abst

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

วศ
กช
อว 1

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การศึกษาความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน และเมลามีนในการนำไปใช้บรรจุอาหาร

นางสาวปราณี วิเศษ
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของ... วิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การศึกษาความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน และเมลามีน ในการนำไปใช้บรรจุอาหาร

กอง
เลขหมู่ ๓๒
๒๐๑
เลขทะเบียน 9866
วันที่ 4 พ.ย. 44

นางสาวปราณี วิเศษ
นักวิทยาศาสตร์ 5

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
กอง

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการนำพลาสติกมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะการใช้เป็นการบรรจุอาหาร ภาชนะพลาสติกได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว จนทัดเทียมภาชนะ แก้ว และกระดาษ เพราะพลาสติกเป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติพิเศษดีเด่นกว่าวัสดุอื่นเฉพาะความเหนียว ยืดหยุ่น สามารถทนกรด ด่าง น้ำหนักเบา กันน้ำและลอยน้ำได้ พลาสติกที่นิยมใช้มาทำเป็นภาชนะบรรจุอาหารคือ พลาสติกโพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน และเมลามีน

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้วิเคราะห์หาคุณภาพและความปลอดภัยในการนำภาชนะพลาสติกมาบรรจุอาหาร จากตัวอย่างที่บริษัทเอกชนส่งมาวิเคราะห์เพื่อขอขึ้นทะเบียนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111 (2531)และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1247-2537 โดยใช้วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.656-2529 จากตัวอย่างพลาสติกทั้งหมด 53 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างโพลิเอธิลีน 26 ตัวอย่าง โพลิโพรพิลีน 22 ตัวอย่าง และเมลามีน 5 ตัวอย่าง พบว่าพลาสติกโพลิเอธิลีนมีคุณภาพไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดจำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15.4 ของตัวอย่างโพลิเอธิลีนทั้งหมด รายการดังกล่าวได้แก่ ปริมาณสารที่ละลายออกมาจากการสกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทนจำนวน 1 ตัวอย่าง ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซนและปริมาณสารที่ละลายออกมาจากการสกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทนจำนวน 1 ตัวอย่าง และปริมาณตะกั่วในเนื้อพลาสติกจำนวน 2 ตัวอย่าง สำหรับพลาสติกโพลิโพรพิลีน และเมลามีน ทุกตัวอย่างมีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
สารบัญตาราง	iii
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	13
ประโยชน์ที่ได้รับ	13
ระยะเวลาดำเนินการ	13
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการศึกษาทดลอง	27
วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง	38
สรุปผลการศึกษาทดลอง	39
กิตติกรรมประกาศ	40
เอกสารอ้างอิง	41

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่1	คุณภาพหรือมาตรฐานของเนื้อพลาสติกตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)	10
ตารางที่2	คุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจายตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)	11
ตารางที่3	คุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจายตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารอัดแบบเมลามีนฟอร์มาดีไฮด์ มอก.1247-2537	12
ตารางที่4	รายละเอียดตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ศึกษาทดลอง	28
ตารางที่5	ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน และโพลิโพรพิลีน	31
ตารางที่6	ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน และโพลิโพรพิลีนที่ใช้บรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม	36
ตารางที่7	ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายในพลาสติกเมลามีน	37

บทนำ

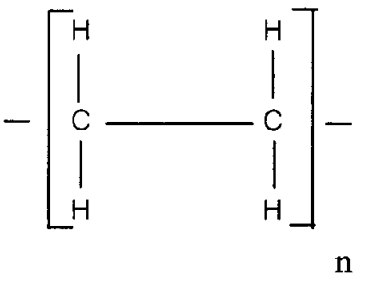
พลาสติก หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์สังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เกิดจากโพลิเมอไรเซชันหรือคอนเดนเซชัน หรือได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมีซึ่งสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์พลาสติกให้เป็นรูปร่าง ลักษณะ และขนาดตามต้องการ

ประเภทของพลาสติก พลาสติกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เทอร์โมเซตติง (thermosettings) หรือเทอร์โมเซต (thermoset) คือ พลาสติกที่มีรูปทรงถาวร เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน (heat) และแรงอัด(pressure) หรือผ่านกรรมวิธีการผลิตประเภทหล่อพลาสติกเหลว (casting) ที่ใช้สารเคมีผสมลงไปทำให้เกิดการแข็งตัว จะนำไปหลอมละลายนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้ ไม่ละลายในตัวทำละลาย ตัวอย่างพลาสติกประเภทนี้ เช่น เมลามีน โพลิเอสเตอร์ เป็นต้น
2. เทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) คือ พลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกหลังจากนำไปหล่อทำผลิตภัณฑ์แล้ว ละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อถูกความร้อนสามารถหลอมตัวได้ และเมื่อเย็นลงจะแข็งตัว สามารถทำให้หลอมและแข็งตัวได้หลายๆ ครั้งโดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนไป ตัวอย่างพลาสติกประเภทนี้เช่น โพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน เป็นต้น

พลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร พลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร ได้แก่

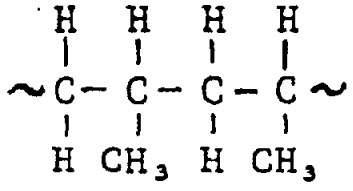
1. **โพลิเอธิลีน** (Polyethylene,PE)



สูตรโครงสร้างของPE

โพลิเอธิลีน จัดเป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติก โพลิเอธิลีนจะมีลักษณะทั้งยืดหยุ่น และแข็ง ปกติโพลิเอธิลีนไม่ละลายในตัวทำละลาย แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 70 ° ซ จะเริ่มพอง และละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น โทลูอีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ไซลีน และไตรคลอโรเอธิลีน โพลิเอธิลีนใช้ผลิตเป็นเครื่องบรรจุหีบห่อ เช่น ถุง กระเป๋า ซองใส่อาหาร ขวดบรรจุน้ำดื่ม แผ่นฟิล์ม เป็นต้น ปกติโพลิเอธิลีนที่ใช้มักจะมีการผสมสารต่างๆ ซึ่งการผสมสารเติมแต่งเหล่านี้ช่วยทำให้คุณภาพในการใช้งานเหมาะสมดียิ่งขึ้น

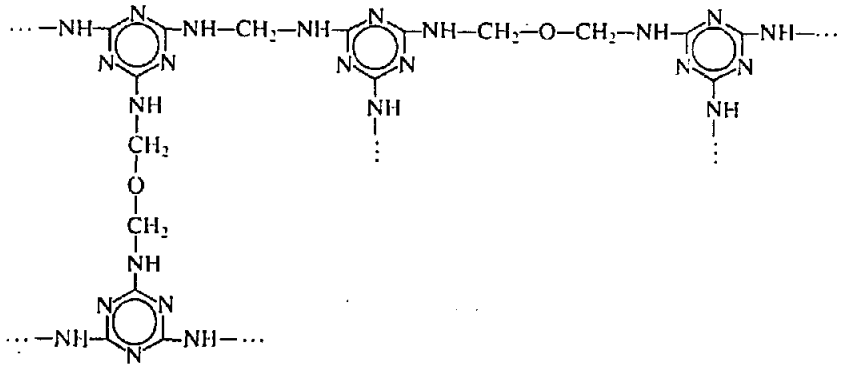
2. **โพลิโพรพิลีน** (Polypropylene, PP)



สูตรโครงสร้างของPP

สมบัติโดยทั่วไปคล้ายโพลิเอธิลีน กล่าวคือไม่ละลายในตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้อง แต่ละลายได้ในไฮโดรคาร์บอน อะโรเมติก และคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน ที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 ° ซ การนำไปใช้งานเช่นเดียวกับ โพลิเอธิลีน แต่มีความทนทานสูงกว่าโดยเฉพาะทนต่ออุณหภูมิสูง

3. **เมลามีน** (Malamineformaldehyde)



สูตรโครงสร้างของเมลามีน

เป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติง มีสมบัติทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และทนต่อปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนได้ยาก ทนต่อการขีดข่วนดี มีความต้านทานสารอินทรีย์มาก นิยมทำเป็นถ้วย จาน ชาม เป็นต้น

สมบัติทั่วไปของพลาสติก

1. เป็นวัตถุที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นทั้งหมด หรือบางส่วน
2. เป็นสารอินทรีย์
3. มีน้ำหนักโมเลกุลสูง
4. มีจุดหลอมเหลวสูง ตั้งแต่ 80 - 350 $^{\circ}$ซ แต่ที่อุณหภูมิต่ำจะแข็งและเปราะ
5. มีความถ่วงจำเพาะต่ำ ดังนั้นจึงมีน้ำหนักเบา
6. เป็นฉนวนไฟฟ้า
7. ไม่นำความร้อน
8. ทนแรงกระทบ (impact strength) ได้ดี
9. มีความทนทานทางกล (mechanical strength) สูง
10. ส่วนมากไม่ทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์

ส่วนประกอบของพลาสติก

ผลิตภัณฑ์พลาสติกประกอบด้วยสองส่วนคือ โพลิเมอร์พลาสติกซึ่งเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกสู่ภายนอกได้ ส่วนประกอบอีกส่วนคือ องค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่พลาสติกซึ่งปะปนอยู่หลายชนิดในปริมาณต่างๆ กัน สารเหล่านี้เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย และถ้ามีสมบัติการละลายดี อาจละลายสู่อาหารที่ใช้บรรจุทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษได้ วัตถุประสงค์การใช้สารเหล่านี้เพื่อปรับคุณภาพพลาสติกให้ง่ายต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ และตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้ สารเหล่านี้แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. สารตกค้างจากกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerisation residue)
2. สารเติมในกระบวนการผลิต (processing aid)
3. สารเจือปนในขั้นสุดท้ายของการผลิต (end-product additive)

1. **สารตกค้างจากกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชัน** (polymerisation residue)

เป็นสารที่หลงเหลืออยู่ในปริมาณน้อยมากจนถึงปริมาณสูง ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชัน รวมถึงสารอื่นๆภายในโรงงานที่ปะปนมา ได้แก่

1.1 สารตกค้างจากสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst residue) เช่น ไนโตรเจน (nitrogen) กำมะถัน ติตาเนียม อะลูมิเนียม แมกนีเซียม โครเมียม ซิลิคอน ลิเธียม

1.2 Residual and unreacted starting material เป็นโมโนเมอร์ที่ทำปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ฟีนอล (phenol)

1.3 สารที่เกิดจากการสลายตัวของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst decomposition agents) เช่น organo-aluminium titanium halide

1.4 สารอื่นๆ ได้แก่ สารที่ปนเปื้อนจากวัตถุดิบที่ใช้ เช่น อาจมีการปนเปื้อนของเหล็ก ซิลิกา ทองแดง และน้ำมัน

2.**สารเติมในกระบวนการผลิต** (processing aids)

เป็นสารเติมแต่งที่ใส่ในระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อช่วยให้การผลิตพลาสติกสมบูรณ์ขึ้น ได้แก่

2.1 Antiblock agents ใช้ป้องกันการติดกันของฟิล์ม ที่นิยมใช้มาก คือ ซิลิกา

2.2 Antioxidants ใช้ป้องกันการสลายตัวของโพลิเมอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการเพิ่มออกซิเจน ซึ่งทำให้ภาชนะเปราะ แตกง่ายเมื่อใช้เป็นเวลานาน ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกเป็นสารที่มีโครงสร้างของฟีนอล หรือ organic sulphides

2.3 Heat stabilisers ใช้ป้องกันการสลายตัวของโพลิเมอร์เนื่องจากความร้อนสูงขณะหล่อแบบ สารที่ใช้คือ แคลเซียมสเตียเรต

2.4 Lubricants แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.4.1 Internal lubricants ช่วยลดความเหลวของโพลิเมอร์ที่หลอมเหลวขณะอยู่ในแม่พิมพ์หล่อแบบ สารที่ใช้มักเป็นสารที่ละลายได้ในพลาสติกและค่อนข้างคงตัว เช่น ไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอม 12-30 อะตอม

2.4.2 External lubricants ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างโพลิเมอร์และผิวหน้าของแม่แบบมีสมบัติที่สำคัญ คือต้องไม่ละลายในพลาสติก สารที่นิยมใช้คือ แคลเซียมสเตียเรต

2.5 Mold release agents ใช้เคลือบแม่แบบ เพื่อลดการติดกันของแม่แบบ สารที่ใช้กันมาก คือ ซิลิโคน (silicones) และ paraffin oil

2.6 Plasticisers เป็นสารที่ใช้เพิ่มความยืดหยุ่น และป้องกันการเปราะและแตกหักของพลาสติก สารที่นิยมใช้กันมากคือ เอสเตอร์ของแอลกอฮอล์ที่มีจุดเดือดสูง , กรด adipic , phosphoric , sebacic , phthalic เป็นต้น

2.7 Slip additives ใช้ป้องกันการบล็อคของฟิล์มบางๆของโพลิเมอร์ สารที่นิยมใช้คือ fatty acid amide

2.8 Antistatic agents ใช้ป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหา เช่น การติดกันของฟิล์มของโพลิเมอร์ หรือมีฝุ่นมาเกาะที่ผิวทำให้มีลักษณะไม่น่าใช้ antistatic agents จึงมีวัตถุประสงค์การใช้เพื่อให้มีการถ่ายเทประจุไฟฟ้าจากพลาสติกออกสู่ภายนอก สารที่นิยมใช้กันมากคืออนุพันธ์ของ glycol หรือ อนุพันธ์ของ quarternary ammonium salt

2.9 Other stabilisers ใช้ป้องกันการสลายตัวของพลาสติก เนื่องจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น จากการตกผลึกของโพลิโพรพิลีน ในขั้นตอน heating และ slow cooling ซึ่งจะทำให้

ขาดสมบัติด้านความแข็งแรงและความโปร่งใสไป ตัวอย่างสารที่ใช้ เช่น tertiary butyl benzoic acid และเกลือของ aromatic sulphonate

3.**สารเจือปนในกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย** (end-use additives)

สารในกลุ่มนี้เป็นสารเจือปนที่เติมลงไปในโพลิเมอร์ ในระหว่างการผลิต ผลิตภัณฑ์ (หล่อแบบ) เพื่อปรับคุณภาพขั้นสุดท้ายของโพลิเมอร์ ได้แก่

3.1 Antiblock additives สารเจือปนนี้ใช้เติมลงในโพลิเมอร์ที่เหลวในขณะหล่อแบบ หรือเติมในระหว่างการผลิต

3.2 Antioxidants ปกติใช้เป็นสารเติมในระหว่างการผลิต แต่อาจเติมสารนี้เพิ่มเติมขณะหล่อแบบ นิยมเติมสารนี้ในภาชนะที่ใช้สัมผัสกับอุณหภูมิสูง ๆ เช่น สัมผัสอาหารร้อน รังสีอุลตราไวโอเล็ต

3.3 Antistatic agents ใช้เติมลงในโพลิเมอร์ในขณะหล่อแบบหรือเป็นสารเติมในระหว่างการผลิต

3.6 Brighteners and whiteners สารเจือปนนี้ใช้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีของภาชนะพลาสติกที่มีสีอ่อน brighteners ที่ใช้กันมากเป็นอนุพันธ์ของ stilbene หรือ thiophen

3.7 Colourants เป็นสารที่ให้สีหรือทำให้ภาชนะทึบแสง สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมี 3 ชนิด แบ่งตามสมบัติทางเคมีและลักษณะการเกิดสีในเนื้อพลาสติก คือสีละลาย (soluble pigments) สีอินทรีย์และสีอนินทรีย์ (organic and inorganic pigments) และสีพิเศษ (special effect pigments)

สีละลายหมายถึงสารอินทรีย์เคมีที่มีในธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นละลายได้ในสารละลายธรรมดาทั่วไป อาจแบ่งออกเป็นพวกละลายได้ในน้ำมัน (hydrocarbon soluble) ละลายได้ในแอลกอฮอล์ (spirit soluble) และละลายได้ในน้ำ (water soluble) การเกิดสีของสีละลายในพลาสติก เกิดจากการละลายของสีในเนื้อพลาสติกมีสีให้เลือกเกือบทุกสี มีความโปร่งใสดี มีความเข้มข้นของสีสูงมากและ

มีความถ่วงจำเพาะต่ำ สีละลายส่วนมากไม่ค่อยมีความทนทานต่อแสง ความร้อน และสารเคมี ตัวอย่างสีละลายได้แก่ สีเอโซซึ่งให้สีเหลือง ส้ม น้ำตาล แดง ดำ สีนิโกรซีนให้สีดำ สีละลายนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน เพราะสีละลายจะสลายและซึมผ่านออกจากเนื้อพลาสติกได้

สีอินทรีย์ หมายถึงสารอินทรีย์เคมีที่ไม่ละลายได้ง่าย ๆ ในตัวทำละลายทั้งหลายการเกิดสีเกิดจากเม็ดสีเล็ก ๆ แขวนลอยในเนื้อพลาสติก สีจะมีลักษณะสดสวยเป็นเงาดี มีความต้านทานการเคลื่อนหลุดของสีจากพลาสติกดีกว่าสีละลาย สีอินทรีย์สามารถให้สีที่โปร่งแสง ตัวอย่างสีอินทรีย์ที่นิยมใช้คือ แบเรียมลิทอล ให้สีแดง เบนซิดีนเยลโลว์ให้สีเหลือง

สีอนินทรีย์ คือสารที่เกิดจากสารประกอบพวกออกไซด์ และซัลไฟด์ของโลหะ ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมาหรือจากธรรมชาติ สีอนินทรีย์นี้ ไม่ละลายในตัวทำละลาย ไม่ละลายในเนื้อพลาสติก มีความทึบแสง ทนต่อการเคลื่อนหลุดของสีจากเนื้อพลาสติก ทนต่อสารเคมี และความร้อนได้ดี ตัวอย่างสีเช่น สีขาวคือ titanium dioxide สีน้ำเงินและเขียวเป็นสีของอุลตรามารีน สีเหลือง แดง น้ำตาล เป็นสีของ *cadmium sulphides หรือ cadmium sulphoselenides* สีดำของ carbon black สีเหลือง เหลืองอมเขียว และสีส้ม ได้จากสารประกอบของตะกั่ว สีที่เป็นสารประกอบของตะกั่ว และแคดเมี่ยมไม่ควรนำมาใช้ร่วมในการผลิตภาชนะบรรจุอาหาร

สีพิเศษ ตัวอย่างเช่นสีโลหะวาว เป็นสีที่ทำจากผงละเอียด หรือเกล็ดเล็ก ๆ ของโลหะหรือโลหะผสม โลหะที่นิยมใช้คือ อะลูมิเนียม ทองแดง บรอนซ์ นอกจากนี้มีสีประกายมุกเป็นสีที่ให้สีวาวเหลือบ ๆ คล้ายสีของไข่มุก ได้จากบิสมัท และสารประกอบของตะกั่วเป็นส่วนผสมที่สำคัญ

3.8 Lubricants ใช้ลดแรงเสียดทานระหว่างส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องจักร สารที่ใช้ เช่น แคลเซียมสเตียเรต นอกจากนี้สารพวก plasticisers และ antistatic agents ยังมีสมบัติเป็น external lubricants

3.9 Plasticisers ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น และป้องกันการเปราะและแตกหัก

3.10 UV protective agents ช่วยป้องกันแสงแดด รังสีอุลตราไวโอเล็ต หรือแสงอื่น ๆ ใช้ในวัสดุที่ผลิตภาชนะบรรจุสารที่ไวต่อแสง เช่น วิตามินซี

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกทำได้โดยการนำเอาวัตถุดิบพลาสติกผสมกับสารเติมแต่งต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นที่ผสมแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 แบบ คือ

1. แบบฉีด (injection moulding) ผงพลาสติกที่ใช้ส่วนมากเป็นเทอร์โมพลาสติก ซึ่งจะนำผงลงในช่องเท ลูกสูบจะอัดผงพลาสติกพร้อมให้ความร้อน พลาสติกเหลวอัดผ่านหัวฉีดไปยังแม่แบบปิดด้วยแรงดันที่สูง พลาสติกจะเย็นและแข็งตัวโดยระบบหล่อเย็นรอบแม่แบบ เปิดแม่แบบออกจะได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น โพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน โพลิสไตรลีน เป็นต้น

2. แบบเป่า (blow moulding) ใช้วัตถุเทอร์โมพลาสติกหลอมละลายให้ย้อยลงมาเป็นท่อเข้าไปในแม่แบบตอนล่าง แม่แบบจะปิดพร้อมทั้งบีบปลายท่อให้ติดกัน ปลายท่ออีกด้านหนึ่งจะถูกตัดขาดพร้อมกันนี้แม่แบบจะเคลื่อนตัวออก ท่อเป่าลมจะยืดตัวเข้าประกอบกับรูตอนบนที่เปิดอยู่ ลมจะถูกอัดเข้าไป ท่อพลาสติกที่อ่อนตัวอยู่จะถูกอากาศอัดไปแนบกับแม่แบบได้รูปร่างชิ้นงานตามต้องการ ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น โพลิเอธิลีน พีวีซี เป็นต้น

3.แบบอัด (compression moulding) นำผงพลาสติกเทอร์โมเซตติ้งเข้าไปในเครื่องอัดที่มีแม่แบบติดอยู่ ควบคุมความร้อน อุณหภูมิ และระยะเวลา หลังจากนั้น นำชิ้นงานออกจากแบบ แล้วตกแต่งให้เรียบร้อย ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น เมลามีน ฟีนอลิก ยูเรีย

4.แบบบีบ (extrusion) ใช้วัตถุเทอร์โมพลาสติกชนิดที่เป็นผงหรือเม็ด ใส่ในช่องเทที่เป็นเกลียวขับและให้ความร้อนด้วย พลาสติกเหลวอัดผ่านแม่แบบ (die) จากนั้นทำให้เย็นแล้วเคลื่อนต่อไปด้วยระบบสายพานหรือล้อหมุน ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น พีวีซี

ไนล่อน โพลิสไตรลีน โพลิเอธิลีน โพลิโพรพีลีน เป็นต้น

5.แบบผึ่ง (colendering) ใส่วัตถุเทอร์โมพลาสติกชนิดเหลว หรือ ผงผสมกับสารเติมแต่งต่างๆ แล้วนำเข้าเครื่องผสมและบดผ่านไปยังส่วนให้ความร้อนเพื่อให้หลอมละลาย จากนั้นผ่านลูกกลิ้งทรงกระบอกรีดออกเป็นแผ่น ผ่านลูกกลิ้งเย็นทำให้แข็งตัว แล้วเก็บเข้าม้วนต่อไป ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น พีวีซี โพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน โพลิสไตรลีน เป็นต้น

6.แบบอัดเป็นชั้น (laminating) นำแผ่นชั้นวัสดุผสมหรือวัสดุเสริมกำลัง เช่น กระดาษ ผ้าใยหิน ใยแก้ว วางซ้อนกันตามชนิดและความหนาที่ต้องการ ใช้พลาสติกเหลวพวกเทอร์โมเซตติงเป็นตัวประสานในเครื่องอัด (press) ควบคุมแรงดัน อุณหภูมิ และระยะเวลา จะได้ชิ้นงานที่เรียบร้อยแข็งแรง ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ เช่น เมลามีน ฟีนอลิก ยูเรีย โพลิเอสเทอร์ เป็นต้น

มาตรฐานของภาชนะบรรจุอาหารพลาสติก

มาตรฐานของภาชนะบรรจุอาหารพลาสติกใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (พ.ศ.2531) เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติก การใช้ภาชนะบรรจุพลาสติก และการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คุณภาพหรือมาตรฐานของเนื้อพลาสติก และคุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจาย และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารอัดแบบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ มอก.1247-2537

ตารางที่1 คุณภาพหรือมาตรฐานของเนื้อพลาสติกตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)

ที่	ชนิดพลาสติก / รายละเอียด	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม)	
		โพลิเอธิลีน, โพลิโพรพิลีน	ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน และโพลิโพรพิลีนสำหรับบรรจุนมผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงนม
1	ตะกั่ว	100	-
2	โลหะหนัก(คำนวณเป็นตะกั่ว)	-	20
3	สารหนู	-	2
4	สารที่สะกัดด้วยนอร์แมลเฮกเซน	-	26,000
5	สารที่ละลายได้ในไซลีน	-	113,000

ตารางที่2 <u>คุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจาย</u>ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (พ.ศ.2531)

ที่	ชนิดพลาสติก / รายละเอียด	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม)	
		โพลิเอธิลีน, โพลิโพรพิลีน	ชนิดซึ่งด้านที่สัมผัสกับอาหารเป็นพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน และโพลิโพรพิลีนสำหรับบรรจุนมผลิตภัณฑ์นม หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงนม
1	โลหะหนัก(คำนวณเป็นตะกั่ว)	1	1
2	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกริยา	10	5
3	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในน้ำ(กรณีอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างเกิน5)	30	15
4	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในสารละลายกรดอะซิติกร้อยละ4(กรณีอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน5)	30	15
5	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในแอลกอฮอล์ (กรณีอาหารที่มีแอลกอฮอล์)	30	15
6	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในนอร์แมลเฮปเทน(กรณีไขมัน น้ำมัน และอาหารที่มีไขมัน)	150	15

ตารางที่ 3 <u>คุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจาย</u> ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารอัดแบบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ มอก.1247-2537

ที่	ชนิดพลาสติก / รายละเอียด	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม)
		เมลามีน
1	ฟีนอล	ต้องไม่พบ
2	ฟอร์มาลดีไฮด์	ต้องไม่พบ
3	โลหะหนัก(คำนวณเป็นตะกั่ว)	1
4	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกริยา	10
5	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในน้ำ(กรณีอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างเกิน5)	30
6	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในสารละลายกรดอะซิติกร้อยละ4(กรณีอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน5)	30
7	สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในนอร์แมลเฮปเทน(กรณีไขมัน น้ำมัน และอาหารที่มีไขมัน)	30

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติด้านความปลอดภัยของพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหาร

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้บริโภคในการเลือกใช้พลาสติกบรรจุอาหารทั่วไป และบรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม
2. เป็นข้อมูลเผยแพร่ สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องและสนใจ

ระยะเวลาดำเนินการ

3 ปี(พ.ศ. 2539 -2541)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. **ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทดลอง** รายละเอียดตามตารางที่ 4

2. **เครื่องมือ**

2.1 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา

2.1.1 ตู้อบไฟฟ้า(electric oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ WBT binder รุ่น FED-53

2.1.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ(incubator) *Contherm* รุ่น *Series five*

2.1.3 เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน(rotary vacuum evaporator) EYELA รุ่น CA-101

2.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าชั่งได้ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น RC 250S

2.1.5 ตู้ดูดควัน(hood)

2.1.6 แท่นความร้อน (hot plate)

2.1.7 เครื่องอังน้ำ (water bath) Memmert รุ่น W-350

2.2 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์เนื้อพลาสติก

2.2.1 อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์(atomic absorption spectrophotometer) PERKIN ELMER รุ่นAS 90

2.2.2 แท่นให้ความร้อน (*hot plate*)

2.2.3 เตาเผาไฟฟ้า (Muffle) Blue รุ่น BF 51828C

2.2.4 เครื่องสกัด ประกอบด้วยขวดแก้วทนความร้อนขนาด 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีซ่องสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ เครื่องคนและเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ (reflux condenser)

2.2.5 เครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าชนิดหุ้ม (electric heating mantle)

2.2.6 อ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 25 ± 0.1 °ซ และมีขนาดใหญ่พอที่จะจุ่มขวดแก้วทนความร้อนลงไปได้

2.2.7 กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และ 42

3. **สารเคมีและวิธีเตรียม**

สารเคมีที่ใช้เป็นชั้นคุณภาพวิเคราะห์ทั้งหมด

3.1 **การวิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา**

3.1.1 สารละลายกรดซัลฟิวริก 1+2

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก 1 ส่วนลงในน้ำกลั่น 2 ส่วน

3.1.2 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 0.002 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 0.33 กรัมในน้ำกลั่นทำให้ปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มสารละลายให้เดือดเบาๆเป็นเวลา 15-30 นาที โดยใช้กระจกนาฬิกาปิดฝาไว้ตลอดเวลา ทิ้งสารละลายไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองสารละลายผ่านกรวยกรองที่มีสำลีอุดไว้ที่ก้านกรวย และเก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดได้สนิท ก่อนใช้ให้ตรวจสอบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาเลต

3.1.3 สารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาเลต 0.005 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ละลายแอนไฮดรัสโซเดียมออกซาเลตซึ่งอบแห้งที่ 105 - 110 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 0.6700 กรัมในน้ำกลั่น โดยใช้น้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดแล้วทิ้งไว้ให้เย็น และทำสารละลายให้มีปริมาตรเป็น1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ขวดปริมาตร เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดได้สนิท เก็บไว้ได้ไม่เกินหนึ่งเดือน

3.1.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ละลายเลด(II)ไนเทรต 159.8 มิลลิกรัม ในสารละลายกรดไนตริก 1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ภาควิทยาศาสตร์บริการ

3.1.5 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

3.1.6 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

3.1.7 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์

ละลายโซเดียมซัลไฟด์ 5 กรัมในน้ำกลั่น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติม 1,2,3-โพรเพนไตรออล (กลีเซอรีน) 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.8 สารละลายบัฟเฟอร์บอริก

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 90 ลูกบาศก์เซนติเมตรในสารละลายกรดบอริก 1โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.9 สารละลาย 4 - อะมิโน - 1,2 - ไดไฮโดร - 1,5 ไดเมทิล - ฟีนิล - 3 - ไฮโดรเจนไพราซอล-3 โอน (4 -อะมิโนแอนตีไพริน)

ละลาย 4-อะมิโนแอนตีไพริน 1.36 กรัมในน้ำกลั่น แล้วรินลงในขวดปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

3.1.10 สารละลายโพแทสเซียม เฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) (โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 2 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.11 สารละลายฟีนอล 40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ชั่งฟีนอลบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1.0000 กรัม ละลายด้วนน้ำกลั่นใส่ในขวดแก้ว ปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตรผสมให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่เตรียมได้มา 40.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

3.1.12 สารละลาย 2,4 - เพนเทนไดโอน (อะซีทิลอะซีโทน)

ผสมแอมโมเนียมเอทาโนเอต (แอมโมเนียมอะซีเทต) 150 กรัม สารละลายกรดอะซีติก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร และอะซีทิลอะซีโทน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าด้วยกัน เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บไว้ในที่เย็น สารละลายที่ได้ไม่ควรมีสี ถ้ามีสีให้เตรียมใหม่

3.1.13 สารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ 0.00013 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

3.1.13.1ปิเปตสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้นร้อยละ 37 จำนวน 1.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.1.13.2 ปิเปตสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์จากข้อ 3.1.13.1 จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.1.14 สารละลายกรดอะซีติก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร

ปิเปตสารละลายกรดอะซีติกเข้มข้นมา 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่จำนวนหนึ่ง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร

3.1.15 แอลกอฮอล์ ร้อยละ 20 โดยปริมาตร

ปิเปตสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 100 (absolute)มา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่จำนวนหนึ่ง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร

3.1.16 นอร์แมลเฮปเทน

3.2 **การวิเคราะห์เนื้อพลาสติก**

3.2.1 เฮกเซน ชั้นคุณภาพวิเคราะห์

3.2.2 ไซลีน ชั้นคุณภาพ ACS (American Chemical Society reagent grade)

3.2.3 สารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 20 โดยปริมาตร

3.2.4 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3.2.5 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จากบริษัท PERKIN ELMER

3.2.6 สารละลายมาตรฐานสารหนู ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จากบริษัท PERKIN ELMER

4. **วิธีดำเนินการ**

4.1) การเตรียมตัวอย่าง

ล้างตัวอย่างภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่ต้องการทดสอบให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

4.2) การสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร

4.2.1 นำสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร ได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติกร้อยละ 4 แอลกอฮอล์ ร้อยละ 20 และนอร์แมลเฮปเทน ปริมาตรร้อยละ 80 ของปริมาตรบรรจุของภาชนะตัวอย่าง

4.2.2 ตัวอย่างที่ไม่มีปริมาตรบรรจุ ให้ตัดตัวอย่างที่ต้องการทดสอบให้มีขนาด 1 ตารางเซนติเมตร แล้วสกัดด้วยสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหารในอัตราส่วน พื้นที่ผิวสัมผัส 1 ตารางเซนติเมตร ต่อ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลาย โดยนำชิ้นทดสอบแช่ในสารละลายที่บรรจุในบีคเกอร์ที่มีฝาปิด

4.2.3 อุ่นสารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร ได้แก่ น้ำ กรดอะซิติกร้อยละ 4 แอลกอฮอล์ร้อยละ 20 ให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วรินสารละลายลงในตัวอย่าง

ตามปริมาตรที่กำหนดตามข้อ 4.2.1 และ 4.2.2 ตามลักษณะของตัวอย่าง แล้วนำไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 60 ° ซ เป็นเวลา 30 นาที

4.2.4 สารละลายตัวแทนอาหารนอร์แมลเฮปเทน ให้ทำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที

4.3) การวิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา

4.3.1 โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา

4.3.1.1 นำสารละลายที่สกัดด้วยน้ำกลั่น(ข้อ 4.2)มาใช้ในการวิเคราะห์

4.3.1.2 การเตรียมขวดแก้วรูปกรวย

เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกา--เนต 5 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ลงในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มให้เดือดนาน 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง ล้างขวดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นก่อนนำขวดไปใช้

4.3.1.3 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.3.1.1 มา 100.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 4.3.1.2 เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 5.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์--แมงกาเนต 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มให้เดือดนาน 5 นาทียกลง ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาเลต 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปทันทีสีจะหายไป แล้วไทเทรตทันทีด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต จนได้สีชมพูจางๆ อย่างถาวร แสดงว่าถึงจุดยุติ

4.3.1.4 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.3.1.3 โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง

4.3.1.5 วิธีคำนวณ

โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา

มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

$$= N \times MW \quad \frac{(a-b) \times 1000}{100}$$

เมื่อ a คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ b คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ที่ใช้ไทเทรตกับแบลงก์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต เป็น โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

เมื่อ MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต เป็น กรัมต่อโมล

4.3.2 สิ่งที่เหลือจากการระเหย

4.3.2.1 นำสารละลายที่สกัดด้วยน้ำกลั่น สารละลายกรดอะซีติก ร้อยละ 4 แอลกอฮอล์ร้อยละ 20 (ข้อ 4.2.3)มาใช้ในการวิเคราะห์

4.3.2.2 นำสารละลายจากข้อ 4.3.2.1 มา 100.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไประเหยบนเครื่องอังน้ำจนแห้ง อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ° ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งสิ่งที่เหลือจากการระเหย

4.3.2.3 นำสารละลายที่สกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทน มา 100.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดระเหย แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศจนแห้ง อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ° ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งสิ่งที่เหลือจากการระเหย

4.3.2.4 วิธีคำนวณ

สิ่งที่เหลือจากการระเหย $= \frac{(a-b) \times 1000}{V}$ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

เมื่อ a คือ น้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายตัวอย่างเป็นมิลลิกรัม

เมื่อ b คือ น้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายแบลงก์เป็นมิลลิกรัม

เมื่อ v คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3.3 โลหะหนัก (คิดเป็นตะกั่ว)

4.3.3.1 นำสารละลายที่สกัดด้วยสารละลายกรดอะซีติก ร้อยละ 4 จากข้อ 4.2.3 มาใช้ในการวิเคราะห์

4.3.3.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.3.3.1 มา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 2 หยด ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

4.3.3.3 ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.3.3.2 แต่ใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่วจากข้อ 3.1.6 มา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรแทนสารละลายตัวอย่าง

4.3.3.4 นำสารละลายตามข้อ 4.3.3.2 และข้อ 4.3.3.3 ใส่ลงในหลอดเทียบสีแต่ละหลอดแล้วเทียบสีของสารละลายที่เกิดขึ้น สีของสารละลายในข้อ 4.3.3.2 ต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 4.3.3.3 จึงจะถือว่าปริมาณโลหะหนัก (คิดเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

4.3.4 ฟีนอล

4.3.4.1 นำสารละลายที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มาใช้ในการวิเคราะห์

4.3.4.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานฟีนอล 30 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ลงในขวดปริมาตร เติมสารละลายบัฟเฟอร์บอริก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลาย 4 - อะมิโน-แอนตีไพริน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์โร-ไซยาไนด์ 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมให้เข้ากัน

4.3.4.3 ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.3.4.2 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.3.4.1 แทนสารละลายมาตรฐานฟีนอล

4.3.4.4 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.3.4.2 แต่ใช้น้ำกลั่น แทนสารละลายมาตรฐานฟีนอล

4.3.4.5 นำสารละลายตามข้อ 4.3.4.2 ข้อ 4.3.4.3 และข้อ 4.3.4.4 ใส่ลงในหลอดเทียบสีแต่ละหลอด ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเทียบสีที่เกิดขึ้น สารละลายในข้อ 4.3.4.4 ควรมีสีเหลือง ถ้าสารละลายในข้อ 4.3.4 3 มีสีเหลืองส้มจะต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 4.3.4.2 จึงจะถือว่าไม่พบฟีนอล

4.3.5 ฟอร์มาลดีไฮด์

4.3.5.1 นำสารละลายที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มาใช้ในการวิเคราะห์

4.3.5.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมอะซีทิลอะซีโทน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3.5.3 ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.3.5.2 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.3.5.1 มา 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร แทนสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

4.3.5.4 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.3.5.2 แต่ ใช้น้ำกลั่น แทนสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

4.3.5.5 นำสารละลายตามข้อ 4.3.5.2 ข้อ 4.3.5.3 และข้อ 4.3.5.4 ไปตั้งบนเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 100 ° ซ นาน 10 นาที นำมาใส่ในหลอดเทียบสีแต่ละหลอด แล้วเทียบสีที่เกิดขึ้น สารละลายในข้อ 4.3.5.4 ไม่ควรมีสี และสารละลายในข้อ 4.3.5.3 ถ้ามีสีจะต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 4.3.5.2 จึงจะถือว่าไม่พบฟอร์มาลดีไฮด์

4.4) การวิเคราะห์เนื้อพลาสติก

4.4.1 สารที่สกัดได้ด้วยเฮกเซน

4.4.1.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 ใส่ลงในขวดแก้วทนความร้อนเติมเฮกเซน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ต่อขวดแก้วนี้เข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับวางในเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าชนิดหุ้ม ปรับความร้อนให้อุณหภูมิของสารผสมในขวดขึ้นถึง 50 ° ซ ภายใน 20 ถึง 25 นาที คงอุณหภูมิ 50 ° ซ ไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงพอดี (ถ้าอุณหภูมิเกิน 50 ° ซ ให้เริ่มต้นสกัดใหม่) ยกขวดแก้วออกจากเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าชนิดหุ้มทันที กรองสารละลายขณะร้อนผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์1รวบรวมสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 1ลูกบาศก์เดซิเมตรที่มีจุกปิด การสูญเสียอันเนื่องมาจากการระเหยระหว่างการให้ความร้อนและการกรองต้องไม่เกินร้อยละ 10 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน แล้วใส่ในเดสิกเกเตอร์สุญญากาศไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ชั่งสารที่เหลือจากการระเหยที่แห้งแล้วให้ได้ค่าละเอียดถึง 0.000 1 กรัม ปรับผลที่ได้ให้ถูกต้องโดยนำค่าแบลงก์ของตัวทำละลายมาหักออก

4.4.1.2 วิธีคำนวณ

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

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหย เป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็นกรัม

4.4.2สารที่ละลายได้ในไซลีน

4.4.2.1 วิธีสกัด

ชั่งตัวอย่างมา 5 ± 0.001 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน บรรจุลงในขวดแก้วทนความร้อน เติมไซลีน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (840กรัม) ใส่ชิ้นแท่งแก้วหรือ ลูกปัดแก้วลงไปเพื่อป้องกันการกระเด็น ต่อขวดแก้วนี้เข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ เร่งความร้อนให้ไซลีนเดือดอย่างรวดเร็ว เมื่อไซลีนเริ่มเดือด (อุณหภูมิ 137 ถึง 140 ° ซ) ลดความร้อนลงในระดับเพียงพอที่จะทำการกลั่นกลับได้พอดีภายหลังที่กลั่นกลับเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ว หยุดให้ความร้อน นำขวดแก้วออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนอุณหภูมิของสารภายในขวดลดลงถึง 50 ° ซ หลังจากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำเย็นจนถึงอุณหภูมิ 25 ถึง 30 ° ซ ย้ายขวดไปแช่ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 25 ± 0.1 ° ซ เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เทสารละลายไซลีนผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 ลงสู่ขวดแก้วขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว สารละลายที่กรองได้ต้องใสปราศจากตะกอน เก็บสารละลายที่กรองได้เฉพาะช่วงแรกเพียง 450 ถึง 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่านั้น (เนื่องจากส่วนที่เหลือจะเป็นตะกอนของโพลิเมอร์ซึ่งกรองได้ยาก)ชั่งขวดอีกครั้งหนึ่ง คำนวณหาน้ำหนักของสารละลายที่กรองได้ให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ถ่ายสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดอย่างระมัดระวังลงในภาชนะของเครื่องระเหย แล้วนำไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน นำสารที่เหลือจากการระเหยไปใส่ในเดสิกเกเตอร์ชนิดสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย

12 ชั่วโมง (ตลอดคืน) ชั่งสารที่เหลือจากการระเหยให้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม ทำแบลงก์โดยใช้ไซลีนที่มีปริมาตรและภาวะเดียวกัน

4.4.2.2 วิธีคำนวณ

สารที่ละลายได้ในไซลีน ร้อยละ

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

เมื่อ R_1 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของตัวอย่าง เป็นกรัม

R_2 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของแบลงก์ เป็นกรัม

840 คือ น้ำหนักของไซลีนที่ใช้สกัดตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของสารละลายที่กรองได้ เป็นกรัม

4.4.3 ตะกั่ว

4.4.3.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5.0กรัม หยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไปเล็กน้อย แล้วนำไปเผาบนแท่นความร้อนจนหมดควัน ถ้าควันยังไม่หมดนำไปเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเซน แล้วนำไปเข้าเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 $^{\circ}$ ซ นานประมาณ 3 ชั่งโมงจนได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยกรดไนตริกโดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด กรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์42 แล้วล้างกระดาษกรองด้วยกรดไนตริกเล็กน้อยเก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

4.4.3.2 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.4.3.1 โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

4.4.3.3 นำแบลงก์และสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 และ 3.0,5.0,7.0,9.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มาวัดค่าความดูดกลืนแสง โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 217 นาโนเมตรแล้วนำไปเขียนกราฟระหว่างค่าความดูดกลืนแสงกับปริมาณตะกั่ว

4.4.3.4 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.4.3.1 มาวัดค่าความดูดกลืนแสงและเทียบอ่านค่าปริมาณตะกั่ว จากกราฟมาตรฐาน (ข้อ 4.4.3.3)

4.4.4 สารหนู

4.4.4.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง
ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5.0กรัม หยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไปเล็กน้อยแล้วนำไปเผาบนแท่นความร้อนจนหมดควัน ถ้าควันยังไม่หมดให้นำไปเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเซน แล้วนำไปเข้าเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 450 ° ซ นานประมาณ 3 ชั่งโมงจน กระทั่งได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยกรดไนตริกโดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด กรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์42 เก็บสารละลาย ที่กรองได้ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

4.4.4.2 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.4.4.1 โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

4.4.4.3 นำแบลงก์และสารละลายมาตรฐานสารหนูความเข้มข้น 2,4,6,8,10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มาวัดค่าความดูดกลืนแสง โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 193.7 นาโนเมตร แล้วนำไปเขียนกราฟระหว่างค่าความดูดกลืนแสงกับปริมาณสารหนู

4.4.4.4 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 4.4.4.1 มาวัดค่าความดูดกลืนและเทียบอ่านค่าปริมาณสารหนู จากกราฟมาตรฐาน (ข้อ 4.4.4.3)

ผลการศึกษาทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายของตัวอย่างโพลิเอธิลีนและโพลิ-โพรพิลีนสำหรับนำไปบรรจุอาหารทั่วไป เมื่อใช้สารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร คือน้ำ สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20 นอร์แมลเฮปเทน โดยใช้วิธีตาม มอก.656-2529 และใช้เกณฑ์กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531) พบว่าตัวอย่างพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีนผ่านตามเกณฑ์ สำหรับการวิเคราะห์เกณฑ์คุณภาพของเนื้อพลาสติกโดยนำตัวอย่างพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรลีนไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในเนื้อพลาสติกพบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดจำนวน 2 ตัวอย่าง คือ ลำดับที่15 และ 17 ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5

จากการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายของตัวอย่างพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรลีนสำหรับบรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม เมื่อใช้สารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร คือน้ำ สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20 นอร์แมลเฮปเทน โดยใช้วิธีตาม มอก.656-2529 และใช้เกณฑ์กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531) พบว่ามีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮปเทนเกินเกณฑ์กำหนดจำนวน 2 ตัวอย่าง สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อพลาสติก โดยนำตัวอย่างพลาสติกไปวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว) สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน และสารที่ละลายได้ในไซลีน พบว่าสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน เกินเกณฑ์กำหนดจำนวน 1 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 6

จากการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายตัวอย่างพลาสติกเมลามีน เมื่อใช้สารละลายที่เป็นตัวแทนอาหาร คือน้ำ สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 สารละลายแอลกอฮอล์-ร้อยละ 20 นอร์แมลเฮปเทน โดยใช้วิธีตาม มอก.656-2529 และใช้เกณฑ์กำหนดตาม มอก.1245-2537 พบว่าตัวอย่างพลาสติกเมลามีนผ่านตามเกณฑ์กำหนดทุกตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 4 รายละเอียดตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ศึกษาทดลอง

ลำดับที่	หมายเลขปฏิบัติการ	ชนิดพลาสติก	สี	บริษัท
1	ST.826	โพลิเอธิลีน	ใสไม่มีสี	บ.ไทย โอ พี พี จก.(มหาชน)
2	SU.691	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.หน่ำเซียนเทรดดิ้ง จก.
3	SY.395	โพลิเอธิลีน	เหลือง	บ.อุตสาหกรรมวิวัฒน์ จก.
4	TB.262	โพลิเอธิลีน	แดง	บ.อิ๊สต์เอเซียติ๊ก (ประเทศไทย) จก.
5	TF.281	โพลิเอธิลีน	ขาวขุ่น	บ.อุตสาหรรมวิวัฒน์ จก.
6	TF.282	โพลิเอธิลีน	ส้ม	บ.อุตสาหรรมวิวัฒน์ จก.
7	TF.283	โพลิเอธิลีน	น้ำเงิน	บ.อุตสาหรรมวิวัฒน์ จก.
8	TF.889	โพลิเอธิลีน	ฟ้า	บ.อิ๊สต์เอเซียติ๊ก (ประเทศไทย) จก.
9	TJ.468	โพลิเอธิลีน	เขียว	บ.เพชรสยามดีลัคซ์ แวช์ จก.
10	TJ.506	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.เรืองวาอินดัสตรี้ จก.
11	TJ.507	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.เรืองวาอินดัสตรี้ จก.
12	TJ.508	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.เรืองวาอินดัสตรี้ จก.
13	TT.440	โพลิเอธิลีน	เหลือง	บ.โซติภัณฑ์อุตสาหกรรมพลาสติก จก.
14	TU.178	โพลิเอธิลีน	น้ำเงิน	บ.ไทยวาแอลจีเคมี คอล จก.
15	TU.638	โพลิเอธิลีน	เขียว	บ.นำเซา จก.
16	TV.992	โพลิเอธิลีน	น้ำเงิน	บ.วิทย์คอร์ป เคมิ คอลล์ จก.
17	TV.993	โพลิเอธิลีน	แดง	บ.วิทย์คอร์ป เคมิ คอลล์ จก.
18	TW.815	โพลิเอธิลีน	ใสไม่มีสี	บ.สก๊อตอินดัสเตรียล จก.
19	TX.880	โพลิเอธิลีน	ดำ	บ.อิ๊สต์เอเซียติ๊ก (ประเทศไทย) จก.
20	TZ.94	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.โบลแพค จก.
21	TZ.95	โพลิเอธิลีน	เขียว	บ.โบลแพค จก.
22	TZ.96	โพลิเอธิลีน	เหลือง	บ.โบลแพค จก.
23	TZ.97	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.โบลแพค จก.
24 *	SO.628	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.พรีแพค จก.
25 *	SO.629	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.พรีแพค จก.
26 *	SO.630	โพลิเอธิลีน	ขาว	บ.พรีแพค จก.

ตารางที่ 4(ต่อ) รายละเอียดตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ศึกษาทดลอง

ลำดับที่	หมายเลขปฏิบัติการ	ชนิดพลาสติก	สี	บริษัท
27	SK.217	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	Thai Quality Pack(1989) Co.,Ltd.
28	SK.221	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	Thai Quality Pack(1989) Co.,Ltd.
29	SO.322	โพลิโพรพิลีน	ขาวขุ่น	บ.เรืองวาแสตนดาร์ดอินดัสตรีส์ จก.
30	SO.326	โพลิโพรพิลีน	ขาวขุ่น	บ.เรืองวาแสตนดาร์ดอินดัสตรีส์ จก.
31	SO.328	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	บ.เรืองวาแสตนดาร์ดอินดัสตรีส์ จก.
32	SO.325	โพลิโพรพิลีน	ขาวขุ่น	บ.เรืองวาแสตนดาร์ดอินดัสตรีส์ จก.
33	SO.323	โพลิโพรพิลีน	ขาวขุ่น	บ.เรืองวาแสตนดาร์ดอินดัสตรีส์ จก.
34	SS.988	โพลิโพรพิลีน	ขาว	บ.ซี.พี.อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ จก.
35	SS.987	โพลิโพรพิลีน	ขาว	บ.ซี.พี.อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ จก.
36	SS.989	โพลิโพรพิลีน	ขาว	บ.ซี.พี.อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ จก.
37	SU.895	โพลิโพรพิลีน	ขาว	บ.นำรุ่งอุตสาหกรรม จก.
38	TB.916	โพลิโพรพิลีน	น้ำเงิน	บ.เอ็ม.เอสกรุ๊ป จก. (ประเทศไทย)
39	TF.303	โพลิโพรพิลีน	เหลือง	บ.ชมิตต จก.
40	TF.304	โพลิโพรพิลีน	แดง	บ.ชมิตต จก.
41	TF.305	โพลิโพรพิลีน	เหลือง	บ.ชมิตต จก.
42	TF.299	โพลิโพรพิลีน	ขาวขุ่น	บ.ยูแอนด์วี อินเตอร์เทรด จก.
43	TJ.444	โพลิโพรพิลีน	เขียว	บ.เพชรสยามดีลัคซ์ แวซ์ จก.
44	TQ.327	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	บ.ไทยฟิล์มอินดัสตรี้ จก.
45	TU.247	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	บ.ไทยฟิล์ม อินดัสตรี้ จก.

ตารางที่ 4(ต่อ) รายละเอียดตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ศึกษาทดลอง

ลำดับที่	หมายเลขปฏิบัติการ	ชนิดพลาสติก	สี	บริษัท
46	TU.667	โพลิโพรพิลีน	ขาว	บ.สก๊อตอินดัสเตรียล จก.
47	TW.799	โพลิโพรพิลีน	ใสไม่มีสี	บ.ไทยฟิล์ม อินดัสตรี้ จก.
48 *	SK.909	โพลิโพรพิลีน	แดง	บ.สุวิมล จก.
49	SZ.817	เมลามีน	ขาว	บ.ไทยเอ็มเอฟซี จก.
50	TC.578	เมลามีน	ขาว	บ.ไทยเอ็มเอฟซี จก.
51	TN.535	เมลามีน	ขาวอมเหลือง	บ.ไทยเคเคอุตสาหกรรม จก.
52	TV.350	เมลามีน	ขาว	บ.ไทยเคเคอุตสาหกรรม จก.
53	TV.351	เมลามีน	ขาวอมเหลือง	บ.ไทยเคเคอุตสาหกรรม จก.

หมายเหตุ ลำดับที่ * เป็นภาชนะพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย						คุณภาพของเนื้อพลาสติก
	ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน	
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
1	1.00	15.0	2.00	ไม่พบ	4.00	22.0	1.60
2	0.66	3.00	1.00	ไม่พบ	4.00	11.0	1.40
3	1.40	ไม่พบ	3.00	ไม่พบ	-	17.0	4.66
4	2.30	4.00	8.00	ไม่พบ	7.00	4.00	3.90
5	0.63	3.00	8.00	ไม่พบ	-	7.00	ไม่พบ
6	0.47	12.0	3.00	ไม่พบ	-	5.00	0.40
7	0.79	9.00	3.0	ไม่พบ	-	6.00	ไม่พบ
8	0.63	2.00	1.00	ไม่พบ	-	-	ไม่พบ
9	2.84	7.00	5.00	ไม่พบ	16.0	18.0	0.80
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)							
	10	*30*	*30*	*1*	*30*	*150*	*100*

ตารางที่ 5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						คุณภาพของเนื้อพลาสติก
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน	
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
10	0.67	17.0	6.00	ไม่พบ	1.00	13.0	2.60
11	0.67	7.00	7.00	ไม่พบ	5.00	10.0	0.30
12	0.67	5.00	10.0	ไม่พบ	3.00	14.0	ไม่พบ
13	0.66	2.00	6.00	ไม่พบ	-	15.0	ไม่พบ
14	0.36	ไม่พบ	13.0	ไม่พบ	-	8.00	0.60
15	0.36	5.00	2.00	ไม่พบ	4.00	1.00	575.0
16	0.18	18.0	9.00	ไม่พบ	-	-	0.20
17	1.25	4.00	2.00	ไม่พบ	-	-	1,395.0
18	0.36	ไม่พบ	4.00	ไม่พบ	2.00	21.0	1.02
19	2.50	3.00	6.00	ไม่พบ	-	-	0.87
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)							
	10	*30*	*30*	*1*	*30*	*150*	*100*

ตารางที่ 5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิธีลีนและโพลิโพรพีลีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						คุณภาพของเนื้อพลาสติก
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน	
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
20	0.54	4.00	5.00	ไม่พบ	-	2.00	ไม่พบ
21	0.89	7.00	7.00	ไม่พบ	-	3.00	ไม่พบ
22	0.36	1.00	3.00	ไม่พบ	-	3.00	ไม่พบ
23	0.36	5.00	6.00	ไม่พบ	-	5.00	ไม่พบ
27	0.50	11.0	3.00	ไม่พบ	4.00	44.0	2.12
28	16.3	5.00	7.00	ไม่พบ	3.00	21.0	2.53
29	0.66	17.0	8.00	ไม่พบ	7.00	15.0	2.75
30	0.66	10.0	4.00	ไม่พบ	1.00	8.00	2.60
31	0.33	13.0	2.00	ไม่พบ	-	-	5.83
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)							
	10	*30*	*30*	*1*	*30*	*150*	*100*

ตารางที่ 5 **(ต่อ)** ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						คุณภาพของเนื้อพลาสติก
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน	
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
32	0.49	21.0	7.00	ไม่พบ	-	-	7.63
33	0.16	21.0	15.0	ไม่พบ	-	-	5.12
34	3.5	8.00	3.0	ไม่พบ	14.0	2.00	1.90
35	5.70	1.00	4.00	ไม่พบ	-	-	2.50
36	0.47	4.00	1.00	ไม่พบ	-	-	ไม่พบ
37	0.47	1.00	9.00	ไม่พบ	-	-	ไม่พบ
38	0.79	2.00	4.00	ไม่พบ	-	-	ไม่พบ
39	0.16	ไม่พบ	1.00	ไม่พบ	-	-	0.10
40	0.63	9.00	5.00	ไม่พบ	4.00	19.0	0.80
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)							
	10	*30*	*30*	*1*	*30*	*150*	*100*

ตารางที่ 5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						คุณภาพของเนื้อพลาสติก
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน	
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
41	0.32	16.0	13.0	ไม่พบ	13.0	3.00	2.10
42	0.36	3.00	4.00	ไม่พบ	6.00	2.00	0.80
43	0.36	3.00	3.00	ไม่พบ	2.00	2.00	1.90
44	0.71	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	15.0	0.88
45	0.36	3.00	4.00	ไม่พบ	6.00	20.0	0.80
46	0.36	3.00	3.00	ไม่พบ	2.00	2.00	1.90
47	0.71	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	15.0	0.88
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)							
	10	*30*	*30*	*1*	*30*	*150*	*100*

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและโพลิโพรพิลีนที่ใช้บรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)			
	น้ำ		สารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 4		สารละลายแอลกอฮอล์ ร้อยละ 20	นอร์แมลเฮปเทน				
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ปริมาณสารหนู	โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน	สารที่ละลายได้ในไซลีน
24	0.49	2.00	2.00	ไม่พบ	4.00	27.0	ไม่พบ	ไม่พบ	37,969	54,118
25	1.15	8.00	3.00	ไม่พบ	6.00	12.0	ไม่พบ	ไม่พบ	23,358	27,533
26	2.79	7.00	4.00	ไม่พบ	3.00	48.0	ไม่พบ	ไม่พบ	14,191	25,960
48	0.16	4.00	1.00	ไม่พบ	3.00	10.0	ไม่พบ	ไม่พบ	6,383	15,148
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111(พ.ศ.2531)										
	5	*15*	*15*	*1*	*15*	*15*	*2*	*20*	*26,000*	*113,000*

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการแพร่กระจายในพลาสติกเมลามีน

ลำดับที่	คุณภาพการแพร่กระจาย						
	ในสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)						
	น้ำ				สารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 4		นอร์แมลเฮปเทน
	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	ฟีนอล	ฟอร์มาดีไฮด์	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย	โลหะหนักคำนวณเป็นตะกั่ว	สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย
49	0.99	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.00	ไม่พบ	7.00
50	2.34	7.00	ไม่พบ	ไม่พบ	2.00	ไม่พบ	14.00
51	0.63	1.00	ไม่พบ	ไม่พบ	16.00	ไม่พบ	10.0
52	0.36	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1.00	ไม่พบ	5.00
53	0.36	2.00	ไม่พบ	ไม่พบ	2.00	ไม่พบ	ไม่พบ
เกณฑ์กำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารอัดแบบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ มอก.1245-2537							
	10	*30*	*ต้องไม่พบ*	*ต้องไม่พบ*	*30*	*1*	*30*

วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง

1. จากตารางที่ 5 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ของพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนพบว่า มีตัวอย่างที่มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าเกณฑ์กำหนดจำนวน 2 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างเหล่านี้เป็นพลาสติกที่มีสีสดใส เช่น สีแดงและสีเขียว อาจเกิดจากในกระบวนการผลิตมีการใช้สีประเภทสีอนินทรีย์ที่เป็นสารประกอบของตะกั่วในกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย ทำให้มีปริมาณตะกั่วมากเกินไป

2. จากตารางที่ 6 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ของพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนที่ใช้บรรจุนมพบว่า มีตัวอย่างที่มีปริมาณสารที่ละลายออกมาจากการสกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทนและสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซนสูงกว่าเกณฑ์กำหนด อาจเกิดจากบริษัทที่ผลิต ใช้กระบวนการผลิตไม่เหมาะสม หรือใช้สารเติมแต่งชนิดและปริมาณไม่ได้มาตรฐานทำให้มีสารเคมีต่างๆ เช่น สารตกค้างจากการโพลิเมอร์ไรเซชั่น(polymerization residue) สารเติมแต่งในกระบวนการผลิต(processing aid) หรือ สารเจือปนในขั้นสุดท้ายของการผลิต(end-product additive) ละลายออกมาในปริมาณมากเกินเกณฑ์กำหนด

3. สำหรับพลาสติกโพลิโพรพิลีนและเมลามีนที่ใช้บรรจุอาหาร อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย เพราะจากการทดลองพบว่าผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. จากผลการศึกษาทดลองนี้ เมื่อผู้บริโภคนำภาชนะพลาสติกจากข้อ 1 และ 2 ไปใช้บรรจุอาหารอาจทำให้ได้รับสารตะกั่ว และสารตกค้างในกระบวนการผลิตเข้าไปสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาทดลองความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน และเมลามีน ในการนำไปบรรจุอาหาร จากตัวอย่างพลาสติกจำนวน 53 ตัวอย่าง แบ่งเป็น โพลิเอธิลีน 26 ตัวอย่าง โพลิโพรพิลีน 22 ตัวอย่าง และเมลามีน 5 ตัวอย่าง พบว่า โพลิเอธิลีนมีคุณภาพการแพร่กระจายและคุณภาพของเนื้อพลาสติกไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดจำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15.4 ของตัวอย่างโพลิเอธิลีนทั้งหมด โดยมีปริมาณสารตกค้างที่เหลือจากการระเหยนอร์แมลเฮปเทน และสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซนเกินเกณฑ์กำหนด จำนวน 2 ตัวอย่าง และมีปริมาณตะกั่วเกินเกณฑ์กำหนด จำนวน 2 ตัวอย่างซึ่งตัวอย่างที่ไม่ผ่านเป็นพลาสติกที่มีสีแดงและสีเขียว สำหรับพลาสติกโพลิโพรพิลีน และเมลามีนที่ใช้สำหรับนำไปบรรจุอาหารทั่วไป มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกตัวอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผอก.กช. คุณสุจินต์ ศรีคงศรี คุณทวีชัย พีชผล คุณสุคนธ์ เนคมานุรักษ์ คุณจรรยา วัฒนทวีกุล คุณสุมาลี ทั่งพิทยกุล คุณอารี ชูวิสิฐกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ตลอดจนให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ จนทำให้ผลงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111(พ.ศ.2531) กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติก การใช้ภาชนะบรรจุพลาสติกและการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร. **ในประกาศราชกิจจา-นุเบกษา** เล่ม105. ตอนที่46. 2531

กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร. **มอก.656. ในประกาศราชกิจจา นุเบกษา เล่ม104.** ตอนที่3. 2530 หน้า 2-29.

กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์** อุตสาหกรรมสารอัดแบบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์. **มอก.1245.** ในประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่ม111. ตอนที่89 ง. 2537 หน้า 1,3.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. **พลาสติก**. 2538,พิมพ์ครั้งที่ 12, ห.จ.ก.ป. สัมพันธ์พาณิชย์, หน้า 73,74,78,95,115,116,120,121,122,163,167,168,177,180,181,182,190.

ภักดี โพธิศิริ. ทรงพล รัตนพันธุ์. พิษภัยจากพลาสติก. **วารสารพลาสติก**. กรกฎาคม-สิงหาคม, 2526, ปีที่1, ฉบับที่ 3, หน้า 41-45.

T.R.Cromptom. **Additive Migration from Plastic into Food.** Printed and bound in Great Britain by William Clowes (Beccles) Limited,Beccles and London.1979. P.11-19.

Ronald J.Baird. **Industrial Plastics**.The Goodheart-Willcox Co.,INC.South Holland.1971, p. 29-32 , 54-55.