

Jabst

ข้อมูลข่าวสาร วศ.

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

วศ
กช
อว 22

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 2

การศึกษาเรื่องคุณภาพและความปลอดภัย ของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

นาง สุมาลี ทั้งพิทยกุล

นักวิทยาศาสตร์ 6ว

นางสาว ปราณี วิเศษ

นักวิทยาศาสตร์ 4

นางสาว สุภัตรา เจริญเกษมวิทย์

นักวิทยาศาสตร์ 4

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลส่วนตัว :
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 2

การศึกษาเรื่องคุณภาพและความปลอดภัย ของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

๑๐๗
เลขที่ กข
๐๐๒๒
เลขที่บันทึก ๑๘๘๗
วันที่ 4 พค ๑๙๙๔

นาง สุมาลี ทังพิทยกุล
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

นางสาว ปราณี วิเศษ
นักวิทยาศาสตร์ 4

นางสาว สุภัตรา เจริญเกษมวิทย์
นักวิทยาศาสตร์ 4

ด้วยฉันทนทานการ
จาก
๑๐๗

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะพลาสติกเพื่อความปลอดภัยในการใช้บรรจุอาหาร ได้ตรวจวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร 165 ตัวอย่าง จำแนกเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน 80 ตัวอย่าง โพลีโพรพิลีน 60 ตัวอย่าง โพลีคาร์บอเนต 23 ตัวอย่าง โพลีเอทิลีนเทอร์พาทาลเลต 2 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่ใช้บรรจุอาหารทั่วไป 36 ตัวอย่าง พบโลหะหนักและตะกั่วเกินมาตรฐาน 9 ตัวอย่าง ซึ่งปริมาณตะกั่วที่พบมีค่าสูงถึง 3,189 มิลลิกรัม/กิโลกรัมในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนสีแดง ภาชนะพลาสติกโพลีโพรพิลีน 18 ตัวอย่าง พบโลหะหนักและตะกั่วเกินมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นภาชนะที่มีสีสไต เช่น แดง เหลือง ส้ม เขียว เป็นต้น และพบสีละลายลงสู่สารละลายกรดอะซิติกซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาหารที่เป็นกรด 1 ตัวอย่าง สำหรับภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่มีไขมันชนิดโพลีเอทิลีน 28 ตัวอย่าง พบสารตกค้างที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทนซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาหารที่มีไขมันเกินมาตรฐาน 2 ตัวอย่างและภาชนะพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน 21 ตัวอย่าง พบสารตกค้างที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทน 5 ตัวอย่าง นอกจากนั้นในภาชนะพลาสติกซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นชนิดโพลีเอทิลีนสำหรับบรรจุนมผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนมพบตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน 10 ตัวอย่างจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ 16 ตัวอย่าง และภาชนะพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนไม่ผ่านมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่วิเคราะห์ 21 ตัวอย่าง โดยพบโลหะหนัก 25 - 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทน 47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สารที่สกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซน 31,754-98,494 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสารที่ละลายได้ในไซลีน 125,191-170,371 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โปแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา 12.2-18.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นค่าที่เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด จากผลการตรวจวิเคราะห์สรุปได้ว่ามีภาชนะพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนไม่ผ่านมาตรฐาน 21 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 26.2 ภาชนะพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนไม่ผ่านมาตรฐาน 13 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 21.7 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แจ้งไปยังบริษัทผู้ผลิตเพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้กำหนดมาตรฐานภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารตลอดจนเผยแพร่แก่ประชาชนทั่วไปให้ตระหนักถึงพิษภัยจากการใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่ไม่ได้มาตรฐานและผิดประเภท

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อ	i	
สารบัญ	ii	
คำนำ	1	
1. บทนำ	1	
2. วารสารปริทัศน์	3	
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	17	
วัสดุอุปกรณ์	17	
วิธีดำเนินงาน	20	
ผลการทดลอง	31	
วิจารณ์ผล	32	
สรุป	34	
กิตติกรรมประกาศ	36	
เอกสารอ้างอิง	37	
ภาคผนวก	38	
ตารางที่ 8	แสดงผลการวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร	39
ตารางที่ 9	แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและโลหะหนัก ของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร	40
ตารางที่ 10	แสดงคุณสมบัติการแพร่กระจายของภาชนะพลาสติก บรรจุอาหารที่มีไขมันที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	41
ตารางที่ 11	แสดงรายการวิเคราะห์ของภาชนะพลาสติกซึ่งด้านที่สัมผัส กับอาหารเป็นโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนสำหรับบรรจุนมฯ	42

คำนำ

1. บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันภาชนะพลาสติกได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการบรรจุอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมาก เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของภาชนะพลาสติกที่เหนือกว่าภาชนะประเภทอื่นๆ ในด้านความทนทานทางกายภาพและทางเคมี น้ำหนักเบา ป้องกันน้ำได้ดี ไม่มีปัญหาเรื่องการรั่วซึม มีความเหนียว มีรูปแบบหลากหลาย สามารถทำเป็นรูปร่างได้ตามต้องการหรือตามวัตถุประสงค์ที่นำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีสีสดใสดึงดูดผู้บริโภค ทำให้ภาชนะพลาสติกได้รับความนิยมอย่างสูง และมีบทบาทสำคัญเข้ามาทดแทนภาชนะบรรจุประเภทอื่น ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุจากธรรมชาติที่นำมาทำภาชนะต่างๆ เช่น ไม้ แก้ว กระดาษ เริ่มหายากและนับวันจะหมดไป ปัจจุบันมีการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกร้อยละ 70 ของบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดที่มีการผลิต ซึ่งบรรจุภัณฑ์พลาสติกส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากที่สุด ปริมาณความต้องการบรรจุภัณฑ์พลาสติกภายในประเทศ มีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็วจาก 62,532 ตันในปี 2531 เป็น 181,158 ตันในปี 2536 หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 44.3% ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกต่างๆ ขึ้นในประเทศ (ตามโครงการปีโตรเคมี 1-2) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยมีนโยบายการลดอัตราภาษีนำเข้าเม็ดพลาสติกทุกชนิดลงร้อยละ 40 เป็น 30 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2538 ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้อุตสาหกรรมประเภทนี้มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และภาชนะพลาสติกมีราคาถูกลง สามารถแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้มากยิ่งขึ้น อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นที่สนใจแก่นักลงทุนทั้งในและต่างประเทศอย่างกว้างขวางมีการลงทุนขยายการผลิตทั้งเพื่อผลิตจำหน่ายภายในประเทศและเพื่อการส่งออกเพิ่มขึ้นโดยลำดับ

ในปี 2535 ประมาณว่ามีโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกประมาณ 1,200 โรงงาน และขณะนี้เพิ่มขึ้นเป็น 1,600 โรงงานซึ่งกว่าร้อยละ 70 เป็นโรงงานขนาดเล็กที่ใช้เงินลงทุนและคนงานไม่มาก ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมประเภทนี้มีผู้ผลิตมากมายอีกทั้งการเข้ามาของผู้ผลิตรายใหม่เป็นไปโดยไม่ยากนัก เนื่องจากไม่ต้องใช้เงินลงทุนอีกทั้งเทคโนโลยีการผลิตไม่ซับซ้อนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายทำให้เกิดการแข่งขันค่อนข้างมาก มีการตัดราคากันเองโดยลดคุณภาพของวัตถุดิบ และต้นทุนการผลิตลงซึ่งส่งผลให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกด้อยคุณภาพลงไปด้วยและอาจทำให้เกิดปัญหาในด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคโดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2 ได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาเกี่ยวกับพิษภัยอันตราย เนื่องจากการใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร จึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดต่างๆ เพื่อหาปริมาณสารเจือปน สารตกค้าง สารปนเปื้อน โลหะหนัก และ สีสันที่อาจหลุดและเคลื่อนย้ายเข้าปนเปื้อนอาหาร อันอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ เพื่อเป็นการศึกษาและประเมินปัญหาทางด้านพิษภัยของภาชนะพลาสติกโดยเฉพาะที่ใช้บรรจุและห่อหุ้มอาหารหรือที่สัมผัสกับอาหารในลักษณะอื่น ทั้งนี้เพื่อนำข้อสนเทศที่ได้มาประกอบการพิจารณากำหนดมาตรฐานควบคุมคุณภาพมาตรฐานภาชนะพลาสติก และเผยแพร่ผลการวิเคราะห์ที่ได้แก่ผู้บริโภคทั่วไป

2. วารสารปริทัศน์

พลาสติก (Plastics)

พลาสติก (Plastics) เป็นวัสดุสังเคราะห์ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญเป็นสารโพลีเมอร์อินทรีย์ โดยมีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วย ธาตุสำคัญ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน และคลอรีน หรือมาจากโพลีเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการกลั่นน้ำมันและแก๊สธรรมชาตินำมาดัดแปลงให้มีความแข็งแรง สามารถทำให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้โดยใช้ความร้อนและความดัน พลาสติกที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) เป็นพลาสติกที่สามารถทำให้อ่อนตัวได้ด้วยความร้อน เมื่อเย็นจะแข็งตัว แต่ก็สามารถทำให้กลับอ่อนตัวโดยความร้อนได้อีกโดยไม่สลายตัวเป็นพลาสติกที่ใช้กันมากในการทำภาชนะบรรจุอาหาร เพราะสามารถผลิตได้หลายรูปแบบและราคาถูก พลาสติกชนิดนี้ได้แก่ โพลีเอทิลีน (polyethylene) โพลีโพรพิลีน (polypropylene) โพลีเอทิลีนเทอร์ราฟทาเลต (polyethylene teraphthalate) โพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) ไนลอน (polyamide) โพลีสไตรีน (polystyrene) เป็นต้น

2. เทอร์โมเซตติง (Thermosetting) เป็นพลาสติกซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวลงและขณะเดียวกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ด้วยเหตุนี้หลังจากพลาสติกเย็นจนแข็งตัวแล้ว จะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวได้อีกโดยใช้ความร้อน การทำพลาสติกชนิดนี้ให้เป็นรูปลักษณะต่างๆ ต้องใช้ความร้อนสูงและโดยมากต้องการแรงอัดด้วย พลาสติกชนิดนี้ได้แก่ เมลามีน (melamine formaldehyde) ยูเรีย (urea formaldehyde) ฟีนอลิก (phenolic formaldehyde) เป็นต้น

คุณสมบัติที่สำคัญในการทำภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

1. ใส เงามอม ทำให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้ง่าย เพื่อดึงดูดผู้บริโภค
2. สามารถควบคุมการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ
3. ใช้ได้คือที่อุณหภูมิใช้งาน
4. ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ
5. ราคาถูก

รูปแบบของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารมี 2 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทคงรูป (rigid) ได้แก่ภาชนะพลาสติกที่ได้จากกรรมวิธีขึ้นรูปแบบต่างๆ ทำให้ได้ภาชนะที่มีรูปทรงตามต้องการ เช่น จาน ชาม ขวด ฝา ลัง กล่อง กระติก เป็นต้น
2. ประเภทอ่อนนุ่ม (flexible) ได้แก่
 - ฟิล์มพลาสติก เป็นพลาสติกที่ผ่านกรรมวิธีการรีดและเป่าให้แผ่บางๆ ใช้สำหรับทำเป็นถุง หรือห่อหุ้มอาหารในรูปแบบต่างๆ เช่น ถุงบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ (vacuum pack) ฟิล์มหด (shrink film)
 - ฟิล์มพลาสติกเคลือบ (coating) เป็นฟิล์มพลาสติกเคลือบกับกระดาษ พลาสติก อื่นหรือโลหะ
 - พลาสติกเชิงซ้อน (laminates) เป็นการนำพลาสติกไปประกบกับพลาสติกหรือวัสดุชนิดอื่น เช่น กระดาษ อะลูมิเนียม เป็นต้น แล้วนำพลาสติกเชิงซ้อนไปทำเป็นถุงหรือกระป๋องต่อไป พลาสติกลามิเนตเป็นพลาสติกที่ใช้กันมากในปัจจุบันเพราะสามารถพัฒนาให้มีคุณภาพได้ตามต้องการ
 - ถุงพลาสติก มีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก ถุงที่ใช้ส่วนใหญ่ในท้องตลาดเป็น โพลีเอทธีลีน ความหนาแน่นต่างๆ (high density, low density, linear low density) โพลีโพรพีลีน (cast polypropylene) หรือโพลีโพรพีลีนลามิเนตกับโพลีเอทธีลีนเทอร์ราฟทาเลต (polyethylene teraphthalate) และอะลูมิเนียม (CPP/PET/AL) หรือโพลีเอทธีลีนลามิเนตกับไนลอน (linear low density polyethylene, LLDPE/NYLON) ถุงพลาสติกลามิเนตเหล่านี้ใช้สำหรับทำถุงบรรจุอาหารฆ่าเชื้อ (retort pouch) แพนกระป๋อง ถุงบรรจุอาหารว่าง (snack food) ทำจากโพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ลามิเนตกับโพลีเอทธีลีน (PVDC/PE) นอกจากนี้ยังมีถุงพลาสติกที่ทำจากฟิล์มหด และถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ

กรรมวิธีผลิตบรรจุภัณฑ์จากพลาสติก

การผลิตบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกหรือเรียกว่าเรซิน) ซึ่งได้จากขบวนการโพลีเมอร์ไรเซชันมาเติมสารเจือปนต่างๆ เช่น antiblock agents antioxidants lubricants slipping agents antistatic agents ซึ่งเป็นสารช่วยในขบวนการผลิต (processing aids) และส่งไปตามความจำเป็นของพลาสติกแต่ละชนิด แล้วนำไปผ่านขบวนการต่างๆ ดังนี้

1. Injection molding เม็ดพลาสติกถูกหลอมด้วยความร้อนแล้วเม็ดพลาสติกที่หลอมเหลวจะถูกฉีดด้วยความดันเข้าไปในแบบพิมพ์ที่ปิดสนิท ทำให้ได้บรรจุภัณฑ์มีรูปทรงตามต้องการ
2. Injection blow molding เม็ดพลาสติกที่ถูกหลอมด้วยความร้อนจะถูกฉีดผ่านสกรูออกมาเป็นท่อกลมกลวง (parison) เคลื่อนที่เข้าสู่แม่พิมพ์และท่อพลาสติกกลมกลวงนี้จะถูกเป่าโดยแก๊ส เพื่อดันและขยายท่อพลาสติกให้ใหญ่ขึ้นและเป็นรูปร่างตามแม่พิมพ์ที่ต้องการ
3. Extrusion เม็ดพลาสติกที่ป้อนลงไปเครื่องจะถูกสกรูพาไปที่ die (แม่พิมพ์) ในขณะที่เคลื่อนที่นั้นเม็ดพลาสติกจะได้รับความร้อนจนหลอมเหลวและถูกพาให้เคลื่อนที่ไปอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะได้เป็นถุงหรือแผ่นฟิล์มโดยจะมีกรรมวิธีที่ต่อเนื่อง 2 แบบ คือ
 - Flat-die extrusion
 - Blow extrusion

ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

1. โพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกในกลุ่มโพลีโอเลฟินส์ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและใช้กันมานานผลิตขึ้นจากกรรมวิธีสังเคราะห์ที่ใช้ก๊าซโพลีเอทิลีนเป็นวัตถุดิบและโมเลกุลของเอทิลีนจะรวมตัวกันเป็นโพลีเอทิลีนโดยใช้ความร้อนและความดันสูง เมื่อปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตจะสามารถผลิตเม็ดโพลีเอทิลีน ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลต่างกัน ทำให้มีความหนาแน่นและจุดหลอมตัวต่างกัน ได้เม็ดโพลีเอทิลีนชนิดต่างๆ ดังนี้ (2)

1.1 โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

เป็นโพลีเอทิลีนที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มานานแล้วตั้งแต่ปี ค.ศ . 1957 มีความหนาแน่น ≥ 0.94 กรัม/ซม³. (3) ผลิตขึ้นโดยขบวนการ addition polymerization เม็ดโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงมีสีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น มีความคงทนต่ออุณหภูมิและความชื้นได้ดี สามารถป้องกันความชื้น สารเคมี ทนอุณหภูมิต่ำได้ถึง -50°C แข็ง น้ำหนักเบา เหมาะทำบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้ เช่น ขวดบรรจุนม น้ำดื่ม น้ำผลไม้ ภาชนะบรรจุอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการใช้โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงในภูมิภาคต่างๆ ของโลก (ตัน) (2)

	ค.ศ. 1993	ค.ศ. 1994	ค.ศ. 1995	ค.ศ. 1996	ค.ศ. 1997	ค.ศ. 1998	ค.ศ. 1999	ค.ศ. 2000
อเมริกาเหนือ	5,646	5,813	5,917	6,094	6,376	6,631	6,879	7,160
สหรัฐอเมริกา	4,825	4,922	4,964	5,072	5,268	5,447	5,621	5,802
ลาตินอเมริกา	489	542	614	692	779	869	993	1,095
ยุโรป	4,165	4,321	4,495	4,838	5,164	5,497	5,823	6,170
ญี่ปุ่น	1,187	1,247	1,297	1,348	1,394	1,440	1,488	1,536
ตะวันออกกลาง/ แอฟริกา	689	774	892	991	1,095	1,197	1,266	1,359
รวม	17,001	17,619	18,179	19,035	20,076	21,081	22,070	23,122

1.2 โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Polyethylene Low Density, LDPE)

เกิดจากปฏิกิริยาที่ใช้ความดันสูงมาก ทำให้โมเลกุลของโพลีเอทิลีนที่เกิดขึ้นเป็นแขนงออกจากลำตัวมาก (long branched chain) โพลีเอทิลีนชนิดนี้มีความหนาแน่น 0.915-0.939 กรัม/ซม³. มีคุณสมบัติที่ดี คือ เหนียว ก่อนข้างโปร่งใส ยืดหยุ่นดี ปิดผนึกได้ดี มีความทนทานต่อสารเคมีมาก ทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊ส เช่น ออกซิเจน ได้ดีพอควร สามารถทำเป็นแผ่นฟิล์มสำหรับบรรจุอาหารสดและอาหารแช่แข็งหรือใช้เคลือบกับกระดาษและอะลูมิเนียมฟอยล์ได้ง่าย

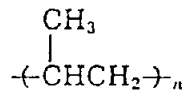
1.3 ลิเนียร์โลว์เดนซิตีโพลีเอทิลีน (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE)

เริ่มผลิตในปี 1960 โดยใช้ความดันและอุณหภูมิต่ำทำให้มีโครงสร้างระหว่าง LDPE และ HDPE แต่โครงสร้างโมเลกุลต่างกับ LDPE คือ มีแขนงสั้นกว่า (not long chain) มีความหนาแน่น 0.916-0.940 กรัม/ซม³. มีคุณสมบัติคล้าย LDPE แต่จะมีความเหนียวทนต่อการเจาะทะลุ และแรงกระแทกได้ดีกว่า ทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี ไม่แตกง่ายแม้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นถุงใส่ของหนัก เช่น ถุงบรรจุข้าวสาร ถุงบรรจุของทั่วไป

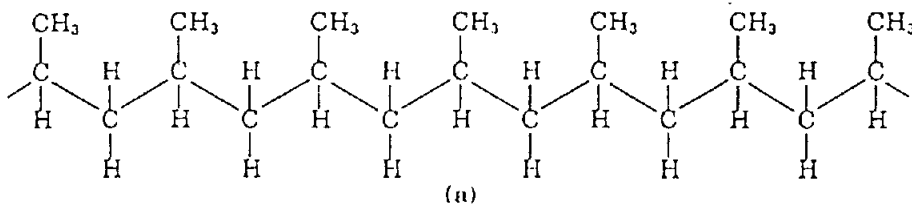
ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพลาสติกมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีการสังเคราะห์โพลีเอทิลีนชนิดใหม่ ให้เหมาะกับการใช้งานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่น high-molecular-weight high density (HMW-HDPE) ultra high-molecular-weight (UHMW-PE) ultra-low-density (ULDPE)

2. โพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก ในกลุ่มโพลีโอเลฟิน เช่นเดียวกับโพลีเอทิลีน เม็ดโพลีโพรพิลีนผลิตโดยขบวนการโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของโพลีโพรพิลีนโมโนเมอร์ (polypropylene monomer) โดยใช้สารเคมีลงไปตามความเหมาะสม เพื่อปรับคุณภาพให้เป็นไปตามต้องการ

สูตรทางเคมีของโพลีโพรพิลีนโมโนเมอร์



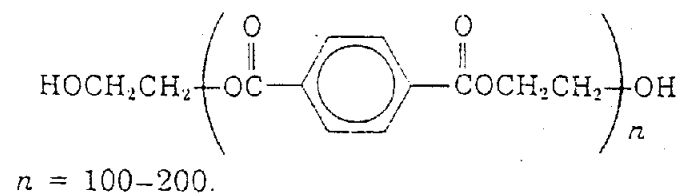
โพลีโพรพิลีน



โพลีโพรพิลีนเป็นพลาสติกที่นิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวางทั้งในลักษณะของแผ่นฟิล์ม และภาชนะบรรจุ มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ราคาไม่แพง ทนทานต่อสารเคมีได้ดี ผลิตเป็นแผ่นความหนาต่ำได้ ทำให้ได้ผลผลิตสูง ทนทานต่อไขมันและน้ำมัน ป้องกันไอน้ำได้ดี มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้ทนอุณหภูมิได้สูง แต่จะเปราะที่อุณหภูมิต่ำ ในปัจจุบันฟิล์มโพลีโพรพิลีนมีใช้ 2 ประเภท คือ cast polypropylene (CPP) และ oriented polypropylene (OPP) ฟิล์ม OPP ทำได้โดยแปรรูปแผ่นฟิล์ม CPP โดยการดึงแผ่นฟิล์ม CPP ในขณะร้อนที่อุณหภูมิ 120-140°ซ จะทำให้ฟิล์มที่ได้มีความโปร่งใสเป็นเงา ทนต่อการขูดขีดได้ดี ฝุ่นไม่เกาะติดง่าย (1)

3. โพลีเอทิลีนเทอราฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) หรือที่นิยมเรียกสั้นๆ ว่า PET ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ 1941 โดยบริษัทคาลิโกพริเตอร์ในประเทศอังกฤษ (4)

PET มีสูตร ดังนี้



วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต PET มาจากน้ำมันดิบ คือ พาราไซลีน (para-xylene) เมื่อพาราไซลีน ผ่านขบวนการออกซิเดชัน และ purification จะได้ purified terephthalic acid (PTA) PTA ทำปฏิกิริยากับ ethylene glycol โดยขบวนการ condensation polymerization จะได้ polyethylene terephthalate (PET) เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกในกลุ่มของโพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ คือ มีความใส และความเป็นมันเงาสูง ไม่แพ้แก้ว มีความเหนียวแข็งแรง ทนต่อการกระแทกได้ดี สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิระหว่าง -40 องศาเซลเซียส ถึง 220 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักเบา ไม่มีกลิ่น ป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดีด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการนำ PET มาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเริ่มผลิตเป็นขวดน้ำอัดลมในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2519 หลังจากนั้นขวด PET ได้ที่ยอมรับของตลาดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว นอกจากนั้นยังสามารถผลิตเป็นได้ง่าย รวดเร็ว และมีน้ำหนักเบากว่าขวดแก้วถึง 13 เท่า ปัจจุบันขวด PET ได้ก้าวเข้ามาทดแทนขวดแก้ว และขวดพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์ในบางส่วนประมาณร้อยละ 60 ของขวด PET ใช้บรรจุเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น น้ำอัดลม และน้ำผลไม้ ประมาณร้อยละ 40 นำไปใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง เคมีภัณฑ์ ยารักษาโรค ฯลฯ

PET นำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร เช่น อาหารผง กาแฟ มาการีน เป็นต้น และยังสามารถทำเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ เพื่อนำไปเคลือบกับพลาสติกชนิดอื่น ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหารทนความร้อน ภาชนะบรรจุอาหารที่ใช้ในเตาอบ (ovenware container) หรือ ไมโครเวฟ (microwave) หรือนำไปห่อ แสม เบคอน ผลิตภัณฑ์เนื้อต่างๆ

PET เป็นพลาสติกบรรจุอาหารที่มีแนวโน้มการใช้ขยายตัวเรื่อยๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการใช้ PET ในภูมิภาคต่างๆ ของโลก (พันตัน) (5)

	ค.ศ. 1990	ค.ศ. 1991	ค.ศ. 1992	ค.ศ. 1993	ค.ศ. 1994	ค.ศ. 1995	ค.ศ. 1996	ค.ศ. 2000
อเมริกาเหนือ	564	644	759	847	950	1032	1113	1398
ยุโรป	367	404	490	567	641	710	765	999
ตะวันออกไกล	205	276	318	383	468	567	634	938
ภูมิภาคอื่นๆ ที่เหลือ	89	119	153	188	225	266	304	457
รวม	1225	1443	1720	1985	2284	2575	2816	3792

จะเห็นว่า PET มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทอื่นทั้งเทคนิคการผลิตและคุณสมบัติเฉพาะตัว และยังสามารถนำมาผลิตใช้หมุนเวียนได้อีก (recycle หรือ returnable) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้ PET ของโลกในปี 1992 (พันตัน) จำแนกตามการใช้ (5)

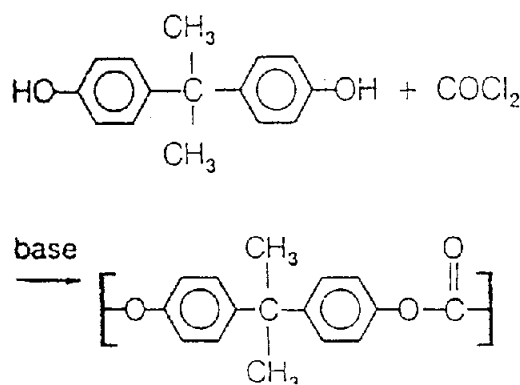
	น้ำอัดลม	บรรจุร้อน (Hot-fill)	น้ำแร่	น้ำมันพืช	อื่นๆ
ยุโรป	657	45	124	38	305
แคนาดา	25	-	4	-	3
ลาตินอเมริกา	14	1	4	5	3
ญี่ปุ่น	35	61	4	19	29
เกาหลี	28	10	2	5	11
ไต้หวัน	9	1	2	3	2
จีน/ฮ่องกง	40	-	13	2	1
ตะวันออกไกล	20	-	10	3	9
แอฟริกา	10	-	1	1	2
ภูมิภาคอื่นๆ ที่เหลือ	54	1	19	21	12
รวม	892	119	183	99	371

ตารางที่ 4 ปริมาณบรรจุภัณฑ์ PET ที่นำกลับมาใช้อีกในภูมิภาคต่างๆ ของโลก ในปี 1992 (พันตัน)

	การนำมาใช้ (returnable/refillables)
ยุโรป	21
แคนาดา	-
ลาตินอเมริกา	17
ญี่ปุ่น	-
เกาหลี	-
ไต้หวัน	-
จีน/ฮ่องกง	-
ตะวันออกกลาง	-
แอฟริกา	2
ภูมิภาคอื่นๆ ที่เหลือ	20
รวม	50

ขวด PET สามารถนำกลับมาใช้อีกได้โดยตรง หรือ depolymerization PET จะได้อัตถุดิบเริ่มต้นเป็นเม็ดพลาสติก PET และสามารถนำมาผลิตเป็นภาชนะ เช่น ขวด หรือฟิล์ม เพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่นของ PET แต่ควรระวังในด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค เพราะการนำพลาสติกมาใช้งานอีกครั้งหนึ่งอาจทำให้คุณสมบัติด้อยกว่าเดิม

4. โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ผลิตขึ้นเป็นการค้าปี 1957 เกิดจากปฏิกิริยาของ bisphenol และ carbonylchloride ในสถานะที่เป็นต่าง (6)



ในปฏิบัติการการผลิตโพลีคาร์บอเนต ไม่จำเป็นต้องใช้สารพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) หรือสารเจือปน จึงเป็นพลาสติกที่มีความปลอดภัยสูง (haze factor น้อยกว่า 1%) และมีคุณสมบัติที่ดี คือ ใส ยอมให้แสงผ่านได้ 90% (มีค่า light-transmittance values 88-91%) แก้ว มีค่า light-transmittance value 92% มีความคงตัวดีเลิศ (excellent dimensional stability) แข็ง ทนแรงกระแทกได้ดี ผิวเรียบ ทนต่อรอยเปื้อนของ ชา กาแฟ น้ำผลไม้ ซอสมะเขือเทศ ฯลฯ ทำความสะอาดได้ง่าย งาม พิมพ์ได้ง่าย สามารถฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง (sterilized) โดยใช้หม้อนึ่งอุณหภูมิ 132-138°C. หรือใช้รังสีแกมมาหรืออิเล็กตรอนโดยมีความคงตัวดี เป็นพลาสติกที่มีราคาแพง จึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์ในทางการแพทย์ และทำขวดนมสำหรับเด็ก แต่เนื่องจากภาวะแข่งขันทางการค้า ขวดนมสำหรับเด็กในปัจจุบันนิยมพิมพ์ให้มีลวดลาย สีสัน جذاب เพื่อดึงดูดผู้บริโภค ในขณะที่เดียวกันขวดนมพลาสติกเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่นิยมใช้หลายครั้ง และทุกครั้งที่น่ามาใช้ส่วนใหญ่ต้องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง จึงควรให้ความสำคัญในด้านความปลอดภัยของทารกและเด็ก เพราะอาจเกิดพิษภัย จากสีหรือหมึกพิมพ์บนขวดนม (7)

การใช้สีในพลาสติก (14)

สีสำหรับใช้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก มีให้เลือกใช้อยู่มากมาย ในลักษณะของสีผง ซึ่งมีทั้งสีอินทรีย์ (organic pigments) และสีอนินทรีย์ (inorganic pigments) และในรูปของสีเหลวเป็นเม็ดสีเข้มข้น (master batches) ซึ่งต้องดูความเหมาะสมของสีกับตัวพา (carrier) การเลือกใช้สีสำหรับพลาสติกต้องพิจารณาถึงตัวพลาสติกเอง และกรรมวิธีการผลิต (processing)

สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมี 3 ชนิด แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีของลักษณะการเกิดสีในเนื้อพลาสติก

1) สีละลาย หมายถึง สารอินทรีย์เคมี ที่มีในธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้น ละลายได้ในสารละลายธรรมดาทั่วไป แบ่งเป็นสีละลายได้ในน้ำมัน (hydrocarbon soluble) สีละลายได้ในอัลกอฮอล์ (spirit soluble) และละลายได้ในน้ำ (water soluble) การเกิดสีของสีละลายในพลาสติก เกิดจากการละลายของสีละลายเข้าไปในเนื้อพลาสติก ซึ่งต้องดูความเหมาะสม และความสามารถละลายของสีแต่ละชนิดของพลาสติกด้วย สีละลายมีสีให้เลือกเกือบทุกสี สีสดสวย มีความเข้มข้นของสีสูงมาก และมีความถ่วงจำเพาะต่ำ สีละลายส่วนมากไม่ค่อยมีความทนทานต่อแสง ความร้อนและสารเคมี ตัวอย่างสีละลาย ได้แก่ สีโอโซ ให้สีเหลือง ส้ม น้ำตาล แดง ดำ สีนิกโรซีนให้สีดำ สีละลายนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับพลาสติกโพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน และโพลีไวนิลคลอไรด์ เพราะสีละลายจะละลายและซึมผ่านออกจากเนื้อพลาสติกได้

2) สีอินทรีย์ หมายถึง สารอินทรีย์เคมีที่ไม่ละลายง่าย ๆ ในตัวทำละลายทั้งหลาย สีพวกนี้จะไม่คงาม สวยสดเท่าสีละลายบางชนิด จะมีความทึบแสง การเกิดของสีในพลาสติกเกิดจากสีซึ่งเป็นเม็ดเล็กเข้าไปแทรกผสมอยู่ในเนื้อพลาสติก ไม่ใช่ละลายเข้าไปในเนื้อพลาสติกเหมือนสีละลาย สีละลายนี้ทนต่อการหลุดลอยของสีได้ เหมาะที่จะใช้กับเนื้อพลาสติกชนิด LDPE, PP, HPPE สีละลายมีราคาต่อหน่วยสูง ความเข้มข้นของสีมาก สามารถให้สีที่โปร่งแสง ตัวอย่างสีอินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ แบเรียมลิทอล ให้สีแดง เบนซิดันเฮลโลว์ ให้สีเหลือง สีเหล่านี้ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้าด้วย หากใช้ในพลาสติกควรใช้ในปริมาณ 100 ppm - 1000 ppm

3) สีอนินทรีย์ คือ สารที่เกิดจากสารประกอบออกไซด์ และซัลไฟด์ของโลหะ อาจได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมาหรือได้จากธรรมชาติ สีอนินทรีย์นี้ไม่ละลายในตัวทำละลาย ไม่ละลายในเนื้อพลาสติก มีความทึบแสง ทนต่อการเคลื่อนหลุดของสีจากเนื้อพลาสติก ทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดี ตัวอย่างสี เช่น สีขาว คือ titanium dioxide ในปริมาณ 0.01 - 1% สีน้ำเงิน และสีเขียวเป็นสีของอูตรามารีน สีเหลือง แดง น้ำตาล เป็นสีของ cadmium sulphides หรือ cadmium sulphoselenides ใช้ในปริมาณ 0.1% สีดำของ carbon black ในปริมาณ 0.2 - 2% สีเหลือง เหลืองอมเขียว และสีส้มได้จากสารประกอบของตะกั่ว สีที่เป็นสารประกอบของตะกั่ว และแคดเมียมไม่ควรนำมาใช้ร่วมในการผลิตภาชนะบรรจุอาหาร

Special - effect pigments ได้แก่ สีโลหะวาว เป็นสีที่ทำจากผงละเอียด หรือเกล็ดเล็กๆของโลหะหรือโลหะผสม โลหะที่นิยมใช้ คือ อะลูมิเนียม ทองแดง บรอนซ์ นอกจากนี้มีสีประกายมุก เป็นสีที่ให้สีวาวเหลือบๆ คล้ายสีของไข่มุก ได้จากบิสมีท และสารประกอบของตะกั่ว เป็นส่วนผสมที่สำคัญ

ตัวอย่างสีที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ

สีขาว (White)	:	titanium dioxide (rutile)
สีเหลือง (Yellow)	:	ใช้ cadmium yellow, nikel titanium yellow, chrome titanium yellow
สีแดง (Red)	:	ใช้ cadmium red, iron oxide
สีน้ำเงิน (Blue)	:	ใช้ cobalt blue, ultramarine blue
สีเขียว (Green)	:	ใช้ cobalt green, chrome oxide green
สีน้ำตาล (Brown)	:	ใช้ iron oxide brown, chrome iron brown
สีดำ (Black)	:	ใช้ carbon black furnace

การใช้สีผสมในพลาสติก มีการใช้อยู่ 2 แบบ คือ ชนิดผงและชนิดเม็ด

- ชนิดผง (pigment) หมายถึง ตัวสีเองเป็นผงเล็กๆ ใช้ผสมในเม็ดพลาสติกในถังหมุน อาจใช้น้ำมันช่วย เพื่อให้สีผงเกาะติดผิวของเม็ดพลาสติก การกระจายของสีผงนี้ไม่ค่อยดี อาจเกิดจุดของสีในเนื้อพลาสติกได้ ทำให้ดูไม่สวยงาม

- ชนิดเม็ด (master batch) หมายถึง เม็ดพลาสติกซึ่งเกิดจากการนำสีผงมาผสมในเม็ดพลาสติกเพื่อให้มีการกระจายสีในตอนแรกก่อน เมื่อนำเม็ดสีพลาสติกมาผสมกับพลาสติกในถังหมุนแล้วนำเข้าเครื่องผลิต ทำให้การกระจายสีจะดีกว่า สม่่าเสมอไม่เป็นจุด เหมาะสำหรับใช้ผสมในถุงพลาสติก ฟิล์มพลาสติก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อหาการปนเปื้อนของสี โลหะหนัก หรือสารอินทรีย์อื่นๆที่สามารถหลุด ลอก เคลื่อนย้ายจากภาชนะพลาสติก แผ่นฟิล์มพลาสติก ถุงพลาสติก หรือพลาสติกที่ใช้ประกอบวัสดุอื่น เพื่อใช้บรรจุห่อหุ้มอาหารหรือสัมผัสอาหารในลักษณะใดๆ ก็ตามลงสู่อาหาร
- 2) ศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารดังกล่าวจากข้อมูลทีวิเคราะห์ได้

ประโยชน์ของการวิจัย

- 1) ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการกำหนดมาตรฐานของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร ชนิดต่างๆ และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเพื่อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติกซึ่งผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการมีส่วนร่วมด้วย เป็นการยกระดับคุณภาพภาชนะพลาสติกให้ได้มาตรฐานและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค
- 2) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่ผู้บริโภคในการเลือกใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารอย่างปลอดภัย และเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน

เป้าหมายของงานวิจัย

การศึกษาเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารนี้เป็นการศึกษาเฉพาะภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่ทำด้วยโพลีเอทิลีน (polyethylene) โพลีโพรพิลีน (polypropylene) โพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) โพลีเอทิลีนเทอราฟทาเลต (polyethyleneterephthalate) และภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดลามิเนตซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน โดยใช้รายการวิเคราะห์ตามประกาศ

กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (2531) และวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร มอก. 656-2529 ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5, 6 และ 7 เพื่อเป็นข้อมูลใช้กำหนดมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข และเผยแพร่ข้อมูล แก่ผู้บริโภคและผู้ประกอบการ

ตารางที่ 5 แสดงรายการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายของพลาสติกบรรจุอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (2531)

ชนิดพลาสติก	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย)		
	โพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน	โพลีเอทิลีน เทอราฟทาเลต	ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหาร เป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน และโพลี โพรพิ ลี น สำหรับ บรรจุนม ผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะ คล้ายคลึงกับนม
(ก) พอลว	-	0.05	-
(ข) เจอร์เมเนียม	-	0.1	-
(ค) โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	1	1	-
(ง) โปแทสเซียมเปอร์แมง- กานต์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา	10	10	5
(จ) สารตกค้างที่ระเหยได้ในน้ำ (กรณีอาหารที่มีความเป็น กรด-ด่าง เกิน 5)	30	30	15
(ฉ) สารตกค้างจากสารที่ระเหย ได้ในกรดอะซิติกความเข้มข้น ร้อยละ 4 (กรณีอาหารที่มีค่า ความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 5)	30	30	15
(ช) สารตกค้างจากสารที่ระเหย ได้ในแอลกอฮอล์ความเข้ม เข้มข้นร้อยละ 20 (กรณีอาหารที่มี แอลกอฮอล์)	30	30	15
(ซ) สารตกค้างจากสารที่ระเหย ได้ในนอร์มัลเฮปเทน (กรณี ไขมัน น้ำมันและอาหารที่มี ไขมัน)	150	150	15

ตารางที่ 6 คุณภาพหรือมาตรฐานของเนื้อพลาสติกตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ 111 (2531)(12)

ชนิดพลาสติก	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย)		
	โพลีเอทธีลีน โพลีโพรพิลีน	โพลีเอทธีลีน เทอราฟثالเลต	ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหาร เป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทธีลีน และโพลีโพรพิลีน สำหรับ บรรจุนม ผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะ คล้ายคลึงกับนม
(ก) ตะกั่ว	100	100	-
(ข) โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	-	-	20
(ค) สารหนู	-	-	2
(ง) สารที่สกัดด้วย นอร์มัลเฮกเซน	-	-	26,000
(จ) สารที่ละลายได้ ในไซลีน	-	-	113,000

ตารางที่ 7 แสดงวิธีสกัดภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารเพื่อวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายของ
พลาสติกบรรจุอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111 (2531) (12)

สถานะที่ใช้สกัด	สารละลายที่ใช้ เป็นตัวแทนอาหาร	รายการวิเคราะห์	เกณฑ์กำหนด มก./ลบ.คม.
2 มิลลิเมตรต่อพื้นที่สัมผัสของ ภาชนะบรรจุอาหาร 1 ชม ² เป็นเวลา 60°C 30 นาที	น้ำกลั่น กรณีอาหารที่มีความเป็น กรด-ด่างเกิน 5	โปตัสเซียมเปอร์แมงกา เนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	10
		สารตกค้างที่ระเหยได้ใน น้ำ	30
	สารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 4 กรณีอาหารที่มีความเป็น กรด-ด่างไม่เกิน 5	โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	1
		สารตกค้างที่ระเหยได้ใน กรด	30
	นอร์มัลเฮปแทน กรณีอาหารที่มีไขมันและ น้ำมัน	สารตกค้างที่ระเหยได้	150 โพลีเอทิลีนและ โพลีโพรพิลีน 30 โพลีเอทิลีนเท อราฟทาเลต โพลีไวนิล ดีนคลอไรด์ 15 ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัส กับอาหารเป็นพลาสติก ชนิดโพลีเอทิลีนและ โพลีโพรพิลีนสำหรับ บรรจุนม ผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่ ลักษณะคล้ายคลึงกับนม

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์วิจัย มีดังต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์ชนิดพลาสติก
 เครื่องมือ อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดรังสีที่ครอบคลุมช่วงเลขคลื่น (wave number) ระหว่าง 4000-400 ส่วนกลับของเซนติเมตร (reciprocal centimeter, cm^{-1})
- 2) วิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา
 เครื่องมือ เครื่องสกัดด้านใน (inside extractor apparatus) ดังรูปที่ 1
 เครื่องอ่างไอน้ำ (water bath) ชนิดควบคุมอุณหภูมิได้
 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวัดค่าความดูดกลืนได้ที่ความยาวคลื่น 330-508 นาโนเมตร
 ตู้อบไฟฟ้า (oven)
 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator)
 เครื่องชั่งแบบละเอียด
 ตู้ควัน
 เต้าไฟฟ้า
- 3) วิเคราะห์เนื้อพลาสติก
 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 พร้อมด้วย ฮอลโลว์คาโทด
 แลมป์ สำหรับตะกั่ว
 เครื่องควบแน่นกลั่นกลับ (reflux condenser)
 เครื่องระเหยสูญญากาศ (vacuum evaporator)
 เต้าไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. สารเคมีและสารละลายที่ใช้
 - 4.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 0.002 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 0.33 กรัมในน้ำกลั่นและทำให้ปริมาตรเป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดได้สนิท

- ก่อนใช้ให้สอบเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट
- 4.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट 0.005 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ละลายอันไฮดรัสโซเดียมออกซาลेट ซึ่งอบแห้งแล้ว 0.6700 กรัมในน้ำกลั่น
และทำให้ปริมาตรเป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุก
ปิดได้สนิท เก็บไว้ได้ไม่เกิน 1 เดือน
- 4.3 สารละลายมาตรฐานพลวง 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ซึ่งโลหะพลวงบริสุทธิ์ให้น้ำหนักที่แน่นอน 500 มิลลิกรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น
ขึ้นจำนวนเล็กน้อยจนโลหะพลวงละลายหมด ใส่งในขวดแก้วปริมาตรขนาด
500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 1 + 6 จนถึงขีดปริมาตร
- 4.3.1 สารละลายมาตรฐานพลวง 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ใช้ปีเปตดูดสารละลายมาตรฐานพลวง (ข้อ 4.3) มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ใส่งในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสาร
ละลายกรดซัลฟูริก 1 + 6 จนถึงขีดปริมาตร
- 4.4 สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม
ซึ่งเจอร์เมเนียมไดออกไซด์ 144 มิลลิกรัมให้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่งใน
ครุชชีเบิล เติมอันไฮดรัสโซเดียมคาร์บอเนต 1 กรัม ให้ความร้อนด้วยเปลวไฟ
โดยตรงในตู้วันจนหมดควัน แล้วนำไปเผาในเตาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้เป็นกลาง
ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและเติมให้มากเกินพออีก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายมาตรฐาน
เจอร์เมเนียมนี้ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมีปริมาณเจอร์เมเนียม 0.5 มิลลิกรัม
- 4.5 สารละลายมาตรฐานสารหนู 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ละลายอาร์เซนิก(III) ออกไซด์ 0.132 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
350 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขวดแก้ว
ปริมาตรขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
เติมกรดซัลฟูริก เข้มข้นทีละน้อย จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจน
ถึงขีดปริมาตร
- 4.5.1 สารละลายมาตรฐานสารหนู 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ใช้ปีเปตดูดสารละลายมาตรฐานสารหนูจากข้อ 4.5 จำนวน 10 ลูกบาศก์
เซนติเมตร ใส่งในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

แล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

- 4.6 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1,000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ละลายตะกั่วบริสุทธิ์ (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99) 1,000 มิลลิกรัมในสารละลาย
 กรดไนตริก 7 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด เมื่อ
 ละลายหมดแล้วใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรแล้วเติม
 น้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- 4.6.1 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.6 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจน
 ถึงขีดปริมาตร
- 4.6.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.6.1 มา 10 ลูกบาศก์
 เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- 4.6.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.6.1 มา 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจน
 ถึงขีดปริมาตร
- 4.6.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.6.2 มา 10 ลูกบาศก์
 เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- 4.7 สารละลายกรดซัลฟูริก 1 + 2
 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 2 ส่วน
- 4.8 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์
 ละลายโซเดียมซัลไฟด์ 5 กรัมในน้ำกลั่น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติม 1,2,3 - โพร-
 เพนไตรออล (หรือที่เรียกกันว่า กลีเซอริน) 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 4.9 กรดซัลฟูริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84
- 4.10 สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยปริมาตร

- 4.11 สารละลายกรดไอโอดีน-อัสคอร์บิก
ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 112 กรัม และกรดอัสคอร์บิก 20 กรัม ในน้ำกลั่น
แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 4.12 สารละลายฟีนิลฟลูออโรน (phenyl fluorone) 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ซึ่งฟีนิลฟลูออโรน 0.05 กรัม หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 ลูกบาศก์
เซนติเมตร เพื่อช่วยการละลาย แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์
เซนติเมตร
- 4.13 เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร
- 4.14 คาร์บอนเททระคลอไรด์ คุณภาพชั้นวิเคราะห์
- 4.15 เฮกเซน คุณภาพชั้นวิเคราะห์
- 4.16 โซลีน ชั้นคุณภาพ ACS (American Chemical Society reagent grade)
หรือเทียบเท่า
- 4.17 สารละลายทิน (II) คลอไรด์ที่ปราศจากสารหนู 40 กรัม ในสารละลายผสม
ระหว่างน้ำกลั่น 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.18 จำนวน 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 4.18 สารละลายซิลเวอร์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต
สารละลายโซเดียมไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (สารละลายคาร์บาเมต)
0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (22.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

การดำเนินการทดลอง

วิธีดำเนินงาน

- 1) การเตรียมตัวอย่าง
ล้างตัวอย่างภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่ต้องการทดสอบให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น
แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง
- 2) วิเคราะห์ชนิดพลาสติก
โดยใช้เครื่อง อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 3) การสกัดสารที่ละลายออกมา

3.1 ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ เป็นภาชนะพลาสติกบรรจุสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร ได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติกร้อยละ 4 แอลกอฮอล์ร้อยละ 20 และนอร์มัลเซปแทนในปริมาณร้อยละ 80 ของปริมาตรบรรจุของภาชนะ

3.2 ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบเป็นแผ่นฟิล์ม สกัดด้วยสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร เช่นเดียวกับข้อ 3.1 โดยใช้เครื่องสกัดด้านใน (inside extractor apparatus) ดังรูปที่ 1 ตัดตัวอย่างกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร หรืออย่างน้อยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม แล้ววางเหล็กกล้าไร้สนิมทับตัวอย่าง ใส่สารละลายที่เป็นตัวแทนอาหารร้อน 60 องศาเซลเซียส จำนวน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม ปิดด้วยกระจกแล้วยึดให้แน่น แฉ่งลงในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เขย่าหรือคนบ่อยๆ ทิ้งให้เย็น แล้วนำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

3.3 ตัวอย่างภาชนะที่ต้องการทดสอบเป็นรูปทรงอื่นๆ ที่ไม่สามารถสกัดโดยวิธี 3.1 และวิธี 3.2 ให้ตัดตัวอย่างขึ้นที่ต้องการทดสอบเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเซนติเมตร และสกัดโดยสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหารในอัตราส่วน พื้นที่สัมผัส 1 ตารางเซนติเมตร ต่อ 2 มิลลิลิตรของสารละลาย โดยนำขึ้นทดสอบแช่ในสารละลายที่บรรจุในบีกเกอร์ที่มีฝาปิดหรือภาชนะที่เหมาะสม

3.4 นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ โดยให้สภาวะที่ใช้ทดสอบเป็นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

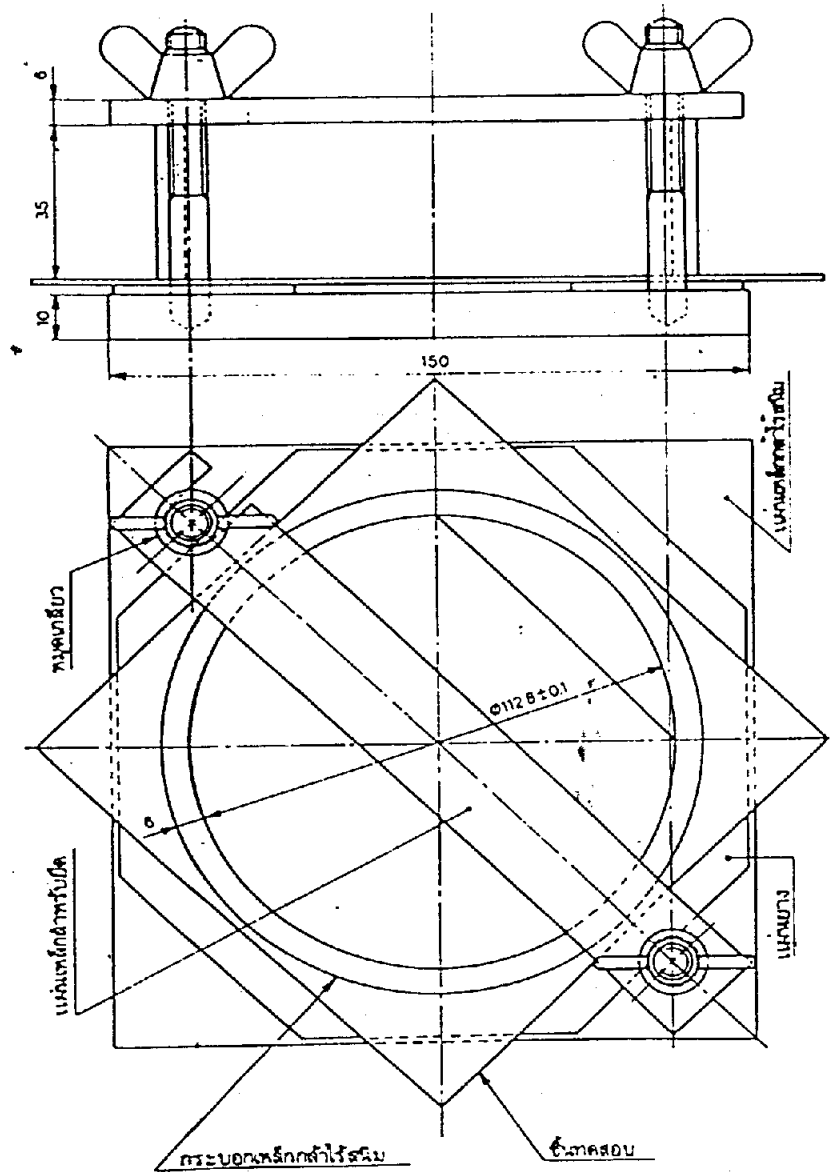
4. การวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายของพลาสติก ตามรายการวิเคราะห์ในตารางที่ 5

4.1 โพลีเอทิลีนเพอร์เมกานเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา

4.1.1 สกัดตัวอย่างภาชนะพลาสติกตามวิธีในข้อ 3.1-3.3 ด้วยน้ำกลั่น

4.1.2 เตรียมขวดแก้วรูปกรวย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยล้างด้วยกรด

ซัลฟูริก (1 + 2) น้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ สารละลายมาตรฐานโพลีเอทิลีนเพอร์เมกานเนต 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วล้างขวดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปใช้



รูปที่ 1 เครื่องสกัดแผ่นฟิล์มพลาสติก

4.1.3 นำสารละลายที่สกัดได้ 100.0 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ขวดแก้วรูปกรวยที่เตรียมตามข้อ 4.1.2 ใส่สารละลายกรดซัลฟูริก 5.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 10.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट 10.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจนได้สีชมพูจางๆ อย่างถาวร

4.1.4 ทำแบลنگก์ เช่นเดียวกัน

4.1.5 คำนวณ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลาย

$$= \frac{0.316x(a-b)x100}{100}$$

$$= 3.16 (a-b)$$

a คือปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

b คือปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ไตเตรทกับแบลنگก์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

4.2 สิ่งที่เหลือจากการระเหย

4.2.1 ตัวทำละลายที่ใช้เป็นตัวแทนอาหาร

- น้ำกลั่น
- สารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 4
- เอทานอล ร้อยละ 20 โดยปริมาตร
- เฮปแทน

4.2.2 การสกัดสารละลายตัวอย่าง ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1-3.3 โดยใช้สารละลายต่างๆ ให้เหมาะสมกับอาหารที่บรรจุตามข้อ 4.2.1

4.2.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรนำไประเหยบนอ่างน้ำจันแห้ง อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งสิ่งที่เหลือจากการระเหย ในกรณีที่ใช้ตัวแทนอาหารเป็นเฮปแทน ต้องระเหยได้สภาพลดความดันโดยใช้เครื่องระเหยสูญญากาศ (vacuum evaporator) ที่แบลنگก์ โดยใช้ตัวทำละลายเช่นเดียวกัน

4.2.4 วิธีคำนวณ

สิ่งที่เหลือจากการระเหย = $\frac{(a-b) \times 1000}{v}$ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

a คือน้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายตัวอย่างเป็นมิลลิกรัม

b คือน้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายแบบลงก์เป็นมิลลิกรัม

v คือปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

4.3 โลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว)

4.3.1 สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 โดยใช้วิธีตามข้อ 3.1-3.3 แล้วใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 2 หยด ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วทำเช่นเดียวกันอีกโดยใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3.2 นำสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ใส่ลงในหลอดเทียบสี แต่ละหลอดแล้วเทียบสีของสารละลายที่เกิดขึ้น สีของสารละลายตัวอย่างต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว จึงจะถือว่าปริมาณโลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

4.4 พอลวง

4.4.1 สกัดสารละลายตัวอย่างโดยใช้สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 ตามวิธีในข้อ 3.1-3.3

4.4.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดเซดาห์ล เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนในตู้ควันจนเกิดควันสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ละหยด ประมาณ 1 ถึง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดไอโอดีนอัสคอร์บิก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่ายสารละลายใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร แล้วนำไปวัดค่าความดูดกลืนด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

4.4.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานพอลวง 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 0, 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร 5 ขวด ตามลำดับ เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรดไอโอดีนอัสคอร์บิก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร แล้วนำไปวัดค่าความดูดกลืนด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

4.4.4 ทำแบลล็กเช่นเดียวกับข้อ 4.4.2 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลาย ตัวอย่าง

4.4.5 เขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณพลวงเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตรกับค่าความดูดกลืน

4.4.6 ผลต่างที่อ่านได้จากกราฟในข้อ 4.4.2 กับข้อ 4.4.4 คือปริมาณ พลวงที่มีในตัวอย่าง

4.5 เจอร์เมเนียม

4.5.1 สกัดสารละลายตัวอย่างโดยใช้สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 ตามวิธีในข้อ 3.1-3.3

4.5.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ใน ชามกระเบื้องเคลือบ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนในตู้ควันจนเกิด ควันสีขาวทิ้งให้เย็น เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ละหยด ประมาณ 1 ถึง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันสีขาว ถ่ายลงในขวดแก้วปริมาตร เดิมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายนี้มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในกรวย แยกเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร คาร์บอนเททราคลอไรด์ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าแล้วแยกชั้นคาร์บอนเททราคลอไรด์ออกมา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีสารละลายฟีนิลฟลูออโรน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเอทานอล 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเอทานอล จนถึงขีดปริมาตร นำไป วัดค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตร

4.5.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม 0.5 มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เดซิเมตร 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร คาร์บอนเททราคลอไรด์ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าแยกชั้น คาร์บอนเททราคลอไรด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 ลูกบาศก์ เซนติเมตร แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 4.5.2

4.5.4 ทำแบลล็กเช่นเดียวกับข้อ 4.5.2 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลาย ตัวอย่าง

4.5.5 หลังจากหักค่าแบลล็กออกมาแล้ว ค่าความดูดกลืนของสาร ละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าค่าความดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม ตามข้อ 4.5.3 จึงถือว่าปริมาตรเจอร์เมเนียมไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

5 การวิเคราะห์เนื้อพลาสติก โดยวิเคราะห์ตามรายการวิเคราะห์ในตารางที่ 6

5.1 สารที่สกัดด้วยเฮกเซน

5.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

ให้ตัดพลาสติกตัวอย่างเฉพาะส่วนที่ไม่มีหมึกพิมพ์ ให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม โดยแต่ละชิ้นมีพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร นำตัวอย่างที่ตัดแล้วมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว

5.1.2 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ 2.5 ± 0.001 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วทนความร้อน เติมเฮกเซน 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อขวดแก้วเข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ปรับความร้อนให้อุณหภูมิของสารผสมในขวดเป็น 50 องศาเซลเซียสภายใน 20-25 นาที คงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ยกขวดแก้วออกจากเตาไฟฟ้าทันที กรองสารละลายขณะร้อนผ่านกระดาษกรองชนิดหยาบ ซึ่งอยู่บนเครื่องกรอง (fitted glassfunnel) ความสูญเสียอันเนื่องจากการระเหยระหว่างการให้ความร้อน และการกรองต้องไม่เกินร้อยละ 2 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหย แล้วใส่เคตสิกเตอร์สูญญากาศไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ชั่งสารที่เหลือจากการระเหยที่แห้งแล้วให้ได้ค่าละเอียดถึง 0.0001 กรัม ทำแบลงก์ เช่นเดียวกัน และปรับผลได้ให้ถูกต้อง โดยนำค่าแบลงก์มาหักออก

5.1.3 วิธีคำนวณ

$$\text{สารที่สกัดได้ด้วยเฮกเซน ร้อยละ} = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักสารที่เหลือจากการระเหยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นกรัม

5.2 สารที่ละลายได้ในไซลีนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

5.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ให้ตัดพลาสติกตัวอย่างเฉพาะส่วนที่ไม่มีหมึกพิมพ์ ให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม โดยแต่ละชิ้นมีพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร นำตัวอย่างที่ตัดแล้วมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว

5.2.2 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างจากข้อ 4.2.1 จำนวน 5 ± 0.001 กรัม สกัดด้วยไซลีน 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ที่อุณหภูมิ 137-140 องศาเซลเซียส หลังจากรอกกลับ 2 ชั่วโมง หยุดให้ความร้อน แล้วทิ้งไว้ให้เย็นจนอุณหภูมิของสารภายในขวดลดลงถึง 50 องศาเซลเซียส แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำเย็น จนถึงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และควบคุม

อุณหภูมิห้องที่ 25 ± 0.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ทำให้ตะกอนของโพลีเมอร์ที่อาจเกิดขึ้นแตกออก กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 หรือ เครื่องกรองชนิดทำด้วยแก้ว (sintered glass filter) สารละลายที่กรองได้ต้องใสปราศจากตะกอน เก็บสารละลายที่กรองได้เฉพาะช่วงแรกเพียง 450-500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ชั่งขวดอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหย นำสารที่เหลือจากการระเหยไปใส่เตลิกเคเตอร์ชนิดสูญญากาศ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ชั่งสารที่เหลือจากการระเหยให้ละเอียด 0.0001 กรัม ทำแบลนก์โดยใช้ไซลีนที่มีปริมาตรและภาวะเดียวกันกับที่ใช้ในตัวอย่าง

5.2.3 วิธีคำนวณ

สารที่ละลายได้ในไซลีนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร้อยละ

$$= \frac{(R_1 - R_2) \times 840 \times 100}{W_1 \times W_2}$$

เมื่อ	R_1	= น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของตัวอย่างเป็นกรัม
	R_2	= น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของแบลนก์เป็นกรัม
	840	= น้ำหนักไซลีนที่ใช้สกัดตัวอย่างเป็นกรัม
	W_1	= น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นกรัม
	W_2	= น้ำหนักของสารละลายที่กรองได้ เป็นกรัม

5.3 ตะกั่ว

5.3.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5 ± 0.001 กรัม ในชามแก้วทนไฟ (Vycor) หยดกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปเล็กน้อย เผาด้วยเปลวไฟโดยตรงจนหมดควัน แล้วนำไปใส่ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิไม่เกิน 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

5.3.2 วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน

นำน้ำหนักและสารละลายมาตรฐานตะกั่ว 5, 10, 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มาวัดค่าความดูดกลืน โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอปซอร์ปชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วนำไปเขียนกราฟ ระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาตรตะกั่ว

5.3.3 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 5.3.1 มาวัดค่าความดูดกลืน และเทียบค่าปริมาณตะกั่ว (C) จากกราฟมาตรฐาน

5.3.4 วิธีคำนวณ

$$\text{ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} = \frac{CV}{W}$$

เมื่อ C คือ ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

V คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ตามข้อ 5.3.3 เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

5.4 สารหนู

5.4.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม ใส่น้ำในขวดเซดาห์ลขนาด 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนด้วยเปลวไฟอ่อนๆ จนตัวอย่างละลาย ทั้งไว้ให้เย็น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนจนเกิดควันสีขาว ถ้าสีของสารละลายยังเป็นสีน้ำตาลให้เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนได้สารละลายไม่มีสีขาว มีสีเหลืองอ่อน ทั้งไว้เย็น เติมสารละลายอิมัวแอมโมเนียมออกซาลด 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนจนเกิดควันสีขาว ทั้งไว้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงสู่ขวดแก้วปริมาตร ขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

5.4.2 วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน

5.4.2.1 ใช้ปิเปตดูดสารมาตรฐานสารหนู 0, 1.0, 3.0, 10.0 และ 15.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่น้ำลงในขวดแก้วรูปกรวย ตามรูปที่ 2 รวม 6 ขวด ตามลำดับ ทำต่อไปเช่นเดียวกับข้อ 4.4.3 เริ่มตั้งแต่เติมน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

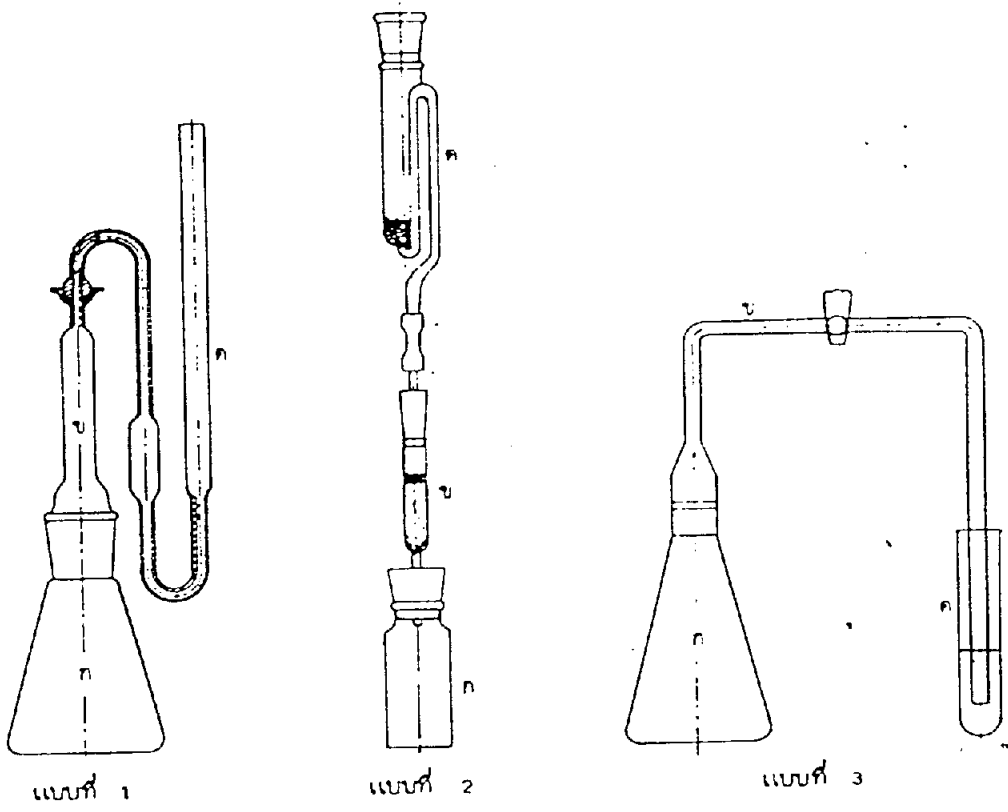
5.4.2.2 เขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณสารหนูเป็นไมโครกรัมกับค่าความดูดกลืน

5.4.3 วิธีวิเคราะห์

5.4.3.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใสลงในขวดแก้วรูปกรวย ก. เติมน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายทिनคลอไรด์ 2 หยด ค่อยๆเขย่าและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายซิลเวอร์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดแก้ว ค. ในอุปกรณ์สำเร็จ ดังรูปที่ 2 และสังกะสี 5 กรัม ลงในขวดแก้วรูปกรวย ก. แล้วรีบต่อหลอดแก้ว ข. และหลอดแก้ว ค. เข้ากับขวดแก้วรูปกรวย ก. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องปลดหลอดแก้ว ค. เอียงหลอดไปมา 5 ครั้ง เพื่อให้สารละลายผสมกัน นำไปวัดค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 522 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หาสารหนู จากกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

5.4.3.2 ทำแบล็กเช่นเดียวกับข้อ 5.4.1 แล้วนำมาวิเคราะห์โดยวิธีตามข้อ 5.4.3.1

5.4.3.3 ผลต่างที่ได้ อ่านได้จากกราฟในข้อ 5.4.3.1 กับข้อ 5.4.3.2 คือปริมาณสารหนูที่มีในตัวอย่าง



U A
ค.ร.บ.

รูปที่ 2 เครื่องมือหาปริมาณสารหนู

ผลการทดลอง

- 1) ผลการวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดต่างๆ จำแนกปริมาณตามชนิดของพลาสติกแสดงไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นว่าจำนวนตัวอย่างภาชนะพลาสติกโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 26.2 และ 21.7 ตามลำดับ
- 2) การวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารมีการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบคุณภาพเนื้อพลาสติก และคุณภาพการแพร่กระจายของพลาสติก การตรวจสอบคุณภาพเนื้อพลาสติกสำหรับภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่สำคัญได้แก่ ตะกั่ว และโลหะหนัก แสดงไว้ในตารางที่ 9 จะเห็นว่าภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐาน 13 ตัวอย่างจากภาชนะที่นำมาตรวจ 54 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 24 และปริมาณที่พบมีค่าสูงถึง 3,189 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับภาชนะพลาสติกที่ใช้สำหรับนมและผลิตภัณฑ์นมมีปริมาณโลหะหนักเกินมาตรฐาน 7 ตัวอย่าง จากภาชนะที่นำมาตรวจ 27 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 25.9 และปริมาณที่พบมีค่าสูง 50 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร
- 3) การตรวจสอบคุณภาพการแพร่กระจายของสารจากภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารโดยใช้ตัวแทนอาหารชนิดต่างๆตามประเภทอาหารที่บรรจุ แสดงไว้ในตารางที่ 10 พบว่ามีสีละลายลงสู่ตัวแทนอาหารที่เป็นไขมัน (นอร์มัลเฮปเทน) ในตัวอย่างภาชนะพลาสติก 7 ตัวอย่างจากภาชนะทั้งหมดที่นำมาตรวจสอบ 49 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 14.3 โดยพบสารตกค้างที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทนปริมาณสูงถึง 202 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร และยังพบสีละลายลงสู่สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 (ซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างเกิน 5) จำนวน 1 ตัวอย่าง ในภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุนม ผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนมพบสีละลายลงสู่ นอร์มัลเฮกเซนและไซลีนด้วยเช่นกัน สำหรับค่าของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นตัวแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ เคลื่อนย้ายลงสู่ น้ำที่ใช้สกัดมีค่าเกินมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง
- 4) ผลการตรวจวิเคราะห์ภาชนะบรรจุชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนสำหรับบรรจุนม ผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนม จำนวน 70 ตัวอย่าง (แสดงไว้ในตารางที่ 11) เป็นฝาจุกพลาสติกสีต่างๆ เช่น แดง เหลือง ส้ม เขียว ชมพู เป็น จำนวน 55 ตัวอย่าง และฝาจุกต่างๆ เหล่านี้ไม่ผ่านมาตรฐานถึง 16 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 29.09 นอกนั้นเป็นภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารทั่วไป 15 ตัวอย่าง ไม่ผ่านมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 13.3 โดยพบโลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว) 25-50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทน 47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอร์มัลเฮกเซน 31,754 - 98,494 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสารที่ละลายได้ในไซลีน 125,190 - 170,371 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากภาชนะพลาสติก

สำหรับบรรจุณม ผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนมจำเป็นต้องมีมาตรฐานความปลอดภัยสูง

วิจารณ์

1) กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ภาชนะบรรจุอาหารพลาสติก แผ่นฟิล์มพลาสติก หรือถุงพลาสติกที่ใช้ประกอบด้วยวัสดุอื่นเพื่อใช้บรรจุ ห่อหุ้มอาหารหรือสัมผัสอาหารในลักษณะใดๆ ก็ตาม เพื่อหาปริมาณสารเจือปน (additive) สารปนเปื้อน (contaminants) หรือสารอินทรีย์อื่นใดที่อาจหลุดลอกหรือเคลื่อนย้ายเข้ามาปนเปื้อนอาหารอันอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ ปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับอาหารที่ทำกรวิเคราะห์ 165 ตัวอย่าง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2538 จำแนกเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน 80 ตัวอย่าง โพลีโพรพิลีน 60 ตัวอย่าง โพลีคาร์บอเนต 23 ตัวอย่าง โพลีเอทิลีนเทอราฟทาเลต 2 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นว่ามีการใช้พลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีเอทิลีนร้อยละ 50 พลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีโพรพิลีนร้อยละ 37 พลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีคาร์บอเนตร้อยละ 12 และพลาสติกบรรจุอาหารชนิดเทอรัพทาเลตร้อยละ 1.5 พลาสติกโพลีเอทิลีนและพลาสติกโพลีโพรพิลีนหรือเรียกรวมกันว่าโพลีโอเลฟินส์เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ใช้กันมากอย่างกว้างขวาง มีปริมาณใช้เพิ่มมากขึ้นทุกปี กำลังการผลิตของพลาสติกโพลีเอทิลีนทุกชนิด เพิ่มจาก 30 ล้านตันในปี 2534 เป็น 40 ล้านตันในปี 2539 โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2) ถึงแม้ว่าพลาสติกโพลีเอทิลีนมีคุณสมบัติที่ดีกว่าพลาสติกอื่นๆ ก็คือการผลิตไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสภาวะแวดล้อม ซึ่งจัดเป็นพลาสติกที่ค่อนข้างปลอดภัยแต่ควรระมัดระวังเลือกใช้อย่างรอบคอบ ตัวอย่างภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร มีการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือการตรวจสอบคุณภาพเนื้อพลาสติกว่าจะมีสารพิษ เช่น สีส โลหะหนักเกินมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่และตรวจสอบการแพร่กระจายของสารเจือปนในพลาสติก เมื่อมีการนำไปใช้ใส่หรือบรรจุอาหาร การตรวจสอบต่างๆ เหล่านี้ ตรวจวิเคราะห์ยาก เพราะมีปริมาณน้อย และจะมีสารอื่นๆ ที่สามารถสกัดออกมาได้ทำปฏิกิริยากับอาหารซึ่งเป็นปฏิกิริยาซับซ้อนมาก (14) จึงต้องทำการทดสอบโดยใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารสัมผัสกับตัวแทนของอาหารชนิดต่างๆ ซึ่งมีกำหนดไว้ในมาตรฐานแต่ละประเทศ US.FDA กำหนดให้ในน้ำกลั่น แอลกอฮอล์ ร้อยละ 8 และ 30 กรดอะซิติกร้อยละ 3 และเฮปเทน (10,11)

สำหรับประเทศไทยเลือกใช้ตัวแทนอาหารตามที่กำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ประเทศญี่ปุ่น (ตามตารางที่ 7) โดยใช้ภาชนะพลาสติกสัมผัสกับตัวแทนอาหารที่อุณหภูมิ 60°C 30 นาที เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาทดสอบสารละลายจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหา สารเจือปน สารปนเปื้อน สารอินทรีย์ หรือสารที่เกิดจากการสลายตัวของพลาสติกโดยวิธีการที่เหมาะสมต่อไป ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6

อาหารที่จัดเป็นอาหารที่มีไขมันต้องใช้สารละลายนอร์มัลเฮปแทนเป็นตัวแทนอาหารในการตรวจสอบการแพร่กระจาย ได้แก่ เนย เนยแข็ง มาการีน โยเกิร์ต เนื้อ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อ เช่น แฮม ไส้กรอก กุนเชียง ปลาที่มีไขมัน เป็นต้น คือ เป็นอาหารที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 20 อาหารที่มีแอลกอฮอล์ ได้แก่ ไวน์ เบียร์ สาเก เป็นต้น สำหรับภาชนะพลาสติกบรรจุนม ผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนมมาตรฐานจะแตกต่างจากภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารทั่วไป เพราะผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ใช้กับเด็ก คนชรา คนป่วย ซึ่งรับประทานอาหารนมเป็นอาหารหลัก จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยสูง ดังนั้นมาตรฐานการแพร่กระจายในรายการสารตกค้างที่ระเหยได้เมื่อสกัดด้วยนอร์มัลเฮปแทนจึงกำหนดไว้เพียง 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โลหะหนักซึ่งเดิมกำหนดไว้ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในเนื้อพลาสติก กำหนดเป็นโลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว) 20 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร และเพิ่มรายการตรวจวิเคราะห์สารหนู สารที่สกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซน และสารที่ละลายได้ในไซลีน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6

2) จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน สำหรับบรรจุอาหารทั่วไป มีปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐาน ร้อยละ 24 และปริมาณที่พบมีค่าสูงถึง 3,189 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน สำหรับบรรจุนม ผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนม มีปริมาณโลหะหนักเกินมาตรฐาน ร้อยละ 25.9 โดยปริมาณที่สูงสุดที่พบ คือ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่นำมาตรวจวิเคราะห์แล้วมีปริมาณตะกั่วและโลหะหนักเกินมาตรฐานจะเป็นภาชนะพลาสติกที่มีสีสดใสและเข้ม เช่น ส้ม น้ำเงิน ชมพู ดำ เป็นต้น นอกจากนั้นการใช้สีย้อม (dyes) ไม่เหมาะสำหรับพลาสติกกลุ่มโพลีโอเลฟินส์เช่นเดียวกัน เพราะถ้าเติมลงไปมากจะทำให้เกิดการสลายตัวของพลาสติกและคุณสมบัติของโพลีเอทิลีนจะเสื่อมไป ความร้อนในขบวนการผลิตเป็นสิ่งที่ควรระวังเช่นเดียวกัน ในอุตสาหกรรมการผลิตโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำอาจใช้อุณหภูมิสูงถึง 280°C แต่ระดับความคงทนของสีเพียง 240°C (8)

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่ามีสียละลายออกจากภาชนะพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนสำหรับบรรจุไขมัน 7 ตัวอย่างจากการวิเคราะห์ภาชนะพลาสติก 49 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 14.3 โดยพบสารตกค้างที่ระเหยได้และสีในนอร์มัลเฮปเทนซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาหารที่มีไขมัน ปริมาณสูงถึง 202 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญของสีที่นำมาใช้ผลิตภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารต้องไม่เกิดการแพร่กระจายหรือเคลื่อนย้ายเมื่อบรรจุไขมัน นอกจากนั้นสีที่ใช้ยังต้องทนต่อความร้อน สารเคมี แสง การใช้สีอินทรีย์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความต้านทานต่อการย้ายที่ (migration) ด้วย เพราะสีอินทรีย์จะเสถียร (Stable) ในโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene) และโพลีโพรพิลีน แต่ไม่เสถียร (unstable) ในโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene) สียละลายบางชนิดไม่เหมาะสมกับพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน (14)

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าภาชนะพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน เมื่อนำมาใช้บรรจุนม ผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนม มีจำนวนที่ไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 29.09 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นฝาจากพลาสติกสีต่างๆ เช่น แดง เหลือง ส้ม เขียว ชมพู เป็นต้น สำหรับภาชนะพลาสติกโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่เป็นรูปทรงอื่นมีจำนวนไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 13.3 จะเห็นว่าการใช้พลาสติกโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนสำหรับภาชนะบรรจุนม ผลิตภัณฑ์นมต้องระวังเป็นพิเศษ ถึงแม้ว่าจะใช้บรรจุอาหารชนิดอื่นได้อย่างปลอดภัย

สรุป

การศึกษาเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของการใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร มีข้อระวังในการใช้ คือ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะพลาสติกที่มีสีสดใส เช่น แดง เหลือง ส้ม เขียว เพราะสีเหล่านี้มีองค์ประกอบของตะกั่วและแคดเมียม ซึ่งเป็นวัตถุที่มีพิษ จากการตรวจวิเคราะห์ภาชนะพลาสติก 54 ตัวอย่าง พบโลหะหนักและตะกั่ว 13 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 24 ปริมาณตะกั่วที่พบมีค่าสูงถึง 3,189 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอกจากนั้นยังมีสีและสารตกค้างแพร่กระจายลงสู่สารละลายที่ใช้เป็นตัวแทนอาหารที่มีไขมัน การตรวจวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุนม และผลิตภัณฑ์นม ใช้ นอร์มัลเฮปเทน นอร์มัลเฮกเซน และสารละลายไซลีน นอกเหนือจากการใช้สารละลายที่ใช้เป็นตัวแทนอาหารทั่วไป เนื่องจากต้องการความปลอดภัยสูง โดยพบตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน 15 ตัวอย่างจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ 50 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ดังนั้นการใช้ภาชนะโพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีนบรรจุอาหารที่มีไขมัน นม ผลิตภัณฑ์นมหรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนม จำเป็นต้องระวังเป็นพิเศษโดยควรแน่ใจว่าพลาสติกที่จะนำมาใช้

ต้องผ่านการตรวจวิเคราะห์ให้ผ่านมาตรฐานที่กำหนดของกระทรวงสาธารณสุข และได้แจ้งให้บริษัทปรับปรุงคุณภาพแล้ว เพราะมีปริมาณที่ไม่ผ่านการวิเคราะห์สูง ถึงแม้ว่าพลาสติกดังกล่าวจะสามารถใช้บรรจุอาหารทั่วไปได้ปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณทวีชัย พิษผล และคุณสุจินต์ ศรีคงศรี ที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของรายงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสุนทรี เปื้องการ สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง **ฟิล์มพลาสติกเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์**
วันที่ 8 มีนาคม 2538 ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2. Manders, P.W. 1993 **Polyethylene New Technologies are Opening the Door to Wider Markets** Modern Plastics Mid-November pp. 45-46
3. Smith, M.A. 1986 **Polyethylene, High Density** The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons pp. 514-526
4. Neumann, E,H. 1986. **Polyester, Thermoplastic.** The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons pp. 512-514
5. Mitchell, A,K. 1993. **PET Soaring Demand and Material Substitutions of a Boom.** Modern Plastic Mid-November. pp. 83-84
6. Thomas, L.S. and Watson, W,D, 1990. **Polycarbonate** Modern Plastic Mid-October. Encyclopedia Issue. pp. 44-45
7. Mihalich, J.M. and Baccaro, L.G. 1986. **Polycarbonate** the Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons pp. 510-511
8. บรรเลง ศรีนิล. 2535 การให้สีพลาสติกกลุ่มโพลีโอเลฟินส์ (**Coloration of Polyolefins**) วารสารพลาสติก ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กันยายน หน้า 38-40
9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม **วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร** มอก. 656-2529
10. Corsby, N.T. 1981. **Food Packaging Materials - Aspects of Analysis and Migration of Contaminants.** Applied Science Publishers Ltd. London. pp. 106-126
11. Crompton, T.R. 1979. **Additive Migration from Plastics into Food** Pergamon Press. pp. 9-21
12. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 11 (2531) เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติกและการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร
13. Okada, Taro. 1974. **Hygienic Problem of Plastics** Japan Plastic Age. Japan Food Hygiene. Association. pp. 44-49
14. กักดี โพรศิริ และ ทรงพล รัตนพันธ์ 2526 **พิษภัยจากพลาสติก** วารสารพลาสติก ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-สิงหาคม หน้า 41-46
15. กักดี โพรศิริ และ ทรงพล รัตนพันธ์ 2526 **พิษภัยจากพลาสติก** วารสารพลาสติก ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม หน้า 45-52

ภาคผนวก

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

ชนิดของพลาสติก	จำนวนตัวอย่าง ที่วิเคราะห์	จำนวนตัวอย่าง ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (ร้อยละ)
โพลีเอทิลีน (polyethylene)	80	21	26.2
โพลีโพรพิลีน (polypropylene)	60	13	21.7
โพลีคาร์บอเนต (polycarbonate)	23	-	0
โพลีเอทิลีนเทอราฟทาเลต (polyethylene terphthalate)	2	-	0
รวม	165	34	18.8

ตารางที่ 9 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและโลหะหนักของภาชนะพลาสติก โพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

รายละเอียดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก	ชนิด	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจ	จำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่าน (ตัวอย่าง)	เนื้อพลาสติก ตะกั่ว	(มิลลิกรัม/กิโลกรัม) โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)
ฝาพลาสติกสีเหลือง	PE	16	2	1,280-1,558	-
ฝาพลาสติกสีแดง	PE	6	2	-	40-50
ฝาพลาสติกสีชมพู	PE	3	1	-	30
ฝาพลาสติกสีน้ำตาล	PE	1	1	-	50
ถุงบรรจุอาหารสีแดง	PE	1	1	3,189	-
ถังพลาสติกสีน้ำเงิน	PE	4	1	-	40
ถังพลาสติกสีเทา	PE	5	1	306	-
ถังพลาสติกสีแดง	PP	3	1	257	-
กล่องพลาสติกใสอาหารสีขาว	PP	11	1	-	50
กล่องพลาสติกใสอาหารสีเขียว	PP	3	1	-	50
หลอดพลาสติกสีเหลือง	PP	1	1	1,500	-
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (2531)				100*	20**

* สำหรับพลาสติกบรรจุอาหารทั่วไป

** ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน และ โพลีโพรพิลีน

ตารางที่ 10 แสดงคุณสมบัติการแพร่กระจายของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่มีไขมันที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

รายละเอียดของบรรจุภัณฑ์พลาสติก	ชนิด	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจ	จำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่าน (ตัวอย่าง)	สารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)				
				น้ำ	กรดอะซิติก	นอร์มัลเฮปเทน	นอร์มัลเฮกเซน	ไซลีน
ฝาพลาสติกสีส้ม	PE	7	3			สารละลายมีสีส้ม สารตกค้างที่ระเหยได้ = 19 ppm		สารละลายมีสีส้ม
ฝาพลาสติกสีเหลือง	PE	16	2			สารตกค้างที่ระเหยได้ = 20 ppm	สารละลายมีสีเหลือง	
ฝาพลาสติกสีขาว	PP	13	2	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต = 18.4 ppm		สารตกค้างที่ระเหยได้ = 47 ppm		
ถังพลาสติกสีขาว	PE	5	1	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต = 12.2 ppm			สารที่สกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซน = 31,754	
ถ้วยพลาสติกสีแดง	PP	3	1			สารละลายมีสีแดง		
กระติกใส่น้ำสีเขียวขี้ม้า	PP	2	1			สารละลายมีสีเขียวขี้ม้า สารตกค้าง = 34 ppm		
วัสดุฉนวนใต้ฝาจากเครื่องคั้นสีขาว	PP	1	1			สารตกค้างที่ระเหยได้ = 48 ppm		
ฟิล์มพลาสติก	PP	2	1			สารตกค้างที่ระเหยได้ = 202 ppm		

สรุป ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่มีไขมัน 49 ตัวอย่างเมื่อสกัดด้วยสารละลายนอร์มัลเฮปเทน พบสีและสารตกค้างที่ระเหยได้เกินมาตรฐาน 7 ตัวอย่าง (14.3 %)