโลหะที่บรรจุอาหารกับอาหารที่บรรจุในภาชนะนั้น โดยเฉพาะอาหารที่เป็นกรด เช่น ผัก และผลไม้ มีผลทำให้โลหะที่ใช้ทำภาชนะบรรจุละลายออกมา ซึ่งการกัดกร่อนมีหลายชนิดดังต่อไปนี้คือ

1. Perforation เป็นการกัดกร่อนที่เกิดเฉพาะที่ (localized corrosion) เป็นผลให้เกิดการรั่วแบบรูเข็ม (pin hole) การกัดกร่อนแบบนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้กระป๋องที่เกิดการรั่วแบบรูเข็มสูญเสียไปเท่านั้น ยังทำให้กระป๋องอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันเกิดสนิมเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่รั่วออกมาอีกด้วย

2. Springers หรือ Swells เป็นการกัดกร่อนที่ทำให้เกิดการบวมของกระป๋องซึ่งเกิดจากการที่มีแก๊สไฮโดรเจนสะสมอยู่บริเวณ headspace ของกระป๋อง แม้ว่าอาหารที่อยู่ภายในกระป๋องที่บวม เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนจะบริโภคได้ก็ตาม แต่ผู้บริโภคไม่สามารถจะยอมรับได้ เพราะอาหารที่เสียเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระป๋องจะมีลักษณะเช่นเดียวกันนี้

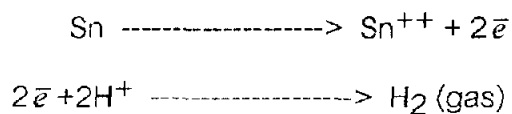
3. Detinning เป็นการละลายของดีบุกจากผิวภายในของกระป๋องซึ่งเกิดได้ทั้งกระป๋องเคลือบดีบุกและกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ถ้าการละลายของดีบุกเกิดขึ้นไม่มากนัก ผลิตภัณฑ์นั้นยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่ถ้าเกิด localized detinning จนกระทั่งถึงเนื้อของแผ่นเหล็ก ผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่ใช่ที่ยอมรับ การละลายของดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องบางชนิดจะฟอกสีของอาหารและทำให้รสชาติของอาหารดีขึ้น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

4. Rusting เป็นการกัดกร่อนที่ทำให้เกิดสนิมขึ้นภายในกระป๋องซึ่งการเกิดสนิมจะเกิดขึ้นบริเวณ headspace ที่มีแก๊สออกซิเจนจำนวนมากถ้าเกิดสนิมขึ้นมาจะทำให้เกิด perforation ได้

5. Enamel lifting เป็นการที่แลคเกอร์ที่เคลือบผิวของดีบุกหลุดออกมา ทำให้พื้นที่ผิวของดีบุกสัมผัสกับอาหารเพิ่มขึ้น จึงเพิ่มการกัดกร่อน

การกัดกร่อนของกระป๋องเคลือบดีบุก (17)

กระป๋องชนิดนี้ถึงแม้จะมีพื้นที่ส่วนใหญ่เคลือบด้วยดีบุก แต่ถ้าตรวจดูให้ละเอียดแล้วจะพบว่ามีส่วนดีบุกเคลือบไม่ติดเห็นเป็นจุดเล็ก ๆ อีกจำนวนมาก เมื่อนำอาหารใส่กระป๋อง อาหารจะสัมผัสดีบุกและเหล็กที่จุดเหล่านี้ ประกอบกับอาหารทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นอิเล็กโทรไลต์ ทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าขึ้นระหว่างโลหะทั้งสอง เมื่อเปรียบเทียบจากค่าความต่างศักย์มาตรฐานแล้ว เหล็ก(Fe) จะเกิดการกัดกร่อนได้ดีกว่า ดีบุก(Sn) ดังนั้นในระยะแรกของการกัดกร่อนเหล็กจึงมีสภาพเป็น 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^{++}) และเกิด H_2 ตำแหน่งที่เหล็กสัมผัสกับอาหาร(18) แต่ถ้าในกระป๋องมี ออกซิเจนอยู่ด้วย การรวมตัวของไฮโดรเจนและออกซิเจนจะเกิดขึ้นทันที และมีผลให้แก๊สไฮโดรเจนหายไปหมด การกัดกร่อนของอาหารจะเร็วยิ่งขึ้น ปฏิกิริยาการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นโดยดีบุกเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ดังปฏิกิริยา (19) (20)



สภาวะที่อาจมีผลต่อการละลายของโลหะหนักในอาหารกระป๋อง

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

โดยทั่วไปผลไม้กระป๋องจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 7 และเมื่อความเป็นกรด-ด่างต่ำลงการกัดกร่อนจะมีมากขึ้น แต่มีผลไม้บางชนิด เช่น white cherries บรอกโคลีกระป๋องมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า gooseberries พบว่ามีการกัดกร่อนของโลหะสูงกว่า ทั้งนี้เพราะกรดอินทรีย์บางชนิดช่วยเร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อนในผลไม้ชนิดหนึ่ง แต่ยับยั้งในผลไม้ชนิดหนึ่ง เช่น กรดซิตริกเมื่อเติมลงในสตรอเบอร์รี่หรือราสเบอร์รี่กระป๋อง 0.2-0.3 % ทำให้การกัดกร่อนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเติมกรดซิตริกลงในเชอร์รี่กระป๋องกลับช่วยลดการกัดกร่อนลง เนื่องจากกรดซิตริกจะไปทำให้สารเร่งการกัดกร่อนลดความรุนแรงลง จึงสรุปได้ว่าการกัดกร่อนขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอินทรีย์และชนิดของผลไม้ด้วย ไม่ได้ขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างเพียงอย่างเดียว(11)

2. ช่องว่างบนอาหารและสุญญากาศ (headspace & vacuum)

แม้ว่าการใช้เทคนิคใหม่ ๆ เพื่อกำจัดออกซิเจนในกระป๋องออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เช่นการพ่นไอน้ำเข้าไปในบริเวณช่องว่างบนอาหารก่อนปิดกระป๋อง หรือบรรจุอาหารให้เหลือช่องว่างบนอาหารน้อยที่สุด แต่ยังมีออกซิเจนบางส่วนเหลืออยู่บนช่องว่างและละลายอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวของอาหารกระป๋อง ออกซิเจนจะรวมตัวกับไฮโดรเจนที่เกิดจากการกักกร่อนของกระป๋องเคลือบดีบุก ทำให้การกักกร่อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (21)

ได้มีผู้ทำการทดลองศึกษาถึงผลของช่องว่างบนอาหาร และความเป็นสุญญากาศของกระป๋องต่อการละลายของดีบุกในซอสแอปเปิ้ลบรรจุกระป๋อง พบว่าสุญญากาศของกระป๋องเพิ่มขึ้น ทำให้การละลายของดีบุกลดลงด้วย (22)

3. เวลาและอุณหภูมิที่เก็บ

อาหารกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการกักกร่อนมากกว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ได้มีผู้ทำการศึกษาทดลองพบว่าผลไม้หลายชนิดที่บรรจุกระป๋อง และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 72°F (25-30°C) จะมีอายุการเก็บไว้ได้นานกว่าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 100°F (37.8°C) (23)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการละลายของโลหะลงสู่อาหาร โดยศึกษาเปรียบเทียบการใช้ภาชนะบรรจุชนิด plain can, partially lacquered can และ fully lacquered can บรรจุอาหารประเภทที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง กลาง และต่ำ ตามอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ระยะเวลาในการดำเนินการ

ตุลาคม 2536 - กันยายน 2540

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการละลายของโลหะจากภาชนะบรรจุซึ่งทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเสื่อมสภาพ
2. เป็นข้อมูลในการประกอบการพิจารณากำหนดปริมาณโลหะหนักในอาหารระบ่งต่อไป

วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการ

1. ศึกษาชนิดของกระป๋องที่บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมี 3 ชนิดคือ
 - 1.1 กระป๋องเคลือบดีบุก (plain can)
 - 1.2 กระป๋องเคลือบแลคเกอร์เฉพาะที่ฝาและก้นกระป๋อง ตัวไม่เคลือบ (partially lacquered can)
 - 1.3 กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั้งตัว ฝาและก้นกระป๋อง (fully lacquered can)

2. ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาทดลองนี้ได้คัดเลือกจากผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่มีการส่งออกมาก และชนิดของกระป๋องเป็นชนิดที่ใช้บรรจุในปัจจุบัน แต่ละผลิตภัณฑ์ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ชุด เปรียบเทียบกัน ซึ่งได้แก่

- 2.1 อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 4.5) ได้แก่ สับปะรดบรรจุกระป๋อง ชนิดเคลือบดีบุก (plain can)
- 2.2 อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (pH 5-6) ได้แก่ ฟรุ้ตคอกเทล (fruit cocktail)บรรจุกระป๋องชนิดตัวกระป๋องไม่เคลือบแลคเกอร์ ส่วนฝาและก้นเคลือบแลคเกอร์ (partially lacquered can)
- 2.3 อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 6.5) ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำเกลือ (young sweet corn in brine) บรรจุกระป๋องชนิดเคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can)
- 2.4 อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 6.5) ได้แก่ ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) บรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can)

3. ขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระป๋อง

ก. กระป๋องก่อนนำไปบรรจุผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ตาม มอก.90-2530 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระป๋องโลหะสำหรับบรรจุอาหาร (13)

ข. ตรวจวิเคราะห์ภายหลังการเก็บตัวอย่าง (จากรุ่นเดียวกัน) ใต้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ทุก ๆ 3 เดือนจนครบ 2 ปี

3.1.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

ตรวจข้อบกพร่องของตะเข็บด้วยเครื่อง Seam Projector และ Micrometer

3.1.2 วิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณดินบุกที่เคลือบกระป๋อง วิเคราะห์ตาม มอก.90-2530 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระป๋องโลหะสำหรับบรรจุอาหาร (13)

3.2 ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติของอาหารกระป๋อง

3.2.1 วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.1.1 โดยการตรวจวิเคราะห์ด้วยประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญ จำนวน 5 คน ให้คะแนน ตามคุณลักษณะ ดังนี้

สีของเนื้ออาหาร และน้ำที่บรรจุ

กลิ่น และรสชาติของอาหาร

ลักษณะของเนื้ออาหาร

3.2.1.2 วัดอุณหภูมิอากาศภายในกระป๋องด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ

3.2.1.3 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH Meter)

3.2.2 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

3.2.2.1 หาปริมาณโลหะ ดินบุก ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (Perkin Elmer) (24)

ผลการทดลอง

1. ผลวิเคราะห์คุณภาพของกระป๋อง โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณดีบุกที่เคลือบด้านในของกระป๋องก่อนบรรจุ และภายหลังการบรรจุทุก ๆ 3 เดือนจนครบ 2 ปี ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกัดกร่อนภายในกระป๋องซึ่งให้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 24 เดือน

โดยวิเคราะห์ปริมาณดีบุกที่เคลือบกระป๋อง (ด้านใน) (กรัม/ตารางเมตร)

ผลิตภัณฑ์	ชนิดกระป๋อง	pH	ปริมาณดีบุกที่เคลือบด้านในกระป๋อง (กรัม/ตารางเมตร)								
			ก่อน บรรจุ	หลังบรรจุ (เดือน)							
				3	6	9	12	15	18	21	24
สับประรด กระป๋อง (ในน้ำเชื่อม)	plain can ค่าเฉลี่ย	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
		3.8	10.3	9.8	9.8	9.1	9.2	8.7	8.5	8.6	8.4
ฟรุ้ตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม)	ตัว plain ฝาเคลือบ แลคเกอร์ (partially lacquered can) ค่าเฉลี่ย	5.0	10.7	9.9	9.6	9.7	9.6	9.3	9.1	9.0	8.9
		5.0	10.6	9.7	9.5	9.1	9.5	9.3	9.1	9.0	8.9
		5.0	10.6	9.5	9.5	9.1	9.3	9.2	9.0	9.0	8.9
		5.0	10.6	9.7	9.5	9.3	9.5	9.3	9.1	9.0	8.9
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ)	เคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can) ค่าเฉลี่ย	4.1	3.4	3.6	3.5	3.3	3.3	3.0	3.0	3.6	3.5
		4.1	3.4	3.6	3.2	3.3	3.3	3.1	3.0	3.6	3.4
		4.1	3.3	3.5	3.2	3.3	3.4	3.2	3.1	3.9	3.4
		4.1	3.4	3.6	3.3	3.3	3.3	3.1	3.0	3.7	3.4
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ)	เคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can) ค่าเฉลี่ย	6.1	3.7	3.9	3.2	3.3	3.7	3.6	3.7	3.9	3.7
		6.1	3.7	3.9	3.3	3.4	3.8	3.7	3.5	3.9	3.7
		6.0	3.7	3.9	3.4	3.3	3.7	3.4	3.6	3.9	3.7
		6.1	3.7	3.9	3.3	3.3	3.7	3.6	3.6	3.9	3.7

(ตารางที่ 2 และกราฟรูปที่ 1) ผลการทดลองมีดังนี้

- 1.1 กระจกชนิด plain can ปริมาณดีบุกลดลงคิดเป็นร้อยละ 19.0 (ค่าเฉลี่ย)
- 1.2 กระจกชนิดตัว plain ฝาและก้นเคลือบแลคเกอร์ (partially lacquered can) ปริมาณดีบุกลดลงคิดเป็นร้อยละ 16.4
- 1.3 กระจกเคลือบแลคเกอร์ (fully lacquered can) ปริมาณดีบุกไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากการตรวจพินิจกระจกชนิด plain can ปรากฏรอยถลอกและมีความบดดำ เกิดขึ้นมากเมื่อมีอายุการเก็บมากกว่า 12 เดือนขึ้นไป และมากกว่า 18 เดือนขึ้นไปสำหรับกระจกชนิด partially lacquered can ส่วนกระจกชนิด fully lacquered can ไม่ปรากฏรอยกัดกร่อน

2. ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

2.1 ความเป็นสุญญากาศ (vacuum)

สุญญากาศของอาหารที่บรรจุกระจก plain can น้อยกว่าอาหารที่บรรจุกระจก partially lacquered can และ fully lacquered can จากตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บ และสุญญากาศภายในกระจก

ชนิดของตัวอย่าง	สุญญากาศ (ม.ม. พรอท) (ค่าเฉลี่ย)	
	เริ่มบรรจุ	อายุ 2 ปี
สับปะรดกระจก (ในน้ำเชื่อม) plain can (pH 3.8)	76	50
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) partially lacquered can (pH 5.0)	245	101
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	158	34
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	237	99

จะเห็นว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บและสุญญากาศภายในกระจกจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กล่าวคือภายหลังจากการเก็บไว้นาน 2 ปี พบว่าสุญญากาศภายในกระจกลดลง

ดังนั้นสัญญาณภาคภายในกระป๋องเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการกัดกร่อนด้วย กระป๋องที่มีค่าสัญญาณภาคสูง การกัดกร่อนลดลง (22)

2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยประสาทสัมผัส พบว่าการใช้กระป๋อง plain can จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเมื่อเก็บไว้นาน 1 ปี ตารางที่ 4 กล่าวคือน้ำที่บรรจุขึ้น ลักษณะเนื้ออาหารนึ่ง

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารกระป๋องที่มีอายุการเก็บตั้งแต่ 0-24 เดือน

ชนิดของตัวอย่าง	ระยะเวลา (เดือน)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
สับปะรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม) Plain can (pH 3.8)	< สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส >				< สี กลิ่น รสปกติ เนื้อนิ่ม น้ำที่บรรจุขุ่น >			
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) Partially lacquered can (pH 5.0)	< -----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----- >							
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	< -----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----- >							
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	< -----สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อปกติ น้ำที่บรรจุใส----- >							

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

3.1 ชนิดของกระป๋อง

จากตารางที่ 5 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

ตารางที่ 5 ปริมาณดีบุกในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน (แต่ละเดือนเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 ซูดตัวอย่าง)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณดีบุก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	ระยะเวลา (เดือน)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
สับปะรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม) Plain can (pH 3.8)	31.6	66.2	78.0	74.0	91.5	104.0	129.7	132.6	170.0
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) (pH 5.0) Partially lacquered can	27.8	33.2	56.8	55.7	66.1	73.9	110.4	137.9	165.8
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ ค่า detection limit ประมาณ 0.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการเพิ่ม ของดีบุกแตกต่างกัน (ตารางที่ 5 และกราฟรูปที่ 2) โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.7 มี

อัตราการเพิ่มของดีบุกแต่ละช่วงของอายุการเก็บมีมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0 ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงอายุ 12 เดือน และหลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของดีบุกไม่แตกต่างกันมาก

3.3 อายุการเก็บ

3.3.1 ทุกตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทดลอง พบว่ากระป๋องชนิด plain can และ partially lacquered can มีปริมาณดีบุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บ (ตารางที่ 5 และกราฟรูปที่ 2)

3.3.2 จากตารางที่ 6 และกราฟรูปที่ 3 พบว่าปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บ

ในทุกตัวอย่างและทุกชนิดของกระป๋องที่ใช้บรรจุ กระป๋องชนิด fully lacquered can จะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าชนิด partially lacquered can และ plain can ทั้งนี้เนื่องจากผิวหน้าที่เป็นดีบุกนั้น ถูกเคลือบไว้ด้วยแลคเกอร์ จึงเกิด Sn^{++} ยาก การกัดกร่อนเกิดได้เฉพาะเหล็กที่ถูก exposed เท่านั้น ซึ่งจะเห็นเป็นตามดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป เหล็กทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพตามธรรมชาติของอาหาร จะเห็นว่าอาหารที่บรรจุกระป๋อง lacquered can มีอายุการเก็บ (shelf -life) น้อยกว่าที่บรรจุกระป๋อง plain can เสียอีก

ตารางที่ 6 ปริมาณเหล็กในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน (แต่ละเดือน เป็นค่าเฉลี่ยของ 3 ชุดตัวอย่าง)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	ระยะเวลา (เดือน)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
สับปะรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม) Plain can (pH 3.8)	1.55	1.72	2.13	2.25	2.10	2.00	4.14	3.53	4.03
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) Partially lacquered can (pH 5.0)	1.40	1.50	1.50	1.58	1.63	1.54	1.98	1.56	2.05
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	1.61	1.42	3.00	4.44	6.16	7.32	9.11	10.6	14.4
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	12.3	11.8	13.1	16.0	20.5	20.0	20.5	22.2	17.7

3.3.3 โลหะอื่น ๆ ได้แก่ ทองแดงและตะกั่ว จากตารางที่ 7,8 และกราฟรูปที่ 4 พบว่าชนิดของกระป๋องและความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้นาน 2 ปี พบว่า ปริมาณทองแดงและตะกั่วไม่แตกต่างไปจากที่วิเคราะห์ในระยะแรก ๆ

ตารางที่ 7 ปริมาณทองแดงในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บตั้งแต่ 0-24 เดือน (แต่ละเดือนเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 ชุดตัวอย่าง)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	ระยะเวลา (เดือน)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
สับปรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม) Plain can (pH 3.8)	0.96	0.76	0.48	0.55	0.68	0.47	0.62	0.55	0.55
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) Partially lacquered can (pH 5.0)	0.35	0.65	0.62	0.37	0.31	0.31	0.41	0.40	0.41
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	0.30	0.14	0.15	0.24	0.20	0.14	0.27	0.26	0.28
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	0.61	0.60	0.53	0.66	0.49	0.70	0.66	0.54	0.59

ตารางที่ 8 ปริมาณตะกั่วในอาหารกระป๋องชนิดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บ ตั้งแต่ 0-24 เดือน (แต่ละเดือนเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 ชุดตัวอย่าง)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	ระยะเวลา (เดือน)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
สับปะรดกระป๋อง (ในน้ำเชื่อม) Plain can (pH 3.8)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ฟรุตคอกเทล (ในน้ำเชื่อม) Partially lacquered can (pH 5.0)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ข้าวโพดฝักอ่อน (ในน้ำเกลือ) (pH 4.1)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปลาทูน่า (ในน้ำเกลือ) (pH 6.1) Fully lacquered can	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ ค่า detection limit ประมาณ 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

วิจารณ์

1. การวิเคราะห์แต่ละรายการใช้ตัวอย่าง 3 ชุด จากการทดลองพบว่า ทั้ง 3 ชุดมีค่าใกล้เคียงกัน ระยะเวลาที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกระป๋องมากอยู่ในช่วง 12-24 เดือน (ดูจาก ตารางที่ 2 และกราฟรูปที่ 2)
2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทุกผลิตภัณฑ์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บ การรายงานผลจึงมีได้รายงานไว้ทุกระยะ
3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกและเหล็ก ที่บางช่วงเวลา กล่าวคือ การเก็บนานกว่า แต่ปริมาณกลับน้อยกว่า ดังเช่น ตารางที่ 5 ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋อง เดือนที่ 9 น้อยกว่าเดือนที่ 6 ทั้งนี้อาจเนื่องจาก คุณภาพของกระป๋องที่ใช้บรรจุแม้ว่าจะเป็น lot เดียวกัน แต่คุณภาพไม่เท่ากัน ทำให้ปริมาณดีบุกที่เคลือบไม่เท่ากัน และเหตุผลเช่นเดียวกันกับผลวิเคราะห์ เหล็ก และ ทองแดง ในตารางที่ 6 และ 7

สรุป

ในการศึกษาการละลายของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง เพื่อการส่งออกได้ศึกษาโดยใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง 4 ชนิดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ สับประรดบรรจุกระป๋องเคลือบดีบุก ฟรุตคอกเทลบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์บางส่วน ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์และปลาทูนาในน้ำมันบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของกระป๋องและผลิตภัณฑ์ทุกๆ 3 เดือนเป็นเวลา 2 ปี จากการวิเคราะห์ ดีบุก เหล็ก ตะกั่ว และทองแดงพบว่าโลหะที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ได้แก่ ดีบุก และเหล็ก ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้แก่ ชนิดของกระป๋อง ส่วนประกอบและความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาที่เก็บ ปริมาณดีบุกที่เคลือบผิวด้านในกระป๋องและในผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในสับประรดกระป๋องและฟรุตคอกเทลเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือนโดยอัตราการเพิ่มของดีบุกแต่ละช่วงของอายุการเก็บของสับประรดกระป๋อง (pH=3.7) มากกว่าฟรุตคอกเทลกระป๋อง (pH=4.5) และหลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของดีบุกไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณดีบุกที่พบในสับประรดกระป๋องและฟรุตคอกเทลกระป๋องเมื่อครบ 2 ปี เป็น 170.0 และ 165.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บในทุกตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กระป๋อง ปริมาณที่พบเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดครบ 2 ปี เป็น 17.1 14.4 4.03 และ 2.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับแต่ไม่เกินค่า ADI (acceptable daily intake) สำหรับ ตะกั่ว และทองแดง ชนิดของกระป๋อง ส่วนประกอบและความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และอายุการเก็บไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง 4 ชนิด พบว่าการใช้กระป๋อง plain can จะมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพเมื่อเก็บไว้นานเกิน 1 ปี ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บอาหารกระป๋อง ไว้นานเกิน 12 เดือนและควรเลือกกระป๋องบรรจุอาหารให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท นอกจากนั้นปริมาณดีบุกในผลิตภัณฑ์อาหารควรระวังเป็นพิเศษในการควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐานทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพื่อการส่งออก

คำขอบคุณ

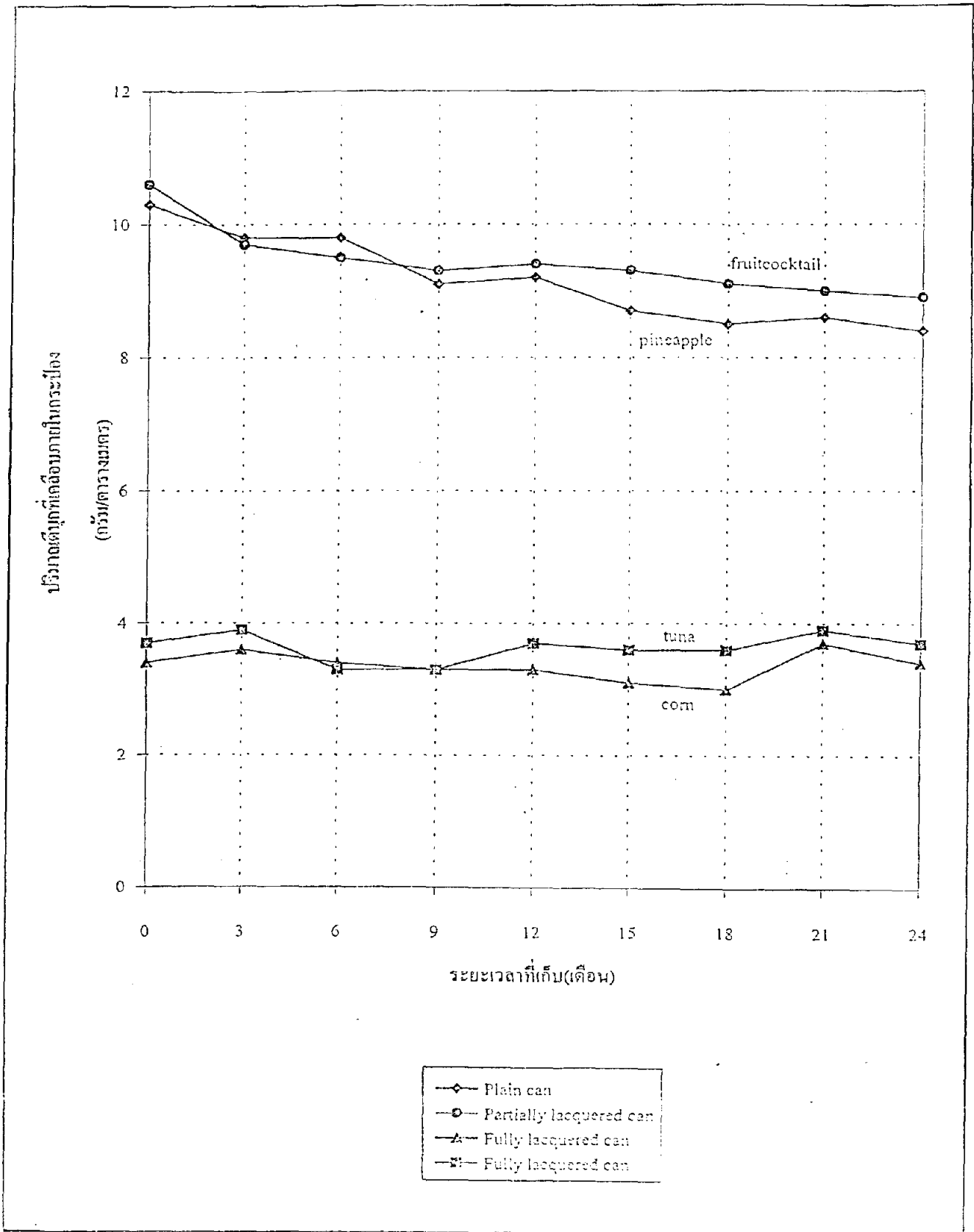
ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณสุจินต์ ศรีคงศรี คุณสุนทร เป็รื่องการ คุณจรรยา วัฒนทวิกุล คุณสุคนธ์ เนคมานุรักษ์และดร.รวิวรรณ วงษ์สมุทร ที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ของรายงานงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องชาวกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมดังวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

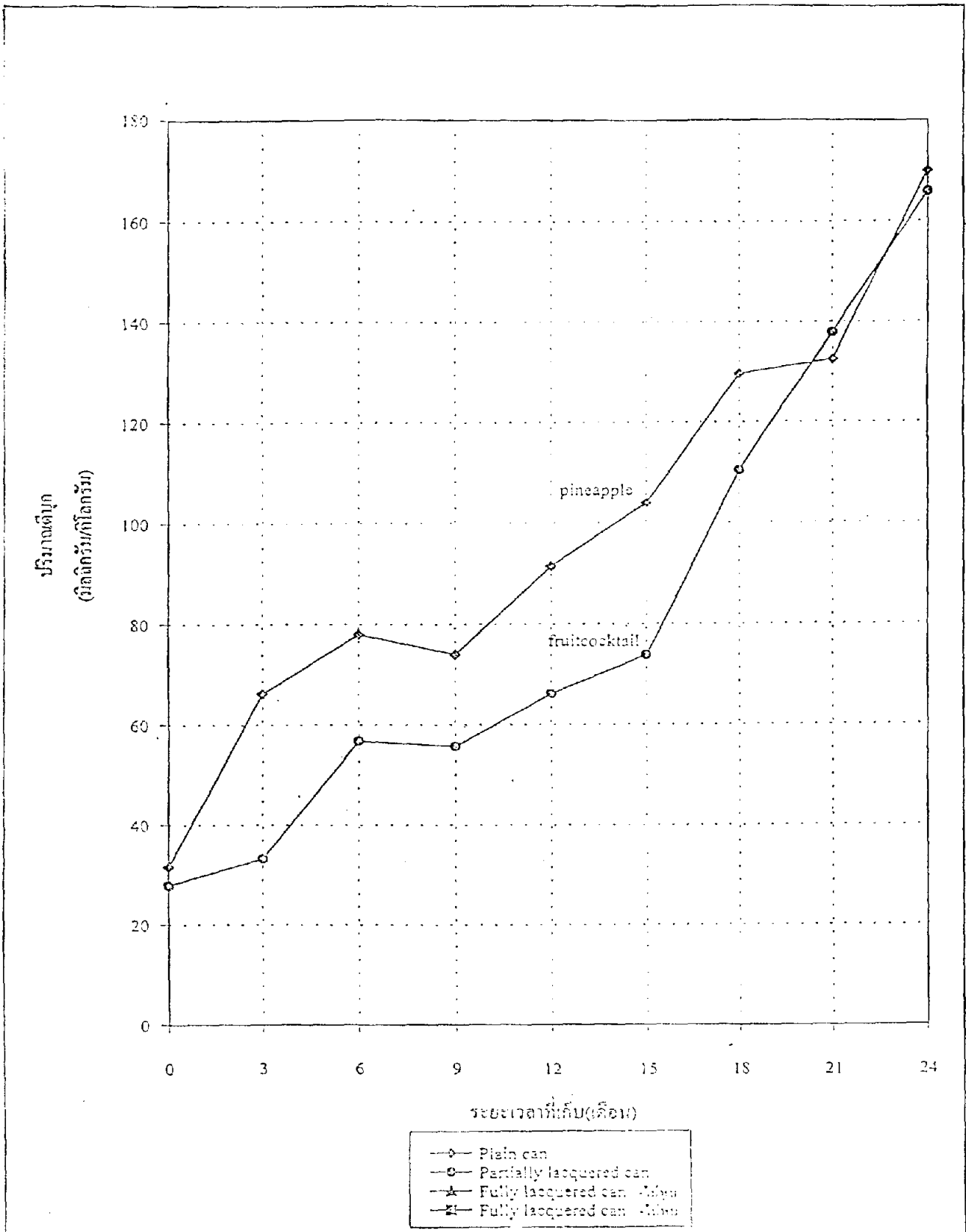
1. Howard, A.J. 1949. Canning Technology. London: J&A Churchill Ltd., p.2,p.63.
2. Kochler, E.L., and Canonice, C.M. 1957. Corrosion. 13: 227-370.
3. Hirst, F., and Adam, W.B. 1937. Hydrogen swells in canned fruits.
Campden: The University of Bristol Research Station., Monograph No.1, p.39.
4. Thomas, B., Roughan, J.A., and Watters, E.P. 1973. "Lead and Cadmium Content of some canned fruits and vegetables." J. of Food Science & Agriculture. 24: 447-449.
5. Parada, A.E., Velaseo, G.O, and Avila, V.M. 1976. "Lead content of some canned foods." Food Science & Technology Abstracts. 8 (7e): 313.
6. Boyer, K.W., and Johnson, R.D. 1982. "Levels of lead, cadmium and zinc in selected canned foods." J. of Food Safety. 4 (4): 207-222.
7. Wehrer, C. 1983. "Tin concentration in canned fruits and vegetables." Food Science & Technology Abstract. 15(5J): 726.
8. Slorach, S., and Jorhem, L. 1981. "Tin and Lead in Canned Foods on Swedish Market 1979-1981." Food Science & Technology Abstract. 15(12A) :871.
9. Treptow, H., Askar, A., and Billig, J. 1978. "Lead in Canned fruits and vegetables." Food Science & Technology Abstracts. 10 (10J): 1478.
10. Martin de la Hinojosa, M.I. et al. 1996. "Volatile amines, histamine and heavy metals contents in konito and bluefish tuna canned in olive oil." Food Science & Technology Abstract. 28 (11R): 57.
11. Carrasco, O. 1934. Food 4: 48.
12. ASEAN STANDARD SPECIFICATION FOR ELECTROLYTIC TINPLATE,
STANDARD AND INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA.

13. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ป้องกันการเน่าสำหรับบรรจุอาหาร มอก. 90-2530
14. M. Brick, J.J. et al. 1961. "The Selection of Tin Coating for Steel Containers."
Metals Handbook of American Society for Metals. p. 1133. -1141.
15. Food Technology in New Zealand, Nov. 1976.
16. Dickenson, D. 1961. Some New Ideas of the Mechanism of Corrosion of
Tin Plate by Fruit,ibid 87: 201-203.
17. "Problems Associated with Corrosion of Containers Used for Canned Foods."
Food Technology in New Zealand , Nov. 1974:19.
18. "International Corrosion of Tin Plate Container with Food Products." Indian
Food Packer, 30, 1-6(1976) : 9.
19. Kohmann, E.F. and Sanborn, N.H. Ind. Engng. Chem, 20,1928:137,762
20. Lueck,R.H. and Blair,H.T. Trans, Am. Electrochem. Soc., 54,1928 : 247.
21. Hartwell, R.R. Advances in Food Research. 3rd ed. New York: Academic Press
Inc., 1951. p.327.
22. Hirst, F. and Adam, W.B. Hydrogen Swells in Canned Fruits. Compden, The
University of Bristol Research Station, Monograph No.1, 1937, p.78-84.
23. "International Corrosion of Tin Plate Container with Food Products ."
Indian Food Packer, 30, 1-6, 1976 : 15.
24. Helrick, Kenneth,ed.1995. Official methods of analysis of AOAC
international. 16th ed. Arlington : AOAC .
25. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะอักษรศาสตร์. 2538. การค้นคว้าและเขียนรายงาน.
กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

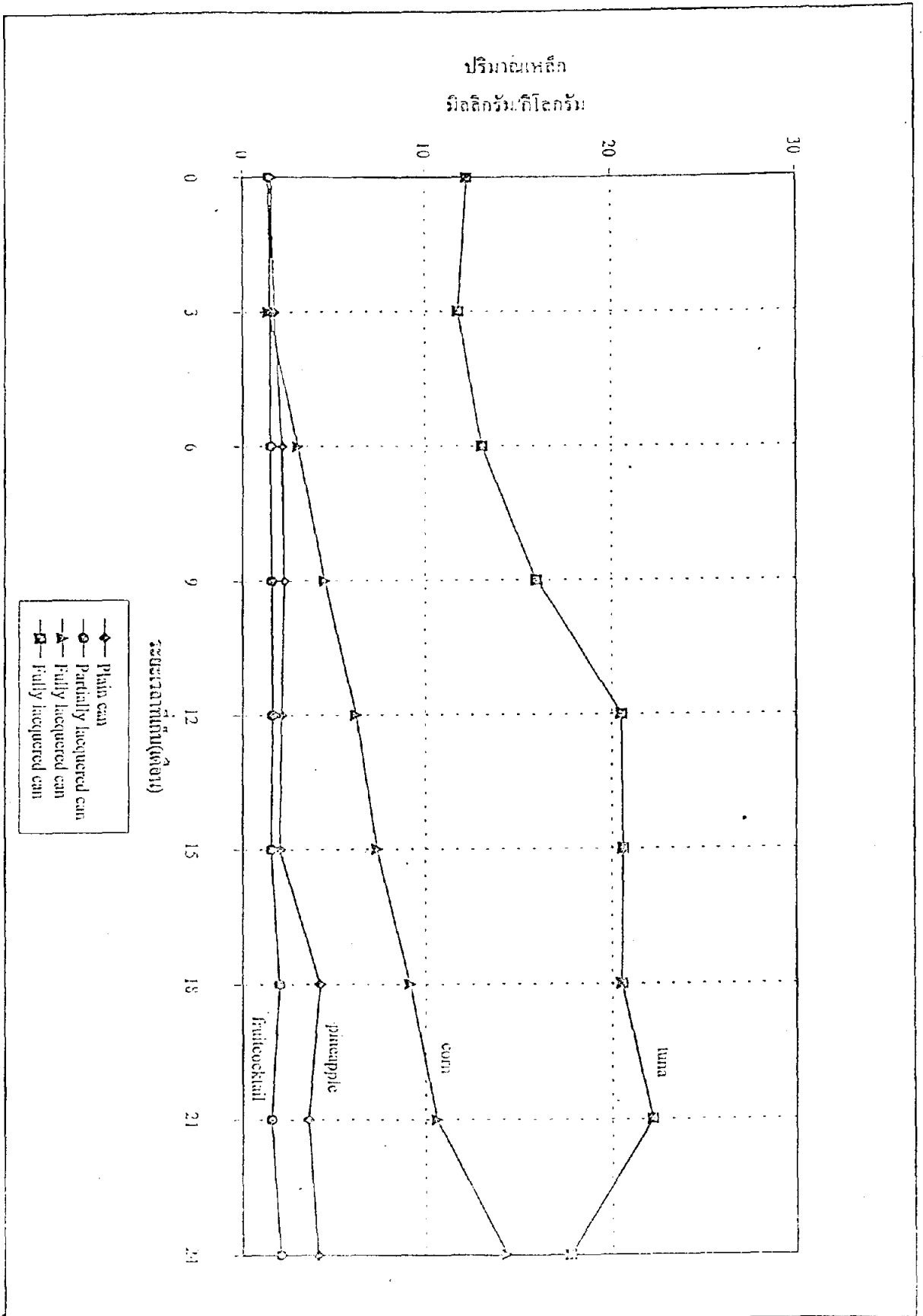
ภาคผนวก



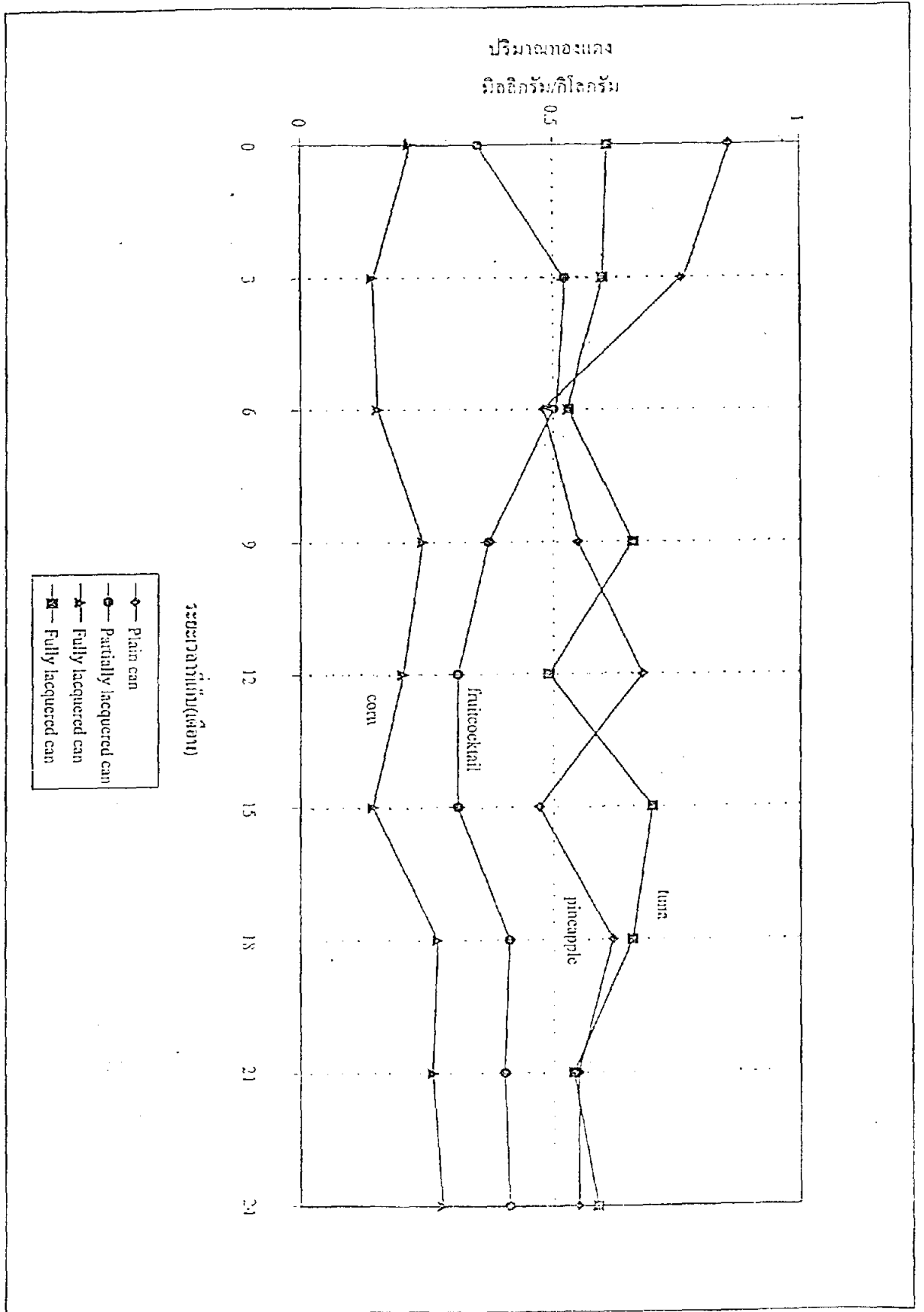
รูปที่ 1 แสดงปริมาณตะกั่วที่เคลือบด้านในของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 2 แสดงปริมาณตะกั่วในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่าง ๆ กับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 3 แสดงปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ



รูปที่ 4 แสดงปริมาณทองแดงในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่เก็บ