

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอरेพธาลเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติก
โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตที่เสียในกระบวนการผลิตมาผลิตเป็นภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

ปริญญานิพนธ์

ของ

วัฒนา ชำศิริ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

666.4334

ว ๒๒๔ ๓

๓๓๓

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอरेพธาลเตบรืสุทธี กับเศษบดของพลาสติก
โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเตที่เสียในกระบวนการผลิตมาผลิตเป็นภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

บทคัดย่อ
ของ
วัฒนา ชำศิริ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2547

วัฒนา ชำศิริ. (2547). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตที่เสียในกระบวนการผลิตมาเป็นภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค. ปริญญาโท กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธร ไกร, อาจารย์สุดใจ เหน้สัไพร.

การวิจัยในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบหาคุณภาพของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตโดยนำเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์ผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตที่เสียในกระบวนการผลิต ในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 9 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 100 กิโลกรัม โดยมีอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์ต่อเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ดังนี้ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 แล้วนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต เพื่อทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) โดยนำไปตรวจคุณลักษณะทั่วไปซึ่งขวดต้องใสไม่มีตำหนิหรือมีสิ่งแปลกปลอมติดที่ขวด จำนวน 13 ใบ ตรวจขนาดความจุ โดยมีเกณฑ์มาตรฐาน 350 – 360 มิลลิเมตร จำนวน 13 ใบ ตรวจความแข็งแรงของขวดซึ่งต้องทนแรงกดทับไม่น้อยกว่า 10 kgf. จำนวน 6 ใบ ตรวจการทนโมเมนต์บิดซึ่งต้องใช้แรงบิดที่ 2.94 นิวตันเมตร แล้วผ่าต้องไม่แตก จำนวน 6 ใบ ตรวจวิเคราะห์กลิ่นของขวด โดยนำขวดที่ทำความสะอาด แล้วจะต้องไม่มีกลิ่นรุนแรง จำนวน 6 ใบ ตรวจรสชาติของน้ำในขวด จำนวน 6 ใบ ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกจำนวน 6 ใบ และตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติกจำนวน 6 ใบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998 – 2533 (มอก. 998-2533) กำหนด

ผลของการทดลองที่พบว่าอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์ต่อเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 จำนวน 5 อัตราส่วน คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ระบุว่า เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์ เมื่อนำมาผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตที่เสียในกระบวนการผลิต ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้น นำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต จะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) โดยที่มีอัตราส่วนเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์ที่ผสมนั้นมากกว่าร้อยละ 50

Wattana Zumsiri. (2004). *The Study for Suitable Mixed Ratio of Virgin and Regrind Polyethylene Terephthalate Resin to Produce Plastic Container for Drinking Water*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Pairust Vongyuttakai, Mr. Soodchai Ngaosiprai.

The purposed of this thesis was to studied for the suitable mixed ratio of virgin and regrind polyethylene terephthalate (PET) resin to produce plastic container for drinking water. This experiment used the pure polyethylene terephthalate mixed with regrind polyethylene terephthalate which rejected from production process. This experiment were used 9 ratio and each ratio were 100 kilograms of mixed of pure polyethylene terephthalate and regrind polyethylene terephthalate. The ration of mixed of pure polyethylene terephthalate and regrind polyethylene terephthalate were 90:10, 80:20, 70:30, 60: 40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 and 10:90. The Thai Industrail standard (TIS 998 - 2533) was used as a specification for the quality of polyethylene terephthalate bottle. In each ration of finished bottle product were tested in different specification. First 13 finished bottles were test for general property such as the bottle must be cleared without any defect or other contamination, the other 13 bottles were checked for standard volume of 350 – 360 ml., the other 6 bottles were test for bottle strength which resistant of for load not less than 10 kgf. , the other 6 bottles were test for resistant of torsion by torque at 2.94 newton metre which cap remain in good condition , the other 6 bottles were analysis smell and the other 6 bottles were water tasted, the other 6 bottles were analysis for safety property of plastic and the other 6 bottles were checking and analysis property of the solution from plastic.

The result of this experiment found that only the 5 sample ratio were 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50 meet the Thai Industrail standard (TIS 998 - 2533) and this experiment follow the hypothesis that, the more than of pure polyethylene terephthalate 50 percentage mix with regrind polyethylene terephthalate which rejected from production are able to produce the bottles and meet Thai Industrail standard (TIS 998 – 2533) specification.

THE STUDY FOR SUITABLE MIXED RATIO OF VIRGIN AND REGRIND POLYETHYLENE
TEREPHTHALATE RESIN TO PRODUCE PLASTIC CONTAINER FOR DRINKING WATER

AN ABSTRACT
BY
WATTANA ZUMSIRI

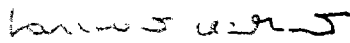
Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2004

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลเอตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติก
โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลเอตที่เสียในกระบวนการผลิตมาเป็นภาชนะสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

ของ
นางวัฒนา ชำศิริ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)

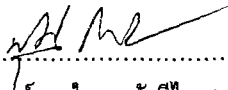
วันที่ 6..... เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



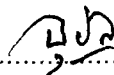
.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



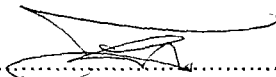
.....กรรมการ

(อาจารย์ สุดใจ เห่งสีไพร)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันธกุล)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ สุดใจ เห่งาสีไพร กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันชกุล อาจารย์ละเอียต รักษ์เผ่า อาจารย์โอภาส สุขหวาน ที่อนุเคราะห์ ให้คำปรึกษาแนะนำ และ เป็นกำลังผลักดัน ให้งานวิจัยเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุภาพ วงษ์จินดา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและอนุเคราะห์ สถานที่บริษัทเพชรแพค ในการทดลองการผลิตและเครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิต และการตรวจสอบขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอเรพทาเลต และขอขอบคุณ พนักงานบริษัท เพชรแพค จำกัด ที่ช่วยเหลือในการทดลอง และตรวจสอบขวด ให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณดีทั้งหมดของงานวิจัยนี้แต่บุคคลที่ได้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสังคมต่อไป

นางวัฒนา ชำศิริ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
	ความสำคัญของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
	สมมุติฐานงานวิจัย	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก	7
	ชนิดพลาสติก.....	8
	การรีไซเคิลพลาสติก	9
	การจัดการเม็ดพลาสติกที่ใช้แล้ว	10
	โครงสร้าง และคุณสมบัติทั่วไปของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट	12
	ประวัติความเป็นมา และคุณสมบัติของพลาสติกประเภท	
	โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट	12
	กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (PET Resin)	15
	การผลิตขวดโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (PET)	17
	เครื่องฉีด และเป่า ขวดพลาสติก ASB – 50 II (H)	18
	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำ	
	บริโกล.....	19
	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 656-2529 (มอก. 656-2529) วิธีวิเคราะห์	
	ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร	24
	มาตรการและนโยบายของรัฐในการกำจัดของเสียบรรจุภัณฑ์	43
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
3	วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	
	ประชากร	50
	ตัวแปร	51
	สถานที่ , ผู้ตรวจสอบ , เครื่องมืออุปกรณ์ และวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	52
	ขั้นตอนปฏิบัติในการทดลอง	53
	การวิเคราะห์ข้อมูล	54
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก. กระบวนการทดลอง	73
ภาคผนวก ข. รายงานผลการวิเคราะห์และทดสอบ	80
ประวัติย่อผู้วิจัย	106

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก	20
2 สารที่ละลายออกมาจากพลาสติก	21
3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด ลักษณะทั่วไป การบรรจุและเครื่องหมาย และฉลาก	22
4 การทนโมเมนต์บิดในการปิดฝามีเกลียว	23
5 กรอบแนวทางการกำหนดอัตราค่าภาษีที่เสนอให้จัดเก็บจากบรรจุภัณฑ์	44
6 การเปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสียของมาตรการจัดเก็บค่าธรรมเนียม / ภาษี จัดการขยะบรรจุภัณฑ์ ..	45
7 แสดงอัตราส่วนผสมวัตถุดิบบนตารางสองทางจำนวน 9 อัตราส่วน	50
8 แสดงอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์กับเศษบดของ ของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียในกระบวนการผลิต	51
9 การแสดงผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปขนาดความจุ ความแข็งแรง และการทนโมเมนต์บิด ...	56
10 การแสดงผลการทดสอบกลิ่น และรสชาติของน้ำในขวด	57
11 การแสดงผลการตรวจสอบคุณสมบัติความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก	58
12 การแสดงผลการตรวจสอบคุณสมบัติความปลอดภัยของสารที่ออกมาจากพลาสติก	59

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
2 หมู่ครีโตนที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชั่น	9
3 สัญลักษณ์ของพลาสติกประเภทต่างๆ	10
4 ขั้นตอนการทำเม็ดพลาสติกรีไซเคิล	10
5 ขวด PET นำมารีไซเคิลเป็นเครื่องประดับ	11
6 ขวด PET นำมารีไซเคิลเป็นพรม	11
7 ปริมาณความต้องการของบรรจุภัณฑ์ PET ในอุตสาหกรรมต่างๆ	13
8 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (PET Resin)	15
9 กระบวนการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट	17
10 เครื่องฉีดและเป่าขวดพลาสติก ASB-50II (H)	18
11 รูปแบบแม่พิมพ์ขวดทรงกลมที่ใช้ในการทดลอง	74
12 เชนบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट.....	75
13 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट.....	75
14 เครื่องผสมเม็ดพลาสติกกับเชนบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट.....	76
15 การตรวจสอบขนาดความจุ.....	76
16 การทดสอบความแข็งแรงของขวด.....	77
17 การทดสอบการทนโมเมนต์บิด.....	77
18 ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटเป็นจูด้า.....	78
19 ภาพขยายตำหนิจูด้า.....	78
20 การลอยของเชนบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट.....	79
21 เชนบดของพลาสติกที่มีขนาดเล็กคล้ายผงฝุ่น.....	79

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

มลพิษจากสภาวะแวดล้อมนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ ของเสียและวัสดุเหลือใช้ที่จะนำกลับมาใช้ในการประเทศไทย พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากปีพุทธศักราช 2535 มีปริมาณ 25,940 ตันต่อวันและเพิ่มเป็น 39,827 ตันต่อวัน ในปีพุทธศักราช 2540 และคาดว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 50,815 ตันต่อวัน ในปี พุทธศักราช 2545 (วารสารบรรจุภัณฑ์. 2541 : 28) ในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกเพื่อการบรรจุหีบห่อ (Commodity Plastic for Packing) กันอย่างมากและในอนาคตก็มีแนวโน้มที่จะใช้พลาสติกแทนวัสดุอื่น ๆ มากขึ้น การใช้พลาสติกที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride : PVC) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP) โพลีเอทิลีน (Polyethylene : PE) นั้นก่อให้เกิดปัญหาด้านการกำจัดและตกค้างในสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมต่างๆ มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม อุตสาหกรรมอาหารในครัวที่นำมาใช้บรรจุน้ำมันพืช ซอส น้ำปลา น้ำส้มสายชู อุตสาหกรรมน้ำดื่ม น้ำผลไม้ รวมถึงอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับของใช้ประจำวัน เช่น ใช้บรรจุยา ยาน้ำ ยาน้ำปากยาและเวชภัณฑ์ รวมถึงการใช้บรรจุสินค้าจำพวก เคมีภัณฑ์ และยาฆ่าแมลงต่างๆ สาเหตุที่ขวด PET มีการใช้ในหลายๆ อุตสาหกรรม (บรรจุภัณฑ์ขวด PET. 2542 : 43-45) และมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีคุณลักษณะเด่นที่มีข้อได้เปรียบบรรจุภัณฑ์อื่นๆ อยู่หลายประการ เช่น มีความใสทำให้สินค้าดูสะอาดตา และนำใช้ ไม่ทำให้รสชาติอาหารเปลี่ยนไป ปลอดภัยต่ออาหารที่สัมผัส (Food Contact) ซึ่งได้การรับรองมาตรฐานจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Library : FDL) และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

พลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट เป็นรูปแบบหนึ่งของ Polyester หรือ Mylar ซึ่งแข็งแรงและมีประโยชน์มาก ดังนั้นในการผลิตขวดพลาสติกประเภท PET ในโรงงานอุตสาหกรรมย่อมเกิดของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นภาระที่โรงงานต้องแบกรับภาระการสูญเสีย ทั้งวัตถุดิบ แรงงาน พลังงานต่างๆ และที่สำคัญจะทำให้เกิดมลพิษของสิ่งแวดล้อมแก่สังคม และเพื่อเป็นการดำเนินการตามมาตรการและสนธิสัญญาของรัฐบาลในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ ตามคำสั่งที่ 2 ลงวันที่ 19 มกราคม 2541 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดปริมาณของเสียบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำของเสียนำกลับมาใช้ใหม่ การนำมาใช้ใหม่นั้นสามารถนำมาใช้ได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ นำไปผลิตเป็นฝ้ายเทียม ทำเป็นฟิล์มเพื่อห่อสินค้า และนำกลับไปเป็นขวดหรือภาชนะใส่อาหารอีก สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำกลับมาใช้ใหม่โดยการทดลองนำเอาเศษพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่บดมาจากของเสียในกระบวนการผลิตแล้วนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ (Virgin Resin) แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นขวดพลาสติกเหมือนเดิม จากนั้นนำขวดที่ผลิตไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น คุณสมบัติทั่วไป ความแข็งแรง กลิ่น และรสชาติ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 ว่าด้วยเรื่องภาชนะ สำหรับบรรจุน้ำบริโภค (มอก. 998-2533) เพื่อความมั่นใจในความปลอดภัย เมื่อนำกลับมาใช้บรรจุสินค้าบริโภคในชีวิตประจำวัน

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการค้นหาอัตราส่วนของเศษบดของเสีย ในกระบวนการผลิตขวดโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (Regrind) ที่นำมาผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ (Virgin Resin) เพื่อผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटอีกครั้งหนึ่ง โดยขวดที่ผลิตขึ้นใหม่นี้จะต้องมีคุณภาพอยู่ใน

เกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ และผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านช่วยลดต้นทุนของธุรกิจผลิตขวดโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (PET) เนื่องจากราคาเม็ดพลาสติกมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ตามราคาเคลื่อนไหวของน้ำมันดิบโลกและอัตราการแลกเปลี่ยนเงินสกุลต่างๆ และยังเป็นการรองรับกฎหมายใหม่ในเรื่องของการเก็บภาษีบรรจุก๊าซที่ผู้ผลิตบรรจุก๊าซต้องรับผิดชอบในการจ่ายภาษี เพื่อเป็นสิ่งที่กระตุ้นเตือนจิตสำนึกให้ผู้ประกอบการธุรกิจที่หวังผลประโยชน์ผลกำไร ซึ่งผู้ประกอบการรายใดมีมาตรการนำกลับมาใช้ใหม่แล้วอาจจะได้รับการลดหย่อนภาษี อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะของสภาพแวดล้อมที่มีต่อสังคมโดยรวม (นิศากร โฆษิตรัตน์, 2544 :1-3) และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือความปลอดภัยของผู้บริโภคที่ใช้บรรจุก๊าซพลาสติกในชีวิตประจำวัน ดังนั้นผู้วิจัยหวังว่า ข้อมูลในการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อสังคม และพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटต่อไปในอนาคต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียจากกระบวนการผลิต (Regrind) เพื่อนำมาผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट

2. เพื่อทดสอบหาคุณภาพของขวดที่ได้จากการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียจากกระบวนการผลิต ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 998-2533

ความสำคัญของการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ จะได้อัตราส่วนการผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट แล้วนำไปทดสอบคุณภาพ โดยผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 998-2533

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट บรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ จึงกำหนดขอบเขตของการศึกษาวิจัยไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1.1 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ ของ SHINPET 5015 W ที่มีค่าความหนืด (Intrinsic Viscosity หรือ IV) 0.80 dl / g

1.2 เศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट ที่เสียจากในกระบวนการผลิต

2. เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องฉีด - เป่า ขนาด 5 ตัน ของบริษัท NISSEI ASB ประเทศญี่ปุ่น

2.2 แม่พิมพ์ ขวดที่มีขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้นได้แก่ อัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียจากในกระบวนการผลิต(Regrind)จำนวน 9 อัตราส่วน ที่ได้อาจจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสองทาง โดยแต่ละอัตราส่วนใช้วัตถุดิบ 100

กิโลกรัม ประกอบด้วยอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิคกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิคที่เสียในกระบวนการผลิต ดังนี้ 90:10 , 80:20 , 70:30, 60:40 , 50:50, 40:60 , 30:70 , 20:80, 10:90

3.2 ตัวแปรตามได้แก่ คุณภาพขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิค ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 998-2533 กำหนดให้มีการทดสอบดังนี้

3.2.1 คุณลักษณะทั่วไป

3.2.2 ขนาดบรรจุ

3.2.3 ความแข็งแรงของขวดพลาสติก

3.2.4 การทนโมเมนต์บิด

3.2.5 กลิ่นของขวดพลาสติก

3.2.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดพลาสติก

3.2.7 ความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก

3.2.8 ความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาพลาสติก

4. กระบวนการทดลอง การเตรียมวัตถุดิบจะประกอบด้วยเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิคกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิคที่เสียจากกระบวนการผลิต ตามอัตราส่วนที่ผสมตามกลุ่มประชากร อัตราส่วนละ 100 กิโลกรัม โดยเริ่มจากอัตราส่วนที่มีการเพิ่มเศษของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิค ที่เสียจากในกระบวนการผลิตโดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จนถึงอัตราส่วนสุดท้าย จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบหาคุณภาพของขวดพลาสติกที่ได้จากอัตราส่วนการผสม โดยจำนวนของตัวอย่างจะเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนดไว้ ดังนี้

4.1 คุณลักษณะทั่วไป	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	13	ตัวอย่าง
4.2 ขนาดบรรจุ	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	13	ตัวอย่าง
4.3 ความแข็งแรงของขวด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
4.4 การทนโมเมนต์บิด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
4.5 กลิ่นของขวดพลาสติก	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
4.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
4.7 คุณลักษณะของความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
4.8 คุณลักษณะของความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาพลาสติก	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง

ตัวอย่าง

ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพตั้งในหัวข้อ 4.1 – 4.8 อัตราส่วนละ 62 ตัวอย่าง ทั้งหมด 9 อัตราส่วน จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 558 ตัวอย่าง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เม็ดพลาสติก PET บริสุทธิ์ หมายถึง พลาสติกประเภทที่ 1 เรียกว่าโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (Polyethylene Terephthalate) ตัวย่อ คือ พีอีที (PET)

2. อัตราส่วนที่เหมาะสม หมายถึง ปริมาณของวัตถุดิบโดยน้ำหนักระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट และเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่นำมาผสมกันแล้วผลิตเป็นขวดพลาสติกที่มีขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการซึ่งมีทั้งหมด 9 อัตราส่วน

3. เศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट หมายถึง การนำหลอดพีเอฟเอ็มและขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट ที่เสียในกระบวนการผลิตบดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ มีขนาดประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร

4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.998-2533 หมายถึง มาตรฐานที่กำหนด ชนิด ขนาด วัสดุ คุณสมบัติที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมาย และฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

4.1 คุณลักษณะทั่วไป หมายถึง ลักษณะของขวดพลาสติกต้องปราศจากตำหนิที่เกิดจากสิ่งแปลกปลอม เช่น จุดสีดำ รอยบุ๋ม ฟองอากาศ ซึ่งทำการทดสอบโดยการตรวจพินิจ

4.2 ขนาดความจุ หมายถึง ปริมาตรสูงสุดที่กำหนดให้สำหรับการใช้งาน และต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ เช่น ขนาดความจุ 350 มิลลิลิตร เป็นต้น

4.3 ความแข็งแรงของขวดพลาสติก หมายถึง ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट ที่ผลิตออกมา แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อแรงกดด้วยเครื่อง Top Load ต้องทนแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 10 Kgf.

4.4 การทนโมเมนต์บิด หมายถึง การทดสอบปากขวด โดยการใส่ฝาปิดปากขวดใช้โมเมนต์บิดที่ 2.94 นิวตันเมตร แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจ ปากขวด และฝาต้องไม่แตก

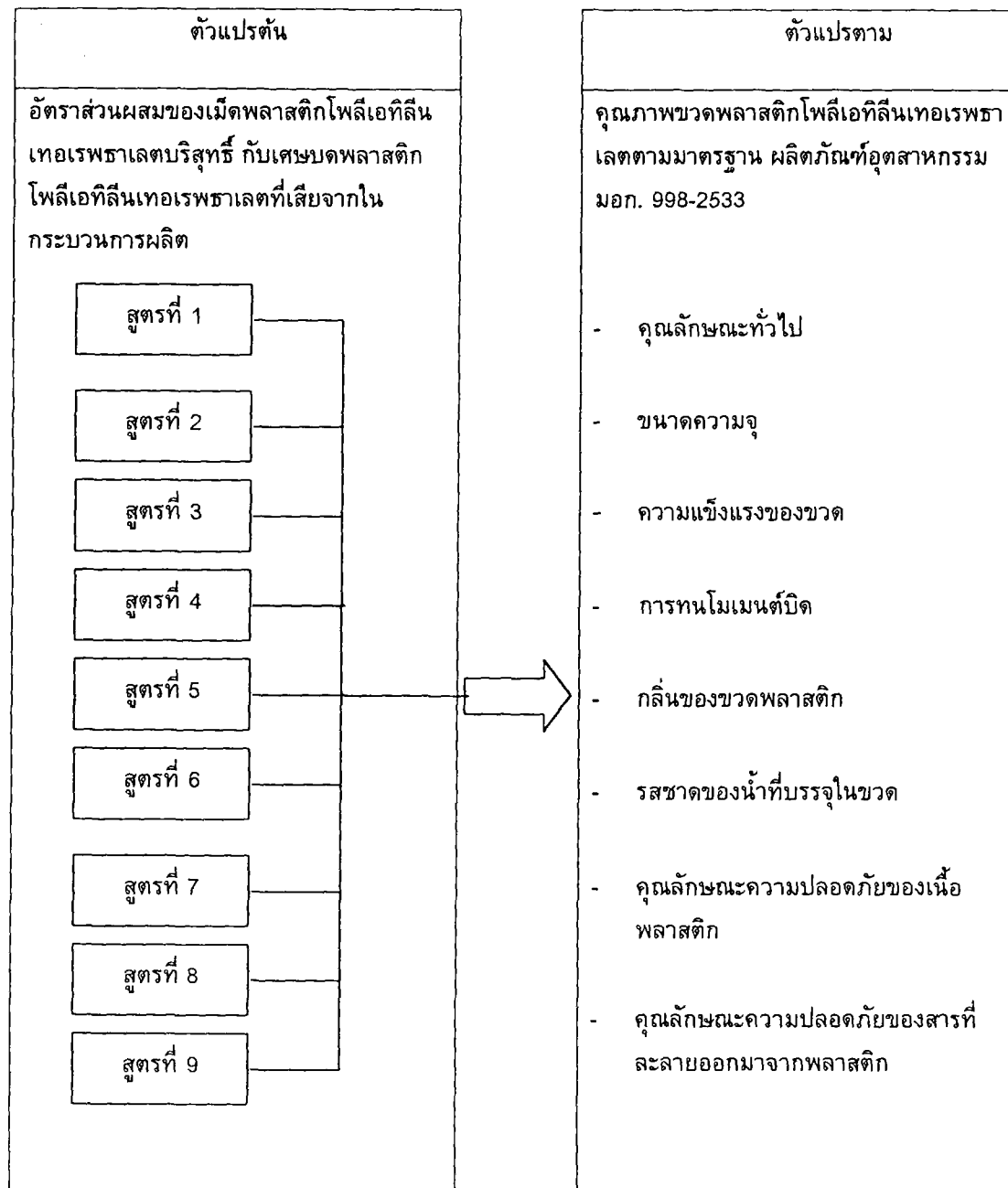
4.5 กลิ่นของขวดพลาสติก หมายถึง ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट ที่ทดสอบโดยทำความสะอาดด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เบนซิลแอลกอฮอล์ฟีนอลประมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก เขย่าเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที และทำความสะอาดด้วยน้ำจากนั้นเทน้ำทิ้งแล้วดมกลิ่นภายในขวด ต้องไม่มีกลิ่นรุนแรง

4.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดพลาสติก หมายถึง พลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट ที่ทดสอบโดยทำความสะอาดด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เบนซิลแอลกอฮอล์ฟีนอล เมื่อนำน้ำกลั่นใส่ขวดประมาณร้อยละ 80 ของความจุ 350 มิลลิลิตรแล้วชิม รสชาติของน้ำต้องไม่เปลี่ยน

4.7 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก หมายถึง การตรวจหาปริมาณตะกั่วและแคดเมียมต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

4.8. คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก หมายถึง การตรวจหาปริมาณของโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยาต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร สิ่งที่เหลือจากการระเหย ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โลหะหนัก ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ฟลวง ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร และสารเจอร์มาเนียม ต้องไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานงานวิจัย

เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ เมื่อนำมาผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้น แล้วนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต จะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) โดยที่มีอัตราส่วนเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ที่ผสมนั้นมากกว่าร้อยละ 50

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์และบรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยจึงศึกษาค้นคว้า รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องนี้ ไว้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก
2. การรีไซเคิล
3. โครงสร้างและคุณสมบัติทั่วไปของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต
4. กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (PET Resin)
5. กระบวนการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต
6. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998 – 2533) ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค
7. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 656-2533 (มอก. 656 – 2529) วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร
8. มาตรการและนโยบายของรัฐในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก

พลาสติก มาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า “พลาสติกกัส” ซึ่งหมายความว่า หล่อหรือหลอม เป็นรูปร่างได้ง่าย ทั้งนี้เพราะพลาสติกสามารถนำมาหล่อเป็นรูปต่าง ๆ ตามแบบโดยใช้ความร้อน และแรงอัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนนิยาม “พลาสติก” นั้น หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิดคือ คาร์บอน และไฮโดรเจน ซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น

พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ที่มีส่วนประกอบหลักของโมเลกุลย่อย ๆ ที่เรียกว่ามอนอเมอร์ (Monomer) อาจเหมือนกัน หรือต่างกันได้ มารวมกันให้มีน้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ เหมาะสมในการใช้งาน เมื่ออยู่ในสภาพเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะมีสถานะได้ทั้งอ่อนนิ่มและเป็นของแข็ง แต่ในขณะที่ผลิตหรือขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะมีสถานะเป็นของเหลวโดยการหลอมเหลวพลาสติกนั้น ดังนั้นพอลิเมอร์นี้จึงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ ขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์ที่นำมาใช้ทำปฏิกิริยากกล่าวคือหากให้มอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน จะได้โอลิเมอร์ แต่หากใช้มอนอเมอร์มากกว่า 1 ชนิด มาทำปฏิกิริยากันจะได้โคพอลิเมอร์ วัตถุประสงค์ในการผลิตโคพอลิเมอร์ก็เพื่อปรับปรุง หรือเพิ่มสมบัติบางประการให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การนำเอทิลีนมารวมกับไวนิลอะซิเตต ได้โคพอลิเมอร์ที่เรียกว่า เอทิลีน/ไวนิลอะซิเตต ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ทนต่อแรงกระแทกได้มากขึ้น การพิมพ์ติดแน่นได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับโอลิเมอร์พอลิเอทิลีน

หนึ่งพอลิเมอร์พลาสติกจะมีโครงสร้างทั้งลักษณะที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) คือการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ และ ลักษณะที่มีความเป็นผลึก (Crystal) คือการเรียงตัวอัดแน่นเป็นระเบียบ หรือมีเพียงลักษณะ

อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์นั้น โครงสร้างนี้ทำให้พอลิเมอร์มีสมบัติไม่เหมือนกัน และการนำไปใช้งานก็แตกต่างกันไปด้วย

ชนิดของพลาสติก

พลาสติกอาจจำแนกชนิดทางการได้ 3 ชนิด คือ

1. พลาสติกธรรมดาทั่วไป (Commodity plastic) มีราคาไม่สูงนัก ขึ้นรูปง่าย มีสมบัติเชิงกลและทางเคมีในระดับปานกลาง หาได้ง่าย เช่น พอลิโพรพิลีน, พอลิเอทิลีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น

2. พลาสติกชนิดพิเศษ (Specialty plastic) ใช้กับงานเฉพาะอย่าง เช่น เทฟลอน (Teflon) เป็นต้น

3. พลาสติกวิศวกรรม (Engineering plastic) มีราคาสูง แต่มีสมบัติทางกลที่ดีมาก ทนทานต่อความร้อนได้สูง ใช้กับงานด้านวิศวกรรม เช่น พอลิคาร์บอเนต ไนลอน และเอบีเอส เป็นต้น

นอกจากนี้พลาสติกยังอาจแบ่งประเภทตามคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อนได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หมายถึง พลาสติกที่มีสมบัติอ่อนตัวได้เมื่อได้รับความร้อน และกลับเป็นสภาพเดิมได้เมื่อเย็นลง จึงสามารถนำมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากความร้อนไม่ทำให้โครงสร้างของพลาสติกเปลี่ยนแปลงไป

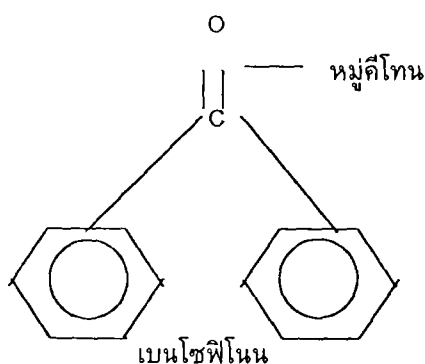
2. เทอร์โมเซต (Thermoset) หมายถึง พลาสติกซึ่งเมื่อขึ้นรูปโดยใช้ความร้อนและความดันแล้ว ไม่อ่อนตัวได้อีก จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากความร้อนทำให้โครงสร้างของพลาสติกเปลี่ยนแปลงไป จะเห็นว่าการที่สมบัติของพลาสติกแตกต่างกันได้นั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 ประการด้วยกัน คือ โครงสร้างทางเคมี รูปร่างของโมเลกุล ความเป็นผลึก และขนาดหรือน้ำหนักของโมเลกุล ดังนั้นการเลือกใช้เม็ดพลาสติกเพื่อการหีบห่อจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบเหล่านี้ รวมทั้งศึกษาถึงข้อกำหนด และคุณสมบัติที่สัมพันธ์กันของเม็ดพลาสติกด้วย เช่น ความเป็นผลึกของพลาสติก มักกำหนดเป็นค่าความหนาแน่น พลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงย่อมหมายถึงมีความเป็นผลึกสูง ส่งผลให้มีความแข็งแรงในการต้านแรงดึงและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี แต่จะทนแรงกระแทกและสภาวะแวดล้อมได้ต่ำ ส่วนขนาดหรือน้ำหนักของโมเลกุลนั้นมักกำหนดเป็นค่าของดัชนีการไหล (Melt index) ถ้าดัชนีการไหลของเม็ดพลาสติกมีค่าต่ำย่อมแสดงว่าพลาสติกนั้นมีขนาดของโมเลกุลใหญ่ ซึ่งส่งผลให้สามารถทนทานต่อแรงกระแทกและสภาวะแวดล้อมได้ดี และยังป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดีเช่นกัน แต่ในทางตรงกันข้ามจะสามารถขึ้นรูปในการผลิตได้ยากและในการย่อยสลาย พลาสติกสามารถสลายตัวตามธรรมชาติ แบ่งออกได้ 2 ชนิด ดังนี้

1. พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Plastic) ปกติพลาสติกจะใช้เวลาในการสลายตัวนานมาก ทำให้เกิดปัญหาเรื่องการจัดหาสถานที่เก็บซากพลาสติกใช้แล้ว ดังนั้นจึงมีการคิดค้นพลาสติกที่สามารถสลายตัวเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้รวดเร็วขึ้น วิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือ การผสม (Blend) หรือเชื่อมต่อ (Graft) สารตามธรรมชาติที่สามารถสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็วเข้ากับพอลิเมอร์ที่สลายตัวยาก หรือเติมสารที่ช่วยเร่งให้เกิดการสลายตัวแล้วจึงขึ้นรูปเป็นชิ้นงานพลาสติก เมื่อผู้บริโภคใช้พลาสติกดังกล่าว แล้วทิ้งสิ่งมีชีวิตรเล็กๆ ตามพื้นดินหรือน้ำ เช่น แบคทีเรีย รา (Fungi) สาหร่ายเซลล์เดียว (Algae) และยีสต์ เป็นต้น จะย่อยส่วนที่สลายตัวได้ง่ายที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อพลาสติกเช่น แป้งข้าวโพด เป็นต้น เพื่อเป็นอาหารและได้เป็นพลาสติกชิ้นเล็กๆ กับสารประกอบทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ มีเทน และอื่น ๆ เรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า ไบโอดีเกรเดเบิลพลาสติก (Biodegradable plastic) หรือพลาสติกที่

ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีนผสมแป้งข้าวโพดที่ใช้ผลิตเป็นถุงแม้ว่าแป้งข้าวโพดจะมีข้อดีหลายประการคือ มีราคาถูก ย่อยสลายได้ดีมาก ทนอุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียสก็ตาม พลาสติกที่ได้จะแข็งแรงน้อยกว่าพลาสติกที่ผลิตมาจากพอลิเมอร์ที่ไม่ผสมแป้ง ตัวอย่างพอลิเมอร์อื่นที่นิยมนำมาผลิตเป็นไบโอดีเกรเดเบิลพลาสติก ได้แก่ พอลิคาโปรแลกโทน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิแลกติกแอซิด เป็นต้น สำหรับตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติก ประเภทนี้นอกจากใช้ผลิตเป็นถุงแล้ว ยังใช้ผลิตฟิล์มที่ใช้ในการเกษตร และผ้าอ้อม เป็นต้น

2. พลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยแสง (Photodegradable plastic) เราอาจพบคำว่า UV Degradable Bag ปรากฏอยู่บนถุงหิ้วพลาสติกของห้างสรรพสินค้า ซึ่งหมายความว่า พลาสติกชนิดนี้สามารถสลายตัวโดยรังสียูวีด้วยการออกซิเดชัน เรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า โฟโตดีเกรเดเบิลพลาสติก (Photodegradable plastic) หรือพลาสติกที่ย่อยสลายตัวด้วยแสง ต่อมามีการพัฒนาเพื่อให้สามารถควบคุมและทำนายอัตราการสลายตัวได้ จึงนำมาประยุกต์ใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ได้ ปัจจุบันมักใช้วิธีผลิตพอลิเมอร์โดยใช้มอนอเมอร์ที่มีหมู่คีโตนเป็นองค์ประกอบทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ทั่วไป เช่น เอทิลีน และสไตรีน เป็นต้น

หมู่คีโตน ($C=O$) จะเป็นส่วนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสง เมื่อผู้บริโภคใช้พลาสติกดังกล่าวแล้ว หมู่คีโตนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อพลาสติกจะดูดซับพลังงานแสงไม่ว่าจะในที่ร่ม หรือโดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่กลางแจ้งแล้วจึงเกิดออกซิเดชัน พลาสติกสลายตัว โดยมีลักษณะเป็นรูพรุน แยกพลาสติกให้มีขนาดชิ้นเล็กลง ช่วงเวลาของการสลายตัวหรือการเกิดออกซิเดชันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของมอนอเมอร์ ชนิดของสารที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชันด้วยแสง ระดับพลังงานของแสงที่สัมผัสกับพลาสติก และขนาดพื้นที่ของพลาสติกที่ได้รับแสง เป็นต้น ตัวอย่างอื่นของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ ถุงเพาะชำ เป็นต้น

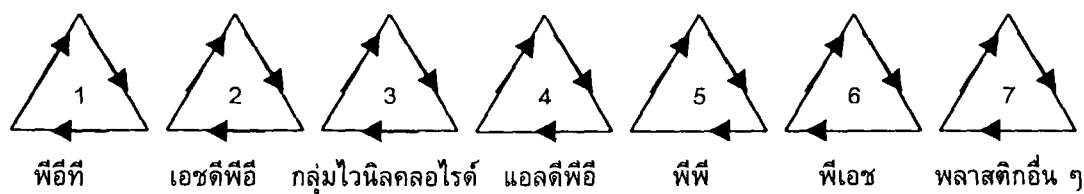


ภาพประกอบ 2 หมู่คีโตนที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชัน (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก, 2542 : 16)

2. การรีไซเคิลพลาสติก (Plastic Recycling)

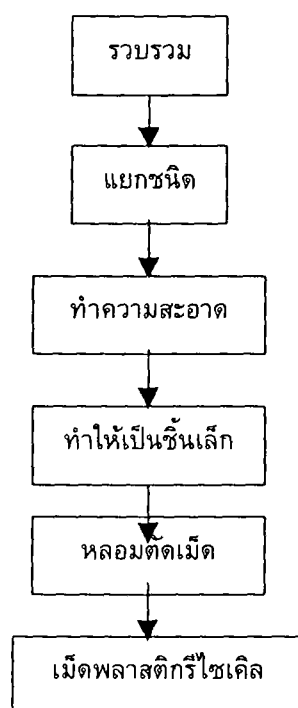
การจัดการพลาสติกที่ใช้แล้วหรือที่เรียกกันว่าขยะพลาสติกมีหลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันก็คือ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิล (Recycle) การรีไซเคิลพลาสติก มีข้อดีหลายประการคือ ช่วยประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด แต่เนื่องจากขยะพลาสติกจะประกอบไปด้วยพลาสติกหลายชนิด จึงมีการกำหนดสัญลักษณ์และตัวเลขแสดงชนิดพลาสติกไว้บนภาชนะเพื่อความสะดวกในการแยก

พลาสติกแต่ละชนิดออกจากกัน ลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ประกอบจากลูกศรสามเส้น มีตัวเลขอยู่ตรงกลางสามเหลี่ยม ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 สัญลักษณ์ของพลาสติกประเภทต่างๆ (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก. 2542 : 14)

การรีไซเคิลพลาสติกทำได้หลายวิธีได้แก่ การเปลี่ยนกลับไปเป็นมอนอเมอร์ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกการเผาให้ได้เป็นพลังงาน หรือการนำมาหลอมใหม่ ซึ่งวิธีนี้เป็นที่นิยมมากในประเทศไทย

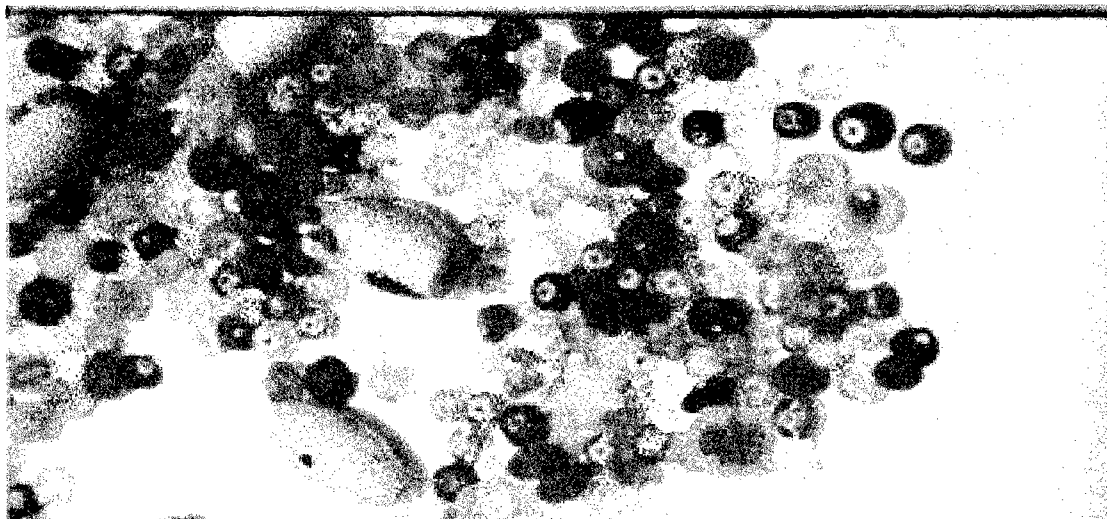


ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการทำเม็ดพลาสติกรีไซเคิล (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก. 2542 : 10)

การจัดการกับเม็ดพลาสติก PET ที่ใช้แล้ว

พลาสติก Polyethylene Terephthalate (PET) สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หลาย ๆ รูปแบบ ยกตัวอย่าง เช่น สมาคม Society of Plastics Engineers Inc. ในอเมริกา รายงานในเว็บไซต์ของสมาคมว่า ผู้ผลิตสินค้าแฟชั่นชั้นนำ อาทิเช่น Reebok , LL.Bean , Lands End, Bass , Lee Jeans, Code Bleu และ Patagonia กำลังนิยมใช้พลาสติก PET รีไซเคิลในการผลิตรองเท้า และเครื่องแต่งกาย รวมทั้งเสื้อผ้า ซึ่งนับเป็นข่าวดีสำหรับวงการอุตสาหกรรมพลาสติก PET รีไซเคิล สามารถคืนรูปเป็นโพลีเอสเตอร์ ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็น

ผ้าได้ และโพลีเอสเตอร์ที่ผลิตจาก PET มีราคาถูกกว่า นอกจากนี้การใช้พลาสติกรีไซเคิลยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผู้ผลิตสินค้า และผ้าที่นำมาจาก PET รีไซเคิลนั้นมีคุณสมบัติคล้ายผ้าที่ผลิตขึ้นจากฝ้ายผสม โพลีเอสเตอร์สามารถระบายอากาศได้เหมือนฝ้าย แต่มีความคงทนและยับยาก และขวดPETที่ใช้แล้วสามารถนำรีไซเคิลมาเป็นรูปเครื่องประดับที่สวยงามได้ ดังภาพประกอบ 5 และนำไปทำพรมนุ่มผืนสวยดังภาพประกอบ 6



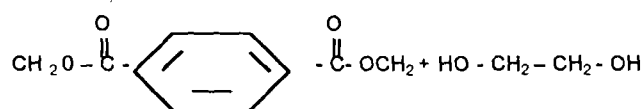
ภาพประกอบ 5 ขวด PET นำมารีไซเคิลเป็นเครื่องประดับ



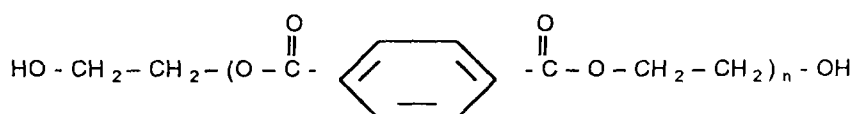
ภาพประกอบ 6 ขวด PET นำมารีไซเคิลเป็นพรม

โครงสร้างและคุณสมบัติทั่วไปของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต (Structure and General properties of PET)

พลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตสำหรับใช้ในการฉีดและเป่าขวดเป็นเทอร์โมพลาสติกที่ได้มาจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างทีพีเอ (Terephthalic Acid) และเอทิลีน กรีโกล (Ethylene Glycol) ตามโครงสร้างทางเคมีดังนี้



สารเคมีทั้งสองชนิดนี้ถูกนำมาผ่านขบวนการความร้อน (Polycondensation) จึงสามารถกำจัดสารเมทานอลในรูปของกรีโกล (Glycol) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ได้มาจากปฏิกิริยาของกรดทีพีเอ (Terephthalic Acid)



จากโครงสร้างแนวดตรงมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม จึงได้คุณสมบัติที่ดีทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบ PET ตัวอย่างคุณสมบัติที่โดดเด่นของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตที่ใช้สำหรับการผลิตขวด PET มีดังนี้คือ

1. มีความใสและเป็นเงา (Clarity and Gloss)
2. เหนียวและทนทาน ทนต่อการตกกระแทก (Toughness and impact resistance)
3. ทนต่อสารเคมี (Chemical resistance)
4. สกัตกั้นก๊าซต่างๆได้ดี (Low gas permeation)
5. มีโครงสร้างที่ดีและแข็งแรง (Good dimensional stability)

ข้อได้เปรียบประการสำคัญของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตคือน้ำหนักเบากว่าแก้วหรือวัสดุอื่นๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาก

ประวัติความเป็นมาและคุณสมบัติของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต (Polyethelene Terephthalate : PET)

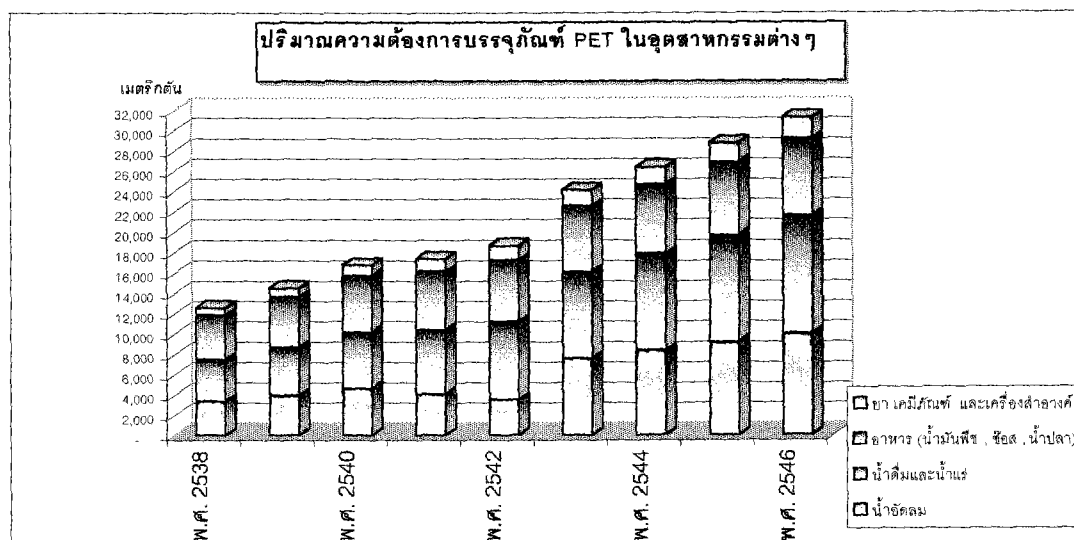
บรรพบุรุษขวดพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต หรือเรียกกันทั่วไปว่าPET เริ่มเป็นที่รู้จักและนำมาใช้เป็นบรรพบุรุษในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2513 โดยเริ่มจากการพัฒนาบรรพบุรุษใหม่ของบริษัทโคคาโคล่า และเป๊ปซี่โคล่า จากนั้นบรรพบุรุษขวด PET ก็ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สำหรับประเทศไทยขวด PET เริ่มเป็นที่รู้จักของผู้บริโภคในปี พ.ศ. 2530 โดยบริษัทเพชรแพค จำกัด เป็นรายแรกที่ผลิตขวด PET สำหรับบรรจุน้ำอัดลมให้กับบริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด ผู้ผลิตเครื่องดื่มโคคา โคล่า และ บริษัทเสริมสุข จำกัด ผู้ผลิตเครื่องดื่มเป๊ปซี่ โคล่าหลังจากนั้นได้มีผู้ผลิตขวด PET เพิ่มขึ้นจนถึงปัจจุบันปี พ.ศ. 2545 มีผู้ผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 40 กว่าราย และอุตสาหกรรมหลักที่นิยมใช้บรรพบุรุษขวด PET มีดังนี้คือ

1. อุตสาหกรรมน้ำอัดลม

2. อุตสาหกรรมน้ำดื่มและน้ำแร่
3. อุตสาหกรรมอาหาร (น้ำมันพืช , น้ำปลา , ซอส)
4. อุตสาหกรรมยา
5. อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ (ยาปราบศัตรูพืช , ยากำจัดแมลง)
6. อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ (แชมพู , โลชั่น , สบู่เหลว)
7. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (เหล้า , เบียร์ , ไวน์)

บรรจุภัณฑ์ขวด PET ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆซึ่งแสดงในภาพประกอบ 4 ปริมาณความต้องการบรรจุภัณฑ์ขวด PET ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ขวด PET มีคุณสมบัติพิเศษที่ได้เปรียบบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดอื่นๆ ดังนี้

1. สามารถทนการเก็บแก๊ส CO_2 ได้มากกว่า 4 เท่า และป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆได้ดี
2. ทนการตกกระแทกได้ดี (Drop Impact) และรับน้ำหนักด้านบน (Top Load) ได้ดี ซึ่งง่ายต่อการจัดเก็บ
3. มีความใส ทำให้สินค้าดูน่าใช้
4. ไม่ทำให้รสชาติของสินค้าที่บรรจุเปลี่ยนไป
5. ปลอดภัยต่ออาหารที่สัมผัส (Food Contact) ได้รับการรับรองมาตรฐานการบรรจุอาหารและยาจาก Food Sanitation Law และ US FDA.
6. สกัดกันแก๊สได้ดีทำให้สามารถเก็บสินค้า และอาหารได้นานรองจากขวดแก้ว
7. น้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับแก้ว 1: 13
8. สามารถนำกลับมา Recycle ได้



ภาพประกอบ 7 ปริมาณความต้องการของบรรจุภัณฑ์ขวด PET ในอุตสาหกรรมต่างๆ (ศูนย์บรรจุภัณฑ์ไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2542 : 2-45)

คุณสมบัติของพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (Properties of PET Resin)

1. คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (Physical Properties)

	ค่าที่ได้
1.1 ความหนาแน่น (Density) ของพลาสติก (กรัม / มิลลิเมตร)	1.35 –1.4
1.2 ความชัดเจน (Clarity)	ใส
1.3 การซึมผ่านของน้ำ (Permeability to water vapor)	ปานกลาง
1.4 การซึมผ่านของออกซิเจน (Permeability to water oxygen)	ต่ำ
1.5 การซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ (Permeability to water carbondioxide)	ต่ำ
1.6 การทนต่อกรด (Resistance to acids)	พอใช้ได้
1.7 การทนต่อแอลกอฮอล์ (Resistance to alcohol)	ดี
1.8 การทนต่ออัลคาไลน์ (Resistance to alkalines)	ดีถึงดีมาก
1.9 การทนต่อน้ำมันแร่ (Resistance to mineral oil)	ดี
1.10 การทนต่อสารละลายที่เป็นส่วนผสม (Resistance to solvents)	ดี
1.11 การทนต่อความร้อน (Resistance to heat)	ไม่ดีถึงพอใช้
1.12 การทนต่อความเย็น (Resistance to cold)	ดี

2. คุณสมบัติในการสื่อความร้อน (Thermal properties)

2.1 จุดหลอมเหลว (Crystalline melting point ° F / ° C)	500/260
2.2 การให้ความร้อนโดยตรง	ค่าความเหนียวจะลดลง

3. คุณสมบัติในการทนสารเคมี (Chemical resistance)

3.1 แอลกอฮอล์ (Alcohols)	
3.1.1 มีทานอล (Methanol)	ทนทานได้
3.1.2 อีทานอล (Ethanol)	ทนทานได้
3.1.3 ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)	ทนได้ในบางสภาวะ
3.1.4 กรีโกล (Glycol)	ทนทานได้
3.1.5 กรีเซอรีน (Glycerin)	ทนทานได้
3.1.6 แบนซี่ 1 แอลกอฮอล์ (Banzy 1 Alcohol)	ทนได้ในบางสภาวะ
3.2 แอลดีไฮด์ (Aldehydes)	
3.2.1 อะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	ทนทานได้
3.2.2 ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ทนทานได้
3.3 ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocabons)	
3.3.1 เบนซีน (Benzene)	ทนทานได้
3.3.2 โทลูอีน (Toluene)	ทนทานได้
3.3.3 ไซลีน (Xylene)	ทนทานได้
3.3.4 อลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbon)	ทนทานได้
3.3.5 ก๊าซโซลีน (Gasoline)	ทนทานได้
3.4 อีสเตอร์ (Ester)	
3.4.1 เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate)	ทนทานได้

3.5 สารประกอบอื่น ๆ (Other organic solvents)

3.5.1 อีเธอร์ (Ether)

ทนทานได้

3.5.2 อะซิโตน (Acetone)

ไม่ทนทาน

3.5.3 ไนโตรโซเบนซีน (Nitrosobenzene)

ไม่ทนทาน

3.5.4 ฟีนอล (Phenol)

ไม่ทนทาน

3.6 กรด (Acids)

3.6.1 กรดฟอร์มิก (Formic acid)

ทนทานได้

3.6.2 กรดอะซิติก (Acetic acid)

ทนทานได้

3.6.3 กรดไฮโดรคลอริก 10 % (Hydrochloric acid 10 %)

ไม่ทนทาน

3.6.4 กรดไฮโดรคลอริก 30 % (Hydrochloric acid 30 %)

ทนทานได้

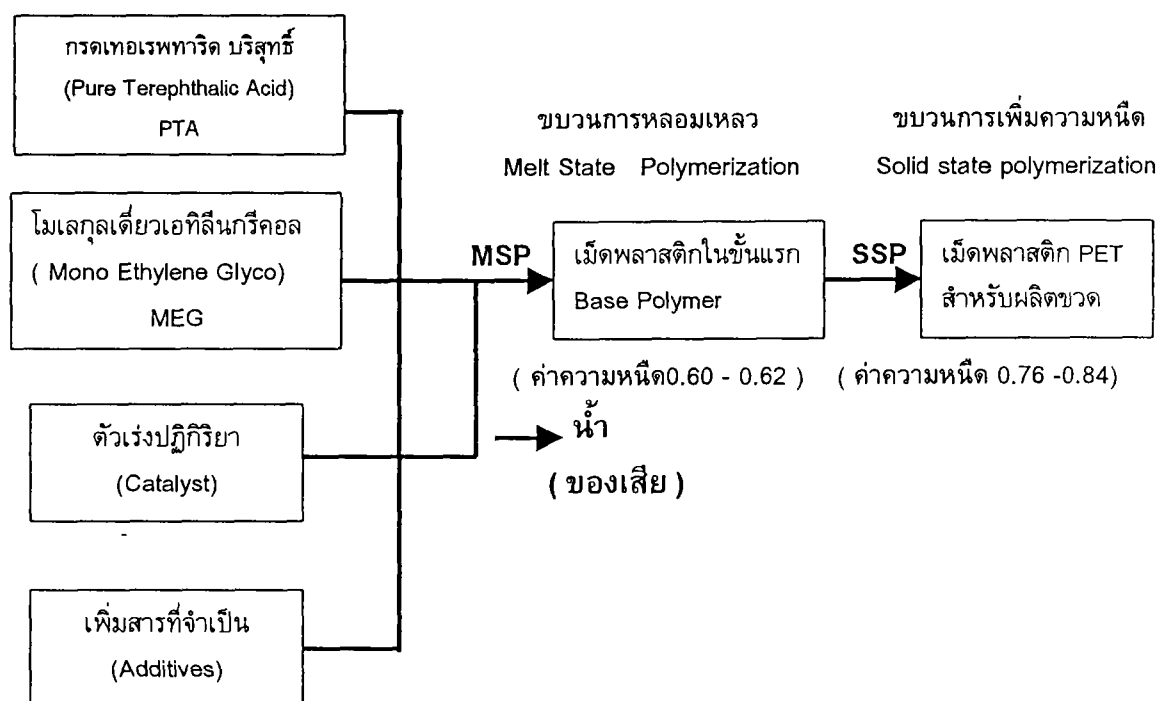
3.6.5 กรดไนตริก 10 % (Nitric acid 10 %)

ทนทานได้บางสภาวะ

3.6.6 กรดไนตริก 65 & 100 % (Nitric acid 65 & 100 %)

ไม่ทนทาน

4. กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (PET Resin)



ภาพประกอบ 8 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (Pet Resin)

ขั้นตอนการผลิตแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังภาพประกอบ 8 เป็นกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (Pet Resin) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ขบวนการ Continuous Liquid Polymerization (CP) เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแล้วนำมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยการใช้สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst Solution) มาผสมเกิดเป็นส่วนผสมที่ข้นเหนียว(Paste) แล้วจึงป้อนเข้าสู่ขบวนการ (Esterification) การนำส่ง PTAใช้ระบบPneumatic Conveying การนำส่ง EG จากถังเก็บโดยผ่านปั๊มและผ่านตัวกรอง ป้อนอย่างต่อเนื่องเข้าสู่ระบบการเตรียม Paste การนำส่ง IPA จากถังเก็บนำไปใสในถังเก็บ แล้วจึงป้อนเข้าสู่ระบบการเตรียม Paste

1.1 ขบวนการ Esterification คือการทำให้สารโมเลกุลเดี่ยว (Monomer) มาเกาะเป็นสารโมเลกุลสั้นๆ (Oligomer) พร้อมกับการเกิดน้ำจากปฏิกิริยาโดยขบวนการ Esterification ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ Esterification 1 และ Esterification 2 โดย Paste จะถูกนำส่งมาถึง Esterification 1 แล้วผ่านมายังถึง Esterification 2 การควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทำได้โดยการควบคุมความดัน อุณหภูมิและระยะเวลาที่สม่ำเสมอ น้ำที่ได้จากปฏิกิริยาจะระเหยไปพร้อมกับ EG และขับออกทางด้านบนของถังไปยังเครื่องแยก เพื่อนำ EG กลับมาใช้ใหม่

1.2 ขบวนการ Pre -Polycondensation คือการทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจาก (Esterification) เพื่อให้เกิดโมเลกุลยาวขึ้น โดยผ่าน Precondensation 2 ดังอย่างต่อเนื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาทำได้โดยการปรับควบคุม ความดัน อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสม EG จะระเหยออกจากถังและถูกทำให้ควบแน่นใน Jet Condensation เพื่อสามารถนำ EG มาใช้ใหม่

1.3 ขบวนการ Polymerization (หรือเรียกว่า Polycondensation) Product ที่ออกมาจากกระบวนการ Pre – Polycondensation จะถูกป้อนอย่างต่อเนื่องเข้าสู่ถึงปฏิกิริยา Polycondensation ซึ่งจะมีการกวนตัวภายในถังภาชนะสุญญากาศ เพื่อให้เกิดเป็น Polymer ตามต้องการ อัตราการเกิด Polycondensation วัดได้จากค่าความหนืด (Viscosity) โดยการควบคุมความดัน อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสม

1.4 ขบวนการ Chip Cutting คือ Polymer ซึ่งได้จากขบวนการ Polymerization จะถูกฉีดออกเป็นเส้นเล็ก ๆ (Strand) ผ่าน Cooling Plate ซึ่งถูกทำให้เย็นด้วยน้ำ เพื่อให้เกิดการแข็งตัว Polymer Strand จะถูกตัดโดยเครื่องตัดใต้น้ำ (Under Water Chip Cutter) ให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ เรียกว่า " UBL Chip " ซึ่งจะลำเลียงผ่านเครื่องสลัดน้ำเพื่อให้ผิวแห้ง และส่งไปยังขบวนการอื่นๆ ต่อไป

2. ขบวนการ Continuous Solid State Polymerization (CSP, SSP) วัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มความหนืด (Intrinsic Viscosity หรือ I.V.) ของ UBL Chip ซึ่งมี I.V. = 0.6 di / g ให้เป็น 0.8 – 0.84 di / g ซึ่งเหมาะสมในการผลิตเป็นขวด PET

2.1 ขบวนการ Precrystallizationเพื่อให้ผิวของ UBL Chip เริ่มเกิดผลึก (Crystallization) โดยวิธีใช้ความร้อนด้วย Nitrogen Gas (N₂) ซึ่งจะถูกส่งให้ไหลสวนทางกับ Base Polymer ขณะเดียวกันก็จะพัดพาเอาฝุ่นของ Base Polymer ออกมาด้วย ซึ่งฝุ่นผงจะถูกกำจัดออกด้วยระบบ Twincyclone

2.2 ขบวนการ Crystallization เพื่อให้เกิดผลึกที่ผิวของ UBL Chip โดยสมบูรณ์โดยผ่านเข้าเครื่อง Crystallization 2 ขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิของ Chip จะถูกทำให้สูงขึ้น โดยระบบ HTM และ HOT N₂ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า " Base Polymer "

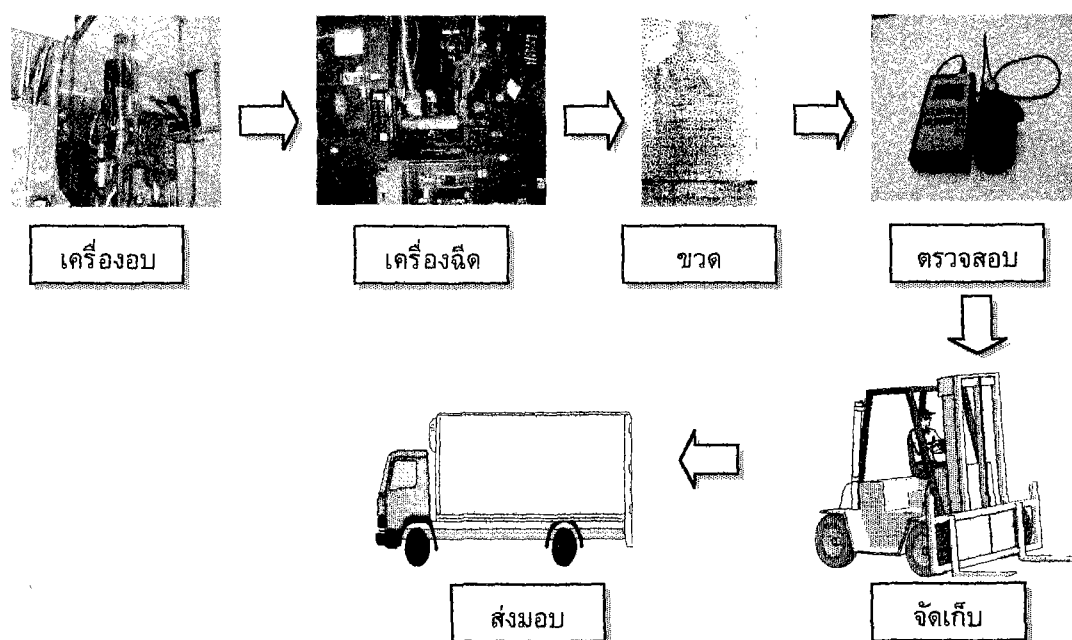
2.3 ขบวนการ Solid State Polymerization หรือ Post Polycondensation Base Polymer จะถูกทำให้ร้อนขึ้น โดย Hot Nitrogen ในถังปฏิกิริยา ซึ่งเป็นถังสูงประมาณ 19 เมตร โดย Chip จะค่อยๆ ไหล

จากด้านบนลงสู่ด้านล่างอย่างสม่ำเสมอส่วนทางกับ Nitrogen Gas I.V. ของ Chip จะค่อย ๆ สูงขึ้นจนได้ตามที่ต้องการเป็น PET Chip

2.4 ขบวนการ Chip Cooling และ Dedusting เพื่อลดอุณหภูมิของPET Chip โดยใช้ Cooled Nitrogen Gas ผ่าน Chip และเพื่อกำจัดฝุ่นออกจาก Chip ด้วย หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่ถังเก็บ (Buffer Tank) เพื่อตรวจสอบคุณภาพแล้วจึงส่งผ่านไปยัง Storage Silo เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยระบบซึ่งและบรรจุอัตโนมัติและเก็บในโกดัง ส่วน PET Chip ที่ไม่ได้คุณภาพจะถูกแยกเก็บต่างหาก และบรรจุถุงโดยใช้พนักงานควบคุมเครื่องบรรจุถุง (Manual Bagging)

5. การผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต (PET)

นำเม็ดพลาสติกมาอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิระหว่าง $160 - 170^{\circ}\text{C}$ ประมาณ 4 ชั่วโมงจากนั้นจะปล่อยให้เม็ดพลาสติกที่อบแห้งไหลเข้าสู่กรูของเครื่องฉีดเพื่อทำการฉีดเป็นหลอดพรีฟอร์ม ให้ได้ตามน้ำหนัก และขนาดปากขวดที่ต้องการโดยใช้อุณหภูมิในการฉีดประมาณ 280°C และใช้น้ำหล่อเป็นแม่พิมพ์ฉีดที่อุณหภูมิ 12°C พรีฟอร์มที่ฉีดมาแล้วจะวิ่งเข้าสู่กระบวนการเป่ายัดเพื่อให้ได้รูปแบบขวดตามลักษณะของแม่พิมพ์ซึ่งติดตั้งไว้แล้ว ในการเป่าขึ้นรูปขวดใช้แรงดันลมเป่าประมาณ 35-40 Bar หลังจากเป่าเป็นขวดแล้วเครื่องจักรจะส่งขวดลงไปที่ช่องทางออก ซึ่งจะมีการตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตาและทำการบรรจุลงในภาชนะเพื่อบรรจุหีบห่อเมื่อผ่านขั้นตอนการตรวจสอบอย่างละเอียดแล้ว จะมีเอกสารกำกับชื่อผลิตภัณฑ์จำนวน และวันที่ผลิตซึ่งบ่งไว้อย่างชัดเจน แล้วจึงส่งขวดเข้าเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป ดังแสดงในภาพประกอบ 9 กระบวนการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต

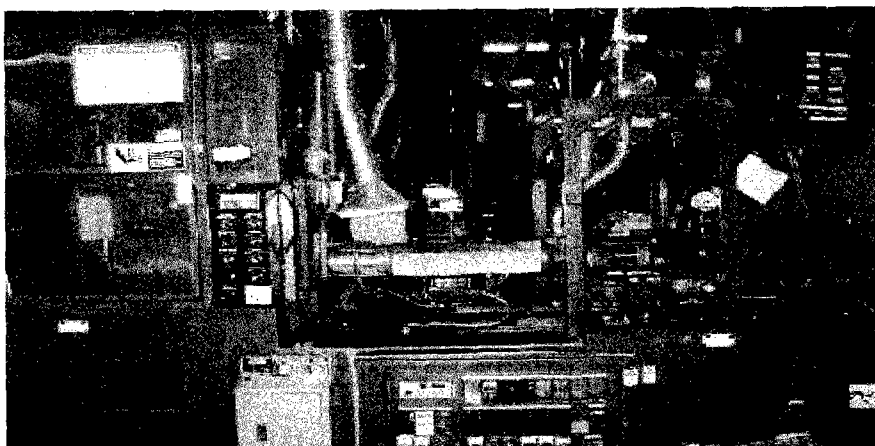


ภาพประกอบ 9 กระบวนการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต (สุภาพ วงษ์จินดา สัมภาษณ์ 2545)

เครื่องฉีดและเป่าขวดพลาสติก ASB – 50 II (H)

เครื่องฉีดและเป่าพลาสติก (Single - Stage Machine) เป็นของบริษัท นิสเซ่ ประเทศญี่ปุ่น รุ่น ASB – 50 II (H) ดังภาพประกอบ 10 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

1. ชุดฉีด (Injection Unit)	
1.1 ขนาดหัวฉีด (Screw Diameter)	32 มิลลิเมตร
1.2 ความสามารถในการฉีด (Injection Capacity)	113.4 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อการฉีด 1 ครั้ง
1.3 อัตราในการฉีด (Injection Rate)	114.4 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที
1.4 แรงดันในการฉีด (Injection Pressure)	1305 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
1.5 จำนวนของพลาสติก (Plasticizing Capacity)	1305 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
1.6 ระยะหัวฉีด (Screw Stroke)	100 มิลลิเมตร
1.7 ความเร็วในการฉีด (Screw Speed)	0-208 PM
2. ตำแหน่งการฉีด (Injection Station)	
2.1 แรงในการปิดด้านบน (Clamping Force, Upper)	5400 กิโลกรัม
2.2 แรงในการปิดด้านล่าง (Clamping Force , Lower)	5400 กิโลกรัม
2.3 ระยะการปิดด้านบน (Clamping Stroke , Upper)	250 มิลลิเมตร
2.4 ระยะการปิดด้านล่าง (Clamping Stroke , Lower)	205 มิลลิเมตร
3. ตำแหน่งการให้ความร้อน (Heating Station)	
3.1 ระยะการให้ความร้อน (Heating Core Stroke)	200 มิลลิเมตร
3.2 ขนาดกระบอกชุดให้ความร้อน (Heating Core Cylinder)	40 มิลลิเมตร
3.3 ระยะการฉีด (Heating Pot Stroke)	120 มิลลิเมตร
3.4 ขนาดของ (Heating Pot Cylinder Diameter)	40 มิลลิเมตร
3.5 จำนวนชุดให้ความร้อน (Number Of Heating Zone)	3 ชุด
3.6 ระยะการให้ความร้อน (Heating Core Stroke)	200 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 10 เครื่องฉีดและเป่าขวดพลาสติก ASB – 50 II (H)

การทำงานของเครื่องฉีดและเป่าขวดพลาสติก ASB – 50II (H)

ขั้นตอนที่ 1 นำเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटใส่ใน Silo ทำการอบเพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ในเม็ดพลาสติก ซึ่งถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้ขวดที่ผลิตออกมามีลักษณะขาวขุ่น ไม่ใส อุณหภูมิที่ใช้ในการอบประมาณ $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ใช้เวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 ทำการฉีดพรีฟอร์มและเป่าเป็นขวดตามรูปร่างแม่พิมพ์โดยที่อุณหภูมิ Barrel $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิ Hot Runner $290\text{ }^{\circ}\text{C}$

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อผลิตออกมาเป็นขวดแล้ว ทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกทั่วไป ความใสของขวด ความหนาบางของขวด ทดสอบความแข็งแรงของขวด เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ทำการบรรจุใส่ถุงเพื่อจัดเก็บ และส่งให้ลูกค้าต่อไป

6.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก. 998 – 2533) ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

ปัจจุบันมีการใช้ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภคอย่างแพร่หลาย เพราะมีน้ำหนักเบา ราคาถูก เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทพลาสติก สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังนี้

6.1 ขอบข่าย

6.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชนิด ขนาด วัสดุ คุณสมบัติที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมาย และฉลาก การชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

6.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงกระติกน้ำพลาสติก

6.2 บทนิยาม มีความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

6.2.1 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "ภาชนะพลาสติก" หมายถึงภาชนะที่ทำด้วยพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน โพลีโพรลีน โพลีไวนิลคลอไรด์ โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट หรือโพลีคาร์บอเนต ที่มีฝาปิดได้สนิท ใช้บรรจุน้ำบริโภค

6.2.2 ความจุระบุ (nominal capacity) หมายถึง ปริมาตรสูงสุดที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน

6.3 ภาชนะพลาสติกแบ่งตามชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำออกเป็น 5 ชนิด คือ

6.3.1 โพลีเอทิลีน (PE)

6.3.2 โพลีโพรลีน (PP)

6.3.3 โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

6.3.4 โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट (PET)

6.3.5 โพลีคาร์บอเนต (PC)

6.4 ขนาด

6.4.1 ความจุระบุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลากโดยความจุระบุที่แนะนำได้แก่ 0.5, 1, 2 และ 20 ลูกบาศก์เดซิเมตร การทดสอบให้ทำโดยการบรรจุน้ำให้ถึงขีดปริมาตร แล้ววัดปริมาตรที่อุณหภูมิห้อง

6.5 วัสดุ

6.5.1 ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำภาชนะพลาสติกต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากการ

ทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหารมาตรฐานเลขที่ มอก. 656-2529

6.6 คุณลักษณะที่ต้องการ

6.6.1 ลักษณะทั่วไป

6.6.1.1 ตัวภาชนะพลาสติกและฝาต้องสะอาด เนื้อพลาสติกต้องปราศจากตำหนิที่เกิดจากสิ่งแปลกปลอม เช่น จุดสีดำ รอยบวม ฟองอากาศ

6.6.1.2 สีของหมึกพิมพ์ที่ภาชนะพลาสติก (ถ้ามี) ต้องชัดเจน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.6.2 กลิ่นและรส

เมื่อทดสอบตามแล้ว ต้องไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำต้องไม่เปลี่ยนไป

6.6.3 ความทนโมเมนต์บิด (เฉพาะภาชนะพลาสติกมีฝาเกลียว) เมื่อทดสอบตามข้อ 10.2 แล้ว ปากภาชนะและฝาต้องไม่แตก

6.6.4 การรั่วซึม (เฉพาะภาชนะพลาสติกความจุ 5 ลูกบาศก์เดซิเมตรขึ้นไป) เมื่อทดสอบตามข้อ 6.10.3 แล้วต้องไม่รั่วซึม

6.6.5 ความทนทานต่อการตกกระแทก (เฉพาะภาชนะพลาสติก ความจุ 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร ขึ้นไป) เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 แล้ว ต้องไม่แตก รั่ว หรือรั่วซึม

6.6.6 คุณสมบัติด้านความปลอดภัย

6.6.6.1 สีที่ละลายออกมา เมื่อทดสอบตามข้อ 10.5 แล้ว สารละลายที่ได้ต้องไม่มีสี

6.6.6.2 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตาราง 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 656-2529

ตาราง 1 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

2533 : 4)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม			
		โพลีเอทิลีน และ โพลีโพรพิลีน	โพลีไวนิล คลอไรด์	โพลีเอทิลีน เทอเรพธาลेट	โพลี คาร์บอเนต
1	ตะกั่ว	100	100	100	100
2	แคดเมียม	100	100	100	100
3	ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์	-	1	-	-
4	สารประกอบไดบิวทิลทิน	-	50	-	-
5	เอสเทอร์ของกรดคลอรีนอล- ฟอสฟอริก	-	1000	-	-

6.6.6.3 สารที่ละลายออกมาพลาสติก ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 656-2529

ตาราง 2 สารที่ละลายออกมาจากพลาสติก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533 : 3)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	ตัวทำละลาย	เกณฑ์ที่กำหนด			
			มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย			
			โพลีเอทิลีน และ โพลีโพรพิลีน	โพลีไวนิล คลอไรด์	โพลีเอทิลีน เทอแรพธา เลต	โพลี คาร์บอนเนต
1	โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำ ปฏิกิริยา	น้ำ	10	10	10	10
2	สิ่งที่เหลือจากการ ระเหย		30	30	30	30
3	โลหะหนัก (เทียบ เป็นตะกั่ว)	สารละลายกรดแอสซิติกร้อยละ 4 โดย ปริมาตร	1	1	1	1
4	ฟลวง		-	-	0.05	-
5	เจอร์เมเนียม		-	-	0.10	-

6.7 การบรรจุ

6.7.1 หากมิได้ตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่น ให้บรรจุภาชนะพลาสติกที่ปิดฝาสนิทในหีบห่อที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง และเก็บรักษา

6.8 เครื่องหมายและฉลาก

6.8.1 ที่ภาชนะพลาสติกทุกใบหรือหีบห่อบรรจุภาชนะพลาสติกทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

6.8.1.1 ชนิด

6.8.1.2 ความจุระบุ เป็นลูกบาศก์เดซิเมตร

6.8.1.3 กรณีที่ไม่ได้ทำจากพลาสติกที่ทนความร้อนสูงกว่า 95 องศาเซลเซียสขึ้นไป ให้มีคำเตือนว่า “ห้ามใช้บรรจุของร้อน”

6.8.1.4 รหัสรุ่นที่ทำ

6.8.1.5 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

6.8.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตร-

ฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว และต้องแสดงไว้ที่กันภาชนะพลาสติก

6.9 การชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน

6.9.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ภาชนะพลาสติกชนิดเดียวกัน มีความจุระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบ หรือ ชื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

6.9.2 การชักตัวอย่าง และการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

6.9.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด ลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมาย และฉลาก

6.9.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด ลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

6.9.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 6.4.1 ข้อ 6.1 ข้อ 6.7 และข้อ 6.8 ในแต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าภาชนะพลาสติกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด ลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมาย และฉลาก

ขนาดรุ่น ใบ	ขนาดตัวอย่าง ใบ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 1 200	3	0
1 201 ขึ้นไป	13	1

6.9.2.2 การชักอย่าง และการยอมรับสำหรับการทดสอบวัสดุ กลิ่นและรส และคุณสมบัติด้านความปลอดภัย

6.9.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 6 ใบ เพื่อทดสอบวัสดุ กลิ่นและรส และคุณสมบัติด้านความปลอดภัย ตามลำดับ

6.9.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.5.1 ข้อ 6.2 และข้อ 6.6.6 จึงจะถือว่าภาชนะพลาสติกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.9.2.3 การชักตัวอย่าง และการยอมรับสำหรับการทดสอบความทนโมเมนต์บิด การรั่วซึม และความทนทานต่อการตกกระแทก

6.9.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 6 ใบ เพื่อใช้ทดสอบรายการละ 2 ใบ

6.9.2.3.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.6.3 ข้อ 6.6.4 และข้อ 6.6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าภาชนะพลาสติกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.9.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างภาชนะพลาสติกต้องเป็นไปตามข้อ 6.9.2.1.2 ข้อ 6.9.2.2.2 และข้อ 6.9.2.3.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าภาชนะพลาสติกรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

6.10 การทดสอบหากลมได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส และน้ำที่ใช้ในการทดสอบต้องมีอุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส

6.10.1 กลิ่นและรสชาติของผู้ตรวจสอบจำนวน 5 คน แต่ละคนแยกกันตรวจ และให้ข้อคิดเห็นโดยอิสระ

6.10.1.1 วิธีทดสอบ

6.10.1.1.1 ทำความสะอาดตัวอย่าง โดยใส่สารละลายโซเดียมไดเตลเบนซีน-ซัลโฟเนตประมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก เขย่าเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และทำความสะอาดอีกครั้งด้วยน้ำเพน้าทิ้ง แล้วให้คณะผู้ตรวจสอบดมกลิ่นภายในตัวอย่าง

6.10.1.1.2 เติมน้ำกลั่นลงในตัวอย่างประมาณร้อยละ 80 ของความจุระบุ ปิดฝาให้แน่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วให้คณะผู้ตรวจสอบตรวจดูว่าน้ำมีรสชาติเปลี่ยนไปหรือไม่

6.10.1.2 เกณฑ์ตัดสินให้ยึดถือเอาข้อคิดเห็นที่ตรงกันของคณะผู้ตรวจสอบอย่างน้อย 3 คน

6.10.2 ความทนโมเมนต์บิด (เฉพาะภาชนะพลาสติกมีฝาเกลียว) ปิดฝาดตัวอย่างให้แน่น โดยใช้โมเมนต์บิดตามตารางที่ 4 นำไปตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจพินิจ

6.10.3 การรั่วซึม (เฉพาะภาชนะพลาสติก ความจุ 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร ขึ้นไป) ใส่น้ำลงในตัวอย่างให้มีปริมาตรเท่ากับความจุระบุ ปิดฝาให้แน่น คว่ำตัวอย่างไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจพินิจ

ตาราง 4 การทนโมเมนต์บิดในการปิดฝามีเกลียว (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533 : 6)

ความจุระบุ ลูกบาศก์เดซิเมตร	โมเมนต์บิด นิวตันเมตร
ไม่เกิน 10	2.94
เกิน 10	3.92

6.10.4 ความทนทานต่อการตกกระแทก (เฉพาะภาชนะพลาสติก ความจุ 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร ขึ้นไป) ใส่น้ำลงในตัวอย่างให้เต็ม ปิดฝาให้แน่น ปลอยตัวอย่างให้ตกอย่างอิสระลงบนพื้นคอนกรีตจากระยะความสูง 120 เซนติเมตร โดยครั้งที่ 1 ให้ด้านก้นตัวอย่างตกลงบนพื้น และครั้งที่ 2 ให้ด้านข้างตัวอย่างตกลงบนพื้น แล้วนำมาตรวจพินิจ

6.10.5 สีที่ละลายออกมา

6.10.5.1 เครื่องมือ

6.10.5.1.1 อ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 60 ± 2 องศาเซลเซียส

6.10.5.1.2 บีกเกอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6.10.5.1.3 หลอดเนสส์เลอร์ ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6.10.6 การสกัดสารละลายตัวอย่างใส่สารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร ที่มีอุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส ลงในตัวอย่างที่แห้ง สะอาด และปราศจากฝุ่นละออง ประมาณร้อยละ 80 ของ

ความจรรยา ปิดฝาให้แน่น นำไปวางในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เทสารละลายที่ได้ลงในบีกเกอร์

6.10.7 วิธีทดสอบใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในหลอดเนสส์เลอร์ ตั้งหลอดเนสส์เลอร์ไว้บนพื้นสีขาว แล้วเทียบสีกับสารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร โดยมองจากด้านบนของหลอด

7. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 656-2529 (มอก.656-2529) วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร

7.1 ขอบข่าย

7.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกซึ่งจะสัมผัสกับอาหาร ในเรื่องชนิดของพลาสติก ปริมาณสารที่ละลายออกมา และเนื้อพลาสติก

7.2 บทนิยาม

7.2.1 พลาสติก หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์สังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เกิดจากโพลิเมอร์หรือคอนเดนเซชัน หรือได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมีซึ่งสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์พลาสติกให้เป็นรูปร่าง ลักษณะ และขนาดตามต้องการ

7.3. วิธีวิเคราะห์ชนิดของพลาสติก

7.3.1 เครื่องมือ

7.3.1.1 อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดรังสีที่ครอบคลุมช่วงเลขคลื่น (wave number) ระหว่าง 4000 – 400 ส่วนกลับของเซนติเมตร (reciprocal centimetre, cm^{-1})

7.3.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

7.3.2.1 กรณีที่เป็นฟิล์มพลาสติก ให้ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดพอเหมาะใส่ลงในเซลล์สำหรับใส่ตัวอย่าง (sample cell)

7.3.2.2 กรณีที่เป็นเนื้อพลาสติกหนาขนาดแสงอินฟราเรดผ่านไม่ได้ ทำให้พลาสติกบางลงโดยใช้วิธีอัดขณะร้อน (HOT PRESSING) หรือใช้สารละลายที่เหมาะสม ละลายชิ้นตัวอย่างให้บางลง แล้วนำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1

7.3.2.3 กรณีที่พลาสติกหนามาก และไม่สามารถทำตามวิธีในข้อ 3.2.2. ให้ใช้วิธีเอทีอาร์ (attenuated total reflection, ART method) โดยตัดตัวอย่างเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดพอเหมาะจำนวน 2 ชิ้น แล้วนำไปประกบด้านหน้า และด้านหลังของแผ่นแคลเซียมโบรโมไอโอไดด์ (thallium bromo-iodide, KRS-5)

7.3.3 วิธีวิเคราะห์

7.3.3.1 ใส่ชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วลงในช่องสำหรับใส่ชิ้นทดสอบของอินฟราเรดสเปกโตรโฟมิเตอร์ ในกรณีที่เตรียมตัวอย่างตามข้อ 3.2.3 ให้ใช้แผ่นแคลเซียมโบรโม – ไอโอไดด์ ใส่ลงในอุปกรณ์สำหรับใส่แผ่น แล้วนำไปใส่ในช่องสำหรับใส่ชิ้นทดสอบ

7.3.3.2 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงออกมาเป็นกราฟ

7.3.3.3 เปรียบเทียบกราฟที่เกิดขึ้นจากพลาสติกที่เป็นชิ้นทดสอบกับกราฟของพลาสติก

มาตรฐาน

7.4 วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา

7.4.1 โฟแทสซีแอมเพอร์แมนูกาเนดที่ใช้ทำปฏิกิริยา

7.4.1.1 เครื่องมือ

7.4.1.1.1 เครื่องสกัดด้านใน (inside extractor apparatus) ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย

(1) แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร และหนา 10

มิลลิเมตร

(2) กระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม ที่มีปลายเปิดทั้งสองด้าน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 112.8 ± 0.1 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร และหนา 6 มิลลิเมตร

(3) แผ่นยาง สำหรับรองรับกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อกันรั่ว

(4) กระจก สำหรับปิดกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม

(5) แผ่นเหล็กสำหรับยึด หนา 6 มิลลิเมตร พร้อมหมุดเกลียวสำหรับขันยึดกับ

แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม หรืออาจใช้เครื่องมือหรือวิธีสกัดอื่นที่ให้ผลเทียบเท่ากัน

7.4.1.1.2 หลอดแก้วขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.4 เซนติเมตร พร้อมจุกแก้วที่ปิดได้สนิท

7.4.1.2 สารละลายและวิธีเตรียม

7.4.1.2.1 สารละลายกรดซัลฟูริก 1+2 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 2 ส่วน

7.4.1.2.2 สารละลายมาตรฐานโฟแทสซีแอมเพอร์แมนูกาเนด 0.002 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ละลายโฟแทสซีแอมเพอร์แมนูกาเนด 0.33 กรัมในน้ำกลั่น และทำให้ปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดสนิท ก่อนใช้ให้สอบเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลเลต

7.4.1.2.3 สารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลเลต 0.005 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ละลายอันไฮดรัสโซเดียมออกซาลเลต ซึ่งอบแห้งแล้ว 0.6700 กรัม ในน้ำกลั่น และทำให้ขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดได้สนิท เก็บไว้ได้ไม่เกิน 1 เดือน

7.4.1.3 การสกัดสารละลายตัวอย่าง ต้องให้อัตราส่วนของปริมาตรของตัวทำละลายต่อพื้นที่ผิวสัมผัสของตัวอย่างเป็น 2:1

7.4.1.3.1 กรณีที่ใช้เครื่องสกัด (ข้อ 1.1.3.1) ได้ เช่น ฟิล์มพลาสติกภาชนะแบนตัดตัวอย่างกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร หรืออย่างน้อยมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม แล้ววางลงบนแผ่นยางซึ่งอยู่บนแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทับตัวอย่าง ใส่ น้ำกลั่นร้อน 60 องศาเซลเซียส จำนวน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม ปิดด้วยกระจกแล้วยึดให้แน่น แฉลงในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เขย่าหรือคนบ่อยๆ ทั้งให้เย็น แล้วนำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ ไปวิเคราะห์ต่อไป

7.4.1.3.2 กรณีที่ใช้เครื่องสกัดไม่ได้ เช่น ภาชนะรูปร่างต่างๆ ตะเกียบ ช้อน ส้อม ให้ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เช่น หลอดแก้ว (ข้อ 7.4.1.1.2) สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หรือเติมน้ำกลั่นร้อน 60 องศาเซลเซียสลงในตัวอย่าง หรือแช่ตัวอย่างลงในน้ำกลั่น 30 นาที โดยมีปริมาตรของน้ำกลั่นร้อน 60 องศาเซลเซียส 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสของตัวอย่าง 1 ตารางเซนติเมตร และเขย่าหรือคน

บ่อยๆ เพื่อให้ น้ำกลั่นร้อนสัมผัสผิวตัวอย่าง อย่างทั่วถึง

7.4.1.4 วิธีวิเคราะห์

7.4.1.4.1 การเตรียมขวดแก้วรูปกรวย ที่ใช้เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 5 ลูกบาศก์ - เซนติเมตร น้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร และสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 5 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ลงในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ต้มให้เดือดนาน 5 นาที แล้วเทสารละลาย หึ่ง ล้างขวดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นก่อนนำขวดไปใช้

7.4.1.4.2 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.4.1.3 มา 100.0 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ใส่ลงในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 7.4.1.1 เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 5.0 ลูกบาศก์ เซนติเมตร และสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 10.0 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ต้มให้เดือดนาน 5 นาที ยกลงเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมออกซาลेट 10.0 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ลงไปทันทีที่จะหายไป แล้วไทเทรตทันทีด้วยสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต จนได้สีชมพูจางๆ อย่างถาวร แสดงว่าถึงจุดยุติ

7.4.1.5 วิธีคำนวณ โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้หาปริมาณ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ - เซนติเมตรของสารละลาย

$$= \frac{0.316 \times (a - b) \times 1000}{100}$$

$$= 3.16 (a - b)$$

เมื่อ a คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์ เซนติเมตร

เมื่อ b คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ไทเทรตกับแบลนก์ เป็นลูกบาศก์ เซนติเมตร

7.4.2 ฟีนอล

7.4.2.1 สารละลายและวิธีเตรียม

7.4.2.1.1 สารละลายบัฟเฟอร์บอริก เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร 90 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ลงในสารละลายกรดบอริก 1 โมลต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร 10 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

7.4.2.1.2 สารละลาย 4 - อะมิโน - 1,2 ไดไฮโดร - 1,5 ไดเมทิล - 2 - ฟีนอล - 3 - ไฮโดรเจน ไพราซอล - 3 - โอน (หรือที่เรียกกันว่า 4 - อะมิโนแอนติไพรีน) ละลาย 4 - อะมิโนแอนติไพรีน 1.36 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

7.4.2.1.3 สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) (หรือที่เรียกกันว่าโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์) ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 2 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

7.4.2.1.4 สารละลายมาตรฐานฟีนอล 40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร ชั่งฟีนอล-

บริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1.000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่เตรียมได้มา 40.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.4.2.2 วิธีวิเคราะห์

7.4.2.2.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานฟีนอล 30 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมสารละลายบัฟเฟอร์บอริก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลาย 4 - อะมิโนแอนติไพรีน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมให้เข้ากัน

7.4.2.2.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.2.2.1 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.4.1.3 แทนสารละลายมาตรฐานฟีนอล

7.4.2.2.3 ทำแบบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 7.4.2.2.1 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายมาตรฐานฟีนอล

7.4.2.2.4 นำสารละลายตามข้อ 7.4.2.2.1 ข้อ 7.4.2.2.2 และ ข้อ 7.4.2.2.3 ใส่ลงในหลอดเทียบสีแต่ละหลอด ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเทียบสีที่เกิดขึ้น สารละลายในข้อ 7.4.2.2.3 ควรมีสีเหลือง ถ้าสารละลายในข้อ 7.4.2.2.2 มีสีเหลืองส้มจะต้องเข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 7.4.2.2.1 จึงจะถือว่าไม่พบฟีนอล

7.4.3 ฟอर्मาลดีไฮด์

7.4.3.1 สารละลายและวิธีเตรียม

7.4.3.1.1. สารละลาย 2,4 - เพนเทนไดโอน (หรือที่เรียกกันว่า อะซีทิลอะซีโตน , $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$) ผสมแอมโมเนียมเอทานอเอต (แอมโมเนียมอะซีเตต) 150 กรัม สารละลายกรดอะซีติก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร และอะซีทิลอะซีโตน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าด้วยกัน เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บไว้ในที่เย็น สารละลายที่ได้ไม่ควรมีสี ถ้ามีสีให้เตรียมใหม่

7.4.3.1.2 สารละลายมาตรฐานฟอर्मาลดีไฮด์ 0.000 13 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

7.4.3.2 วิธีวิเคราะห์

7.4.3.2.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานฟอर्मาลดีไฮด์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร - เติมน้ำกลั่น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.4.3.2.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.3.2.1 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.4.1.3 แทนสารละลายมาตรฐานฟอर्मาลดีไฮด์

7.4.3.2.3 ทำแบบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 7.4.3.2.1 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายมาตรฐานฟอर्मาลดีไฮด์

7.4.3.2.4 นำสารละลายตามข้อ 7.4.3.2.1 ข้อ 7.4.3.2.2 และ ข้อ 7.4.3.2.3 ใส่ลงในหลอดเทียบสีแต่ละหลอด แล้วเทียบสีที่เกิดขึ้นสารละลายในข้อ 7.4.3.2.3 ไม่ควรมีสี และสารละลายในข้อ 7.4.3.2.2 ถ้ามีสีจะต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 7.4.3.2.1 จึงจะถือว่าไม่พบฟอर्मาลดีไฮด์

7.4.4 สิ่งที่เหลือจากการระเหย

7.4.4.1 ตัวทำละลาย

7.4.4.1.1 น้ำกลั่น

7.4.4.1.2 สารละลายกรดอะซีติก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร

7.4.4.1.3 เอทานอล ร้อยละ 20 โดยปริมาตร

7.4.4.1.4 เฮปเทน

7.4.4.2 การสกัดสารละลายตัวอย่าง

7.4.4.2.1 กรณีที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.3

7.4.4.2.2 กรณีที่ใช้สารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 4 โดยปริมาตรและเอทานอลร้อยละ 20 โดยปริมาตรเป็นตัวทำละลายทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.3 โดยใช้สารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 4 โดยปริมาตร และเอทานอลร้อยละ 20 โดยปริมาตรแล้วแต่กรณี เป็นตัวทำละลายแทนน้ำกลั่น

7.4.4.2.3 กรณีที่ใช้เฮปเทนเป็นตัวทำละลายให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นแล้วใช้เฮปเทนสกัดในอัตราส่วน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อพื้นที่สัมผัสของตัวอย่าง 1 ตารางเซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว

7.4.4.3 วิธีวิเคราะห์

7.4.4.3.1 ในกรณีที่สกัดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 7.4.4.2.1 และ ข้อ 7.4.4.2.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.4.4.2.1 หรือข้อ 7.4.4.2.2. แล้วแต่กรณี มา 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไประเหยบนอ่างน้ำจนแห้ง อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งสิ่งที่เหลือจากการระเหย

7.4.4.3.2 ในกรณีที่สกัดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 7.4.4.2.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมาประมาณ 200 ถึง 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลม แล้วนำไปทำให้เข้มข้นภายใต้สภาพลดความดัน จนกระทั่งปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 2 ถึง 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ล้างขวดแก้ว 2 ครั้งด้วยเฮปเทนครั้งละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร รวมสารละลายที่ได้และที่ใช้ล้างลงในจานระเหยที่ทำด้วยแพลทินัมหรือแก้วซึ่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วระเหยสารละลายบนอ่างน้ำจนแห้งแล้วนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเตลิกเกตเตอร์ แล้วชั่งสิ่งที่เหลือจากการระเหย

7.4.4.3.3 ทำแปลงก็เช่นเดียวกับข้อ 7.4.4.3.1 หรือ ข้อ 7.4.4.3.2 โดยใช้ตัวทำละลายตามข้อ 7.4.4.1 แล้วแต่กรณี แทนสารละลายตัวอย่าง

7.4.4.4 วิธีคำนวณ

$$\text{สิ่งที่เหลือจากการระเหย} = \frac{(a - b) \times 1000}{v}$$

มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

เมื่อ a คือ น้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายตัวอย่างเป็นมิลลิกรัม

b คือ น้ำหนักของสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายแปลงก็เป็นมิลลิกรัม

v คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

7.4.5 โลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว)

7.4.5.1 สารละลายและวิธีการเตรียม

7.4.5.1.1 สารละลายไฮเดียมซัลไฟด์ โดยละลายไฮเดียมซัลไฟด์ 5 กรัมในน้ำกลั่น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติม 1.2.3 – โพรเพนไดรอล (หรือที่เรียกกันว่า กลีเซอริน) 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.4.5.1.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรละลายลด (II) ในกรด 159.8 มิลลิกรัม ในสารละลายกรดไนตริก 1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร หมายถึง ให้เก็บสารละลายนี้ในขวดแก้ว ซึ่งไม่มีตะกั่วที่ละลายได้

7.4.5.1.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรใช้ปีเปตดูด สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (ข้อ 7.4.5.1.2) มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.4.5.1.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรใช้ปีเปตดูด สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (ข้อ 7.4.5.1.3) มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.4.5.2 การสกัดสารละลายตัวอย่าง ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.3 โดยใช้สารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 4 โดยปริมาตรแทนน้ำกลั่น

7.4.5.3 วิธีวิเคราะห์

7.4.5.3.1 ใช้ปีเปตดูดสารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.4.5.2 มาจำนวน 20 ลูกบาศก์ - เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนเต็มขวด ปิดฝาให้แน่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

7.4.5.3.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.5.3.1 แต่ใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่วจากข้อ - 7.4.5.1.4 แทนสารละลายตัวอย่าง

7.4.5.3.3 นำสารละลายตามข้อ 7.4.5.3.1 และข้อ 7.4.5.3.1 ใส่ลงในหลอดเทียบสี แต่ละหลอดแล้วเทียบสีของสารละลายที่เกิดขึ้นสีของสารละลายในข้อ 7.4.5.3.1 ต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายในข้อ 7.4.5.3.2 จึงจะถือว่าปริมาณโลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

7.4.6 พลัง

7.4.6.1 เครื่องมือ

7.4.6.1.1 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวัดค่าความดูดกลืนได้ที่มีความยาวคลื่น 330 นา - โนเมตร

7.4.6.1.2 ขวดเซตาคัล

7.4.6.2 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.4.6.2.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

7.4.6.2.2 สารละลายกรดซัลฟูริก 1+2

7.4.6.2.3 สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยปริมาตร

7.4.6.2.4 สารละลายกรดไอโอดีน - อัสคอร์บิก ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 112 กรัม และ กรดอัสคอร์บิก 20 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.4.6.2.5 สารละลายมาตรฐานพลัง 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งโลหะ พลังบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 500 มิลลิกรัมเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวนเล็กน้อยจนโลหะพลังจะ - ละลายหมด ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมน้ำกลั่นจนเต็มขวด ปริมาตร

7.4.6.2.6 สารละลายมาตรฐานพลัง 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ปีเปต

ดูดสารละลายมาตรฐานพลวง (ข้อ 7.4.6.2.5) มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 1+6 จนถึงขีดปริมาตร

7.4.6.3 การสกัดสารละลายตัวอย่าง ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.3 โดยใช้สารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 4 โดยปริมาตรแทนน้ำกลั่น

7.4.6.4 วิธีวิเคราะห์

7.4.6.4.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างในข้อ 7.4.6.3 มา 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดเซดาห์ล เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนในตู้ความดันเกิดควันสีขาวทิ้งให้เย็น เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ละลายประมาณ 1 ถึง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันสีขาว ทิ้งให้เย็น เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ข้อ 7.4.6.2.2) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่ายสารละลายใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร แล้วนำไปวัดค่าความดูดกลืนด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

7.4.6.4.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานพลวง (ข้อ 7.4.6.2.6) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ข้อ 7.4.6.2.2) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรดไอโอดีน – อัลคอร์บิก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

7.4.6.4.3 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 7.4.6.4.1 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง

7.4.6.4.4 หลังจากหักค่าแบลงก์แล้ว ค่าความดูดกลืนของสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าค่าความดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานพลวง ซึ่งจะถือว่าปริมาณพลวงในตัวอย่างไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

7.4.7 เจอร์เมเนียม

7.4.7.1 เครื่องมือ

7.4.7.1.1 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวัดค่าความดูดกลืนได้ที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตร

7.4.7.1.2 ขวดเซดาห์ล

7.4.7.1.3 เตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 550 องศาเซลเซียส

7.4.7.2 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.4.7.2.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

7.4.7.2.2 สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 30 ปริมาตร

7.4.7.2.3 คาร์บอนแท่งเคลือบไรต์

7.4.7.2.4 สารละลายฟีนิลฟลูออโรน (phenylfluorone) 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งฟีนิลฟลูออโรน 0.05 กรัม หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 ลูกบาศก์เมตรเพื่อช่วยการละลาย แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.4.7.2.5 เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

7.4.7.2.6 สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม ซึ่งเจอร์เมเนียมไดออกไซด์ 144 มิลลิกรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในครุชีเบิลหรือถ้วยแพลทินัม เติมน้ำไฮดรอกไซด์เคียวคาร์บอเนต 1 กรัม ให้ความร้อนด้วยเปลวไฟโดยตรงองศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนได้แก๊สสีขาว ละลายแก๊สด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้เป็นกลางด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและเติมให้มากเกินไปอีก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำ

กลั่นจนปริมาตรเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมนี้ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมี ปริมาตรเจอร์เมเนียม 0.5 มิลลิกรัม

7.4.7.3 การสกัดสายละลายตัวอย่างทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.3 แต่ใช้สารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 4 โดยปริมาตรเป็นตัวสกัดแทนน้ำกลั่น

7.4.7.4 วิธีวิเคราะห์

7.4.7.4.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 200 ลูกบาศก์เมตรใส่ในขวดกระเบื้องเคลือบ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนในตู้ความดันเกิดควันสีขาว ทั้งให้เย็นเติม สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ละลายประมาณ 1 ถึง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนเกิด ควันสีขาวทั้งให้เย็นเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ปิเปตดูดสารละลายนี้มา 10 ลูกบาศก์- เซนติเมตรใส่ลงในกรวยแยก เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร คาร์บอนแท่งคลอไรด์ 20 ลูกบาศก์

7.4.7.4.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมมา 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร คาร์บอนแท่ง- คลอไรด์ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าแยกชั้นคาร์บอนแท่งคลอไรด์ออกมาใช้ปิเปตดูดสารละลายคาร์บอน- แท่งคลอไรด์มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีสาร- ละลายฟีนิลฟลูออโรน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเอทานอล 6 ลูกบาศก์เซนติเมตรอยู่ เติมเอทานอลจนถึงขีด ปริมาตร แล้วนำไปวัดค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตร

7.4.7.4.3 ทำแบบลงทำเช่นเดียวกับข้อ 7.4.1.1 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง

7.4.7.4.4 หลังจากหักค่าแบบลงก็ออกแล้ว ค่าความดูดกลืนของสารละลายตัวอย่าง ต้องไม่มากกว่าค่าความดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม จึงจะถือว่าเจอร์เมเนียมไม่เกิด 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย

7.5 วิธีวิเคราะห์เนื้อพลาสติก

7.5.1 สารที่สกัดได้ด้วยเฮกเซนลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.1.1 เครื่องมือ

7.5.1.1.1 เครื่องสกัด ประกอบด้วยขวดแก้วทนความร้อนขนาด 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีช่องสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ เครื่องคนและเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ (reflux condenser)

7.5.1.1.2 เครื่องระเหยที่ป้องกันการปนเปื้อนได้ เช่น เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) หรือ เครื่องระเหยสูญญากาศ (Kuderna Danish evaporative concentrator)

7.5.1.1.3 เตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้

7.5.1.2 สารเคมี

7.5.1.2.1 เฮกเซน คุณภาพชั้นวิเคราะห์

7.5.1.2.2 ไนโตรเจนชนิดแห้งและมีความบริสุทธิ์สูง (ควรมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม) เพื่อใช้กับเครื่องระเหย

7.5.1.3 การเตรียมตัวอย่าง ให้ตัดพลาสติกเฉพาะส่วนที่ไม่มีหมึกพิมพ์ให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม โดยแต่ละชิ้นมีพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร นำตัวอย่างที่ตัดแล้วมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว

7.5.1.4 วิธีวิเคราะห์ ชั่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ประมาณ 2.5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 ใส่ลงในขวดแก้วทนความร้อนเดิมเฮกเซน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อขวดแก้วนี้เข้า

กับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ปรับความร้อนให้อุณหภูมิของสารผสมในขวดขึ้นถึง 50 องศาเซลเซียสไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงพอดี (ถ้าอุณหภูมิเกิน 50 องศาเซลเซียสให้เริ่มต้นสกัดใหม่) ยกขวดแก้วออกจากเตาไฟฟ้าทันที กรองสารละลายขณะร้อนผ่านกระดาษกรองชนิดหยาบซึ่งอยู่บนเครื่องกรอง (fritted glass funnel) รวบรวมสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่มีจุดปิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากระเหยระหว่างการให้ความร้อนและการกรองต้องไม่เกินร้อยละ 10 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหย แล้วใส่ในเดสิคเกเตอร์สูญญากาศไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ซึ่งสารที่เหลือจากการระเหยที่แห้งแล้วให้ได้ค่าเฉลี่ยได้ถึง 0.000 1 กรัม ปรับผลที่ได้ให้ถูกต้องโดยนำค่าแบลงก์ของตัวทำละลายมาหักออก

7.5.1.4.1 วิธีคำนวณ

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

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหย เป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นกรัม

7.5.2 สารที่ละลายได้ในไซลีน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

7.5.2.1 เครื่องมือ

7.5.2.1.1 เครื่องสกัด ประกอบด้วยขวดแก้วทนความร้อนขนาด 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร ชนิด 2 คอ สำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน และต่อกับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ตั้งอยู่บนเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าชนิดหุ้ม (electric heating mantle) ซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิได้

7.5.2.1.2 อ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 25 ± 0.1 องศาเซลเซียสและมีขนาดใหญ่พอที่จะจุ่มขวดแก้วทนความร้อนลงไปได้

7.5.2.1.3 เครื่องระเหย ที่ป้องกันการปนเปื้อนได้ เช่น เครื่องระเหยแบบหมุน หรือเครื่องระเหยสูญญากาศ

7.5.2.2 สารเคมี

7.5.2.2.1 ไซลีน ชั้นคุณภาพ ACS (American Chemical Society reagent grade) หรือเทียบเท่า

7.5.2.2.2 ไนโตรเจนชนิดแห้ง และมีความบริสุทธิ์สูง (ควรมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เพื่อใช้กับเครื่องระเหย

7.5.2.3 วิธีสกัด ซึ่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 จำนวน 5 ± 0.001 กรัม บรรจุลงในขวดแก้วทนความร้อน เติมน้ำไซลีน 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (840 กรัม) ใส่ชิ้นแท่งแก้วหรือลูกบิดแก้วลงไปเพื่อป้องกันการกระเด็น ต่อขวดแก้วเข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ เร่งความร้อนให้ไซลีนเดือดอย่างรวดเร็ว เมื่อไซลีนเริ่มเดือด (อุณหภูมิ 137 ถึง 140 องศาเซลเซียส) ลดความร้อนลงในระดับเพียงพอ ที่จะทำการกลั่นกลับได้พอดี ภายหลังที่กลั่นกลับเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วหยุดให้ความร้อน นำขวดแก้วออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นรอจนอุณหภูมิของสารภายในอ่างน้ำเย็นจนถึงอุณหภูมิ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส ย้ายขวดไปแช่ในอ่างน้ำที่อุณหภูมิให้คงที่ที่ 25 ± 0.1 องศาเซลเซียสเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ค้างคืน ทำให้ตะกอนของโพलिเมอร์ที่อาจเกิดขึ้นแตกออก เทสารละลายไซลีนผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 หรือเทผ่านเครื่องกรองชนิดทำด้วยแก้ว (sintered glass filter) ลงสู่ขวดแก้วขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว สารละลายที่กรองได้ต้องใสปราศจากตะกอน เก็บสารละลายที่กรองได้เฉพาะช่วงแรกเพียง 450 ถึง 500 ลูก -

บาทก์เซนติเมตรเท่านั้น (หากกรองต่อไปจะทำให้เกิดการอุดตันที่เครื่องกรอง) ซึ่งขวดอีกครั้งหนึ่ง คำนวณหา น้ำหนักของสารละลายที่กรองได้ให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ถ่ายสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดอย่างระมัดระวังลงในภาชนะของเครื่องระเหย แล้วนำไประเหยให้แห้งในเครื่อง นำสารที่เหลือจากการระเหยไปใส่ในเดสิกเกเตอร์ชนิดสูญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง (หรือตลอดคืน) ซึ่งสารที่เหลือจากการระเหยให้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม ทำแบลงก์โดยใช้ไซลีนที่มีปริมาตรและภาวะเดียวกับที่ใช้ในตัวอย่าง

7.5.2.4 วิธีคำนวณ

สารละลายได้ในไซลีนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร้อยละ

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

$$= \frac{(R_1 - R_2) \times 84 \times 100}{W_1 \times W_2}$$

เมื่อ R_1 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของตัวอย่างเป็นกรัม

R_2 คือ น้ำหนักของสารที่เหลือจากการระเหยของแบลงก์เป็นกรัม

840 คือ น้ำหนักของไซลีนที่ใช้สกัดตัวอย่างเป็นกรัม

W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของสารละลายที่กรองได้ เป็นกรัม

7.5.3 สารหนู

7.5.3.1 เครื่องมือ

7.5.3.1.1 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์หรือ โฟโตอิเล็กทริก แอมป์โซลาร์ไซโอมิเตอร์พร้อมด้วยฟิลเตอร์สีเขียวอมฟ้า ซึ่งความยาวคลื่นแสงสูงสุด 480 นาโนเมตรผ่านได้ ใช้เซลล์แก้วขนาดที่ทำให้อ่านค่าความดูดกลืนอยู่ในระหว่าง 0.1 ถึง 0.8 โดยปกติมักใช้เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร

7.5.3.1.2 อุปกรณ์สำเร็จ หรือเครื่องมืออื่นใดที่เทียบเท่าประกอบด้วย

(1) ขวดแก้วรูปกรวย ก ความจุประมาณ 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร

(2) หลอดแก้ว ข มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 มิลลิเมตรยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร มีข้อต่อพอดีกับปากขวดแก้วรูปกรวย ในหลอดแก้วมีลวดขุ่นเลด (II) อะซิเทตที่อบแห้งภายใต้สูญญากาศที่อุณหภูมิห้อง สูงประมาณ 2 ใน 3 ของหลอดแก้ว

(3) หลอดแก้ว ค มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 มิลลิเมตรยาวประมาณ 210 มิลลิเมตร มีข้อต่อพอดีกับหลอดแก้ว ข ระหว่างหลอดแก้ว ค และ หลอดแก้ว ข ยึดติดกันไว้ด้วยที่จับ

7.5.3.2 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.5.3.2.1 สารละลายเลด (II) อะซิเทต ละลายเลด (II) อะซิเทตไตรไฮเดรต 25 กรัม ในน้ำกลั่น 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.3.2.2 สารละลายทิน (II) คลอไรด์ สารละลายทิน (II) คลอไรด์ที่ปราศจากสารหนู 40 กรัม ในสารละลายผสมระหว่างน้ำกลั่น 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร กับกรดไฮดรอกซอริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.18 จำนวน 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.3.2.3 สารละลายโพแทสเซียมไฮไดรด์ ละลายโพแทสเซียมไฮไดรด์ 15 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.3.2.4 สารละลายซิลเวอร์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต

(1) เตรียมสารละลายไซเดียมไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (สารละลายคาร์บาเมต) 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (22.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

(2) เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 10.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (17 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

(3) นำสารละลายตามข้อ (1) และข้อ (2) อย่างละ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรมาทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านี้ เติมน้ำตามข้อ 1 ลงในสารละลายตามข้อ (2) คนและกรองผ่านกรวยบุคเนอร์ (Buchner) ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยน้ำเย็นจัดทำให้แห้งที่สุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง ละลายในฟิรดินคนขณะแช่ในน้ำแข็ง เติมน้ำเย็นทีละน้อยจนตกผลึกหมด กรองผ่านกรวยบุคเนอร์แล้วล้างน้ำจนหมดฟิรดินทำให้แห้งในสุญญากาศ เก็บผลึกนี้ไว้ในขวดสีชา ปิดผนึกให้แน่นและเก็บไว้ในตู้เย็น (ผลึกนี้ควรมีจุดหลอมเหลว 185 ถึง 187 องศาเซลเซียส)

(4) ชั่งผลึกในข้อ (3) 1.000 กรัม ละลายในฟิรดินในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมฟิรดินจนถึงขีดปริมาตรเขย่าให้เข้ากันและเก็บไว้ในขวดสีชา

7.5.3.2.5 ผงสังกะสีหรือซิงค์สังกะสี

7.5.3.2.6 กรดซัลฟูริกเข้มข้นความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

7.5.3.2.7 สารละลายมาตรฐานสารหนู 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรละลายอาร์เซนิก(III)ออกไซด์ 0.132 กรัม ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 350 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 20 ลูกบาศก์เดซิเมตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1000 ลูกบาศก์ เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นทีละน้อย จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

7.5.3.2.8 สารละลายมาตรฐานสารหนู 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานสารหนูจากข้อ 7.5.3.2.7 จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

7.5.3.2.9 กรดไนตริกเข้มข้นความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.40

7.5.3.2.10 สารละลายอิมัลชันไอโอดีนในน้ำเกลือ

7.5.3.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ประมาณ 2.0 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในขวดเซดาห์ขนาด 300 ลูกบาศก์เซนติเมตรให้ความร้อนด้วยเปลวไฟอ่อนๆ จนตัวอย่างละลายทิ้งไว้ให้เย็นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรให้ความร้อนจนเกิดควันสีขาว ถ้าสีของสารละลายยังเป็นสีน้ำตาลให้เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนต่อไปจนได้สารละลายใสไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อนทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำเกลือ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตรให้ความร้อนจนเกิดควันสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงสู่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.5.3.4 วิธีการสร้างกราฟมาตรฐาน

7.5.3.4.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานสารหนู (ข้อ 5.3.2.8) 0.0, 0.1 , 3.0, 6.0, 10.0 และ 15.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วรูปกรวย รวม 6 ขวด ตามลำดับทำต่อไปเช่นเดียวกับข้อ 5.3.5.1 เริ่มตั้งแต่เติมน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.3.5 วิธีวิเคราะห์

7.5.3.5.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วรูปกรวย เติมน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมกรดซัลฟริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายทึบ (II) คลอไรด์ 2 หยด ค่อยๆ เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 15 นาทีเติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรดไทโอไฮโอคาร์บาเนต 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในหลอดแก้ว ค และสังกะสี 5 กรัมลงไปลงในขวดแก้วรูปกรวย ก แล้วรีบต่อหลอดแก้ว ข และหลอดแก้ว ค เข้ากับขวดแก้วรูปกรวย ก ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ปลดหลอดแก้ว ค เอียงหลอดไปมา 5 ครั้ง เพื่อให้สารละลายผสมกัน นำไปวัดค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 522 นาโนเมตร หาสารหนูจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้แล้ว

7.5.3.5.2 ทำแบบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 7.5.3.3 แล้วนำมาวิเคราะห์โดยวิธีตามข้อ 7.5.3.5.1

7.5.3.5.3 ผลต่างที่อ่านได้จากกราฟในข้อ 7.5.3.5.1 กับข้อ 7.5.3.5.2 คือสารหนูที่มีอยู่ในตัวอย่าง

7.5.4 ตะกั่ว

7.5.4.1 เครื่องมือ

7.5.4.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พร้อมด้วยฮอลล์โวลต์โคมแลมปีสำหรับตะกั่ว ซึ่งวัดได้ถึงความยาวคลื่น 217 หรือ 283.3 นาโนเมตร

7.5.4.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

7.5.4.2.1 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ละลายตะกั่วบริสุทธิ์ (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.999) 1000 มิลลิกรัมในสารละลายกรดไนตริก 7 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด เมื่อละลายหมดแล้วใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.5.4.2.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 7.5.4.2.1 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.5.4.2.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 7.5.4.2.2 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.5.4.2.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 7.5.4.2.2 มา 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7.5.4.2.5 สารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 20 โดยปริมาตร

7.5.4.2.6 กรดซัลฟริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

7.5.4.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่างซึ่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2.0 กรัมหยดกรดซัลฟริกเข้มข้นลงไปเล็กน้อย เผาด้วยเปลวไฟโดยตรงจนหมดควัน แล้วนำไปใส่ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนานประมาณ 3 ชั่วโมงจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยสารละลายกรดไนตริกโดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.4.4 วิธีวิเคราะห์

7.5.4.4.1 วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน นำน้ำกลั่นและสารละลายมาตรฐานตะกั่วตามข้อ 7.5.4.2.2 ข้อ 7.5.4.2.3 และข้อ 7.5.4.2.4 มาวัดค่าความดูดกลืน โดยใช้อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 217 หรือ 283.3 นาโนเมตร แล้วนำไปเขียนกราฟระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณตะกั่ว

7.5.4.4.2 นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 7.5.4.3 มาวัดค่าความดูดกลืนและเทียบอ่านค่าปริมาณตะกั่ว (C) จากกราฟมาตรฐาน (ข้อ 7.5.4.4.1)

7.5.4.5 วิธีคำนวณ

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

เมื่อ C คือ ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
V คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามข้อ 5.4.4.2 เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง เป็นกรัม

7.5.5 แคลเมียม

7.5.5.1 เครื่องมือ

7.5.5.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พร้อมด้วยฮอลล์โคโตนแลมปีสำหรับแคลเมียม ซึ่งวัดได้ที่มีความยาวคลื่น 228.8 นาโนเมตร

7.5.5.1.2 งานสำหรับระเหยทำด้วยแพลทินัมหรือควอร์ตซ์

7.5.5.2 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.5.5.2.1 สารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

7.5.5.2.2 สารละลายกรดไนตริก 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.5.2.3 กรดซัลฟูริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

7.5.5.2.4 สารละลายมาตรฐานแคลเมียม

(1) ละลายโลหะแคลเมียม 100 มิลลิกรัมในสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2.1) 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาระเหยบนอ่างน้ำจนแห้ง ละลายสารที่เหลือด้วยสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2) ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2.2) จนถึงขีดปริมาตร

(2) ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่เตรียมได้ในข้อ (1) มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เจือจางด้วยสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2.2) จนถึงขีดปริมาตร สารละลายนี้ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีแคลเมียม 1 ไมโครกรัม

7.5.5.3 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ประมาณ 1 กรัม ให้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานระเหย เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นประมาณ 10 หยด ให้ความร้อนด้วยไฟอ่อน ๆ จนกระทั่งกรดซัลฟูริกเข้มข้นส่วนใหญ่ระเหยออกไป แล้วให้ความร้อนด้วยเปลวไฟโดยตรงจนสิ่งที่อยู่ในจานระเหยกลายเป็นของแข็ง ให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียสจนตัวอย่างกลายเป็นเถ้า ทำเถ้าให้เปื่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นแล้วให้ความร้อนอีก ทำซ้ำเช่นนี้จนได้เถ้าเกือบเป็นสีขาว ละลายเถ้าด้วยสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2.2) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายนี้ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรมาเติมสารละลายกรดไนตริก (ข้อ 7.5.5.2.2) จนปริมาตรเป็น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7. 5.5.4 วิธีวิเคราะห์

7.5.5.4.1 เบ็คโฮลโลว์คะโทดแลมปีสำหรับแคดเมียม ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสง ปรับกระแสไฟฟ้า หลังจากเผาก๊าซอะเซทิลีนหรือก๊าซไฮโดรเจนแล้วให้ปรับอัตราการไหลของก๊าซ และอากาศอัดฉีดผ่านตัวอย่างบางส่วนหนึ่งเข้าไปในเปลวไฟ แล้ววัดแอบซอร์ปชันอินเด็กซ์ (absorption index) ของสารละลายตัวอย่างที่ความคลื่น 228.8 นาโนเมตร

7.5.5.4.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.5.5.4.1 แต่ใช้สารละลายแคดเมียมมาตรฐานแทนสารละลายตัวอย่าง

7.5.5.4.3 หลังจากหักค่าแบล็กก็ออกแล้วแอบซอร์ปชันอินเด็กซ์ของสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าของสารละลายแคดเมียมมาตรฐาน จึงจะถือว่าตัวอย่างมีปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.5.6 สารที่ระเหยได้

7.5.6.1 เครื่องมือ

7.5.6.1.1 ก๊าซโครมาโตกราฟ

7.5.6.2 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.5.6.2.1 อะซีโตน คุณภาพขั้นวิเคราะห์

7.5.6.2.2 เอน , เอน - ไคเมทิลฟอร์มามิด คุณภาพขั้นวิเคราะห์

7.5.6.2.3 สารละลายมาตรฐานสไตรีน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตรซึ่งสไตรีนบริสุทธิ์ ให้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.2.4 สารละลายมาตรฐานโทลูอิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งโทลูอินบริสุทธิ์ ให้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.2.5 สารละลายมาตรฐานเอทิลเบนซีน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งเอทิลเบนซีนบริสุทธิ์ ให้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมอะซีโตน จนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.2.6 สารละลายมาตรฐาน 1-(1-เมทิลเอทิล) เบนซีน (หรือที่เรียกกันว่าไอโซโพรพิลเบนซีน) เซนติเมตร ซึ่ง 1-(1-เมทิลเอทิล) เบนซีน บริสุทธิ์ ให้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมอะซีโตน จนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.2.7 สารละลายมาตรฐานโพรพิลเบนซีน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งโพรพิลเบนซีนบริสุทธิ์ ให้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมอะซีโตน จนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสม

ให้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตามข้อ 7.5.6.2.3 ถึงข้อ 7.5.6.2.7 มาอย่างละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติม เอน , เอน - ไคเมทิลฟอร์มามิดจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.4 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ซึ่งสารตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1.0 กรัม ใส่ในบีเกอร์ ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำ , เอน – ไดเมทิลฟอร์มามิด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ค้างคืน แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองลงในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

7.5.6.5 ภาวะของเครื่องมือ

ใช้คอลัมน์แก้วยาว 2 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3 มิลลิเมตร บรรจุด้วยโครโมซอร์บ W (Chromosorb W) ซึ่งเคลือบด้วย 20 % PEG 20 M ปรับอุณหภูมิของคอลัมน์ให้ได้ 70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขณะเริ่มต้นฉีดสาร (Injection Temperature) เป็น 130 องศาเซลเซียส และปรับความไว (Sensitivity) ของเครื่องให้เป็น 1×10^{-2}

7.5.6.6 วิธีวิเคราะห์

7.5.6.6.1 ฉีดสารละลายมาตรฐานผสม 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าไปในก๊าซ - โครมาโตกราฟบันทึก เวลาที่พิกปรากฏ แล้วคำนวณหาพื้นที่พิกของแต่ละพิก

7.5.6.6.2 ฉีดสารละลายตัวอย่าง 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตรเข้าไปในก๊าซโครมาโตกราฟ บันทึกเวลาที่พิกปรากฏ แล้วคำนวณหาพื้นที่พิกของแต่ละพิก

7.5.6.7 วิธีคำนวณ จำนวนสารที่ระเหยได้ในสารละลายตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบพื้นที่พิกทั้งหมดของสารละลายตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานผสม

หมายเหตุ 1. สารที่ระเหยได้ ได้แก่ สไตรีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน 1-(1-เมทิลเอทิล) เบนซีน และโพรพิลเบนซีน

2. พิกทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะปรากฏก่อนหลังตามลำดับดังนี้ ตัวทำละลายอะซีโตน โทลูอีน เอทิลเบนซีน 1- (1เมทิลเอทิล) เบนซีน โพรพิลเบนซีน สไตรีน และตัวทำละลาย เอน , เอนไดเมทิลฟอร์มามิด

7.5.7 สารประกอบ

7.5.7.1 สารเคมี สารละลาย และวิธีเตรียม

7.5.7.1.1 คาร์บอนแท่งเคลือบไรต์

7.5.7.1.2 เมทานอล

7.5.7.1.3 เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

7.5.7.1.4 แอมโมเนีย

7.5.7.1.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

7.5.7.1.6 สารละลายไพโรแคทีคอลไวโอเลต (Pyrocatechol Violet) ละลาย ไพโรแคทีคอลไวโอเลต 0.1กรัม ในน้ำ แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.7.1.7 สารละลายมาตรฐานไดบิวทิลทิน สารละลายไดบิวทิลทินคลอไรด์ ที่มีปริมาณ ไดบิวทิลทินคลอไรด์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก 100 มิลลิกรัมในเอทานอล แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตร เป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.7.1.8 สารละลายไดออกทิลทาเลต - เมทานอล (Dioctyl Phthalate-Methanol) 100 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ละลายไดออกทิลทาเลต 10 กรัม ในเมทานอล แล้วเติมเมทานอลจนปริมาตร เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.7.2 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ประมาณ 10 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีจุกปิด เติมน้ำคาร์บอนแท่งเคลือบ-

ไรต์ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเมทานอล 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าแล้วต่อเข้ากับเครื่องควบแน่นกลับ กลับ แขนในอ่างน้ำให้เกิดการกลั่นกลับเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นแล้วกรอง นำสารละลายที่กรองได้มาทำให้แห้งบนอ่างน้ำ นำสารละลายที่เหลือมาละลายในเอทานอล แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.7.3 วิธีวิเคราะห์

7.5.7.3.1 นำกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 3 หรือเทียบเท่าสำหรับใช้ทำรังเคล

(Chromatography) มาชุบสารละลายไดออกซิลทาเลด - เมทานอล ทำให้แห้งแล้วนำมาขีดด้วยดินสอให้ห่างจากขอบด้านหนึ่ง 40 มิลลิเมตร ใช้ไมโครปิเปตหยดสารละลายตัวอย่าง 0.003 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายไดบิวทิลทิน 0.003 ลูกบาศก์เซนติเมตร บนเส้นนี้ให้ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของหยดทั้ง 2 นี้ห่างกันประมาณ 25 มิลลิเมตร ทำให้แห้งในอากาศ แล้วแขวนกระดาษกรองนี้ในแนวขึ้น ไว้ในภาชนะแก้วรูปทรงกระบอก ซึ่งมีส่วนผสม ระหว่างเมทานอลกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 ใช้ค้ายหรือเชือกผูก โดยระวังมิให้กระดาษกรองสัมผัสผนังภาชนะ และให้ขอบของกระดาษจมอยู่ในสารละลายประมาณ 10 มิลลิเมตร ปิดภาชนะแล้วปล่อยให้แห้งไว้สักครู่ เมื่อสารละลายซึมขึ้นมาเป็นระยะทางประมาณ 13 เซนติเมตรแล้ว นำกระดาษกรองออกจากภาชนะแล้วทำให้แห้งในอากาศ แล้วพ่นด้วยสารละลายไพโรแคทคลีลไวโอเลต

7.5.7.3.2 จุดสีฟ้าที่เกิดจากสารละลายตัวอย่างต้องไม่เข้มกว่าจุดสีฟ้าที่เกิดจากสายละลายมาตรฐาน ไดบิวทิลทินที่อยู่ในระดับเดียวกัน จึงจะถือว่า มีปริมาณไดบิวทิลทินไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.5.8 เอสเตอร์ของกรดครีซอลฟอสฟอริก

7.5.8.1 เครื่องมือ

7.5.8.1.1 เครื่องระเหยสุญญากาศ

7.5.8.1.2 ก๊าซโครมาโตกราฟที่มีภาวะอย่างใดอย่างหนึ่ง

(1) ภาวะที่ 1

(1.1) คอลัมน์ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 3 ถึง 4 มิลลิเมตร ยาว 3000 มิลลิเมตร บรรจุด้วยไดอะตอมเซียสเอิร์ท (Diatomaceous Earth) (ขนาด 146 ถึง 177 ไมโครเมตร) ซึ่งเคลือบด้วยส่วนผสมของไตรไซลิเนลฟอสเฟตร้อยละ 10 และกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักไดอะตอมเซียสเอิร์ท

(1.2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 140 องศาเซลเซียส

(1.3) อุณหภูมิของเครื่องฉีดทุกอย่าง (Injection Port) 220 องศาเซลเซียส

(1.4) ใช้ไฮโดรเจน เฟลมไอออไนเซชัน ดีเทกเตอร์ (Hydrogen Flame Ionization Detector) ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้ที่อุณหภูมิประมาณ 220 องศาเซลเซียส และปรับปริมาณ ก๊าซไฮโดรเจน และอากาศที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความไวที่มากที่สุด

(1.5) ก๊าซที่ใช้พาตัวอย่าง เป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปรับอัตราการไหลให้เหมาะสมเพื่อสามารถพา เมตาครีซอล ออกมาได้ภายในเวลา 10 นาที

(2) ภาวะที่ 2

(2.1) คอลัมน์ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3 ถึง 4 มิลลิเมตร ยาว 3000 มิลลิเมตร บรรจุด้วยไดอะตอมเซียสเอิร์ท (ขนาด 149 ถึง 177 ไมโครเมตร) ซึ่งเคลือบด้วยลาโนลินแปลงสภาพ (denatured lanolin) ร้อยละ 10 ของน้ำหนักไดอะตอมเซียสเอิร์ท

(2.2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 160 องศาเซลเซียส

(2.3) อุณหภูมิของเครื่องฉีดตัวอย่าง 250 องศาเซลเซียส

(2.4) ใช้ไฮโดรเจน เฟลมไอออไนเซชัน ดีเทกเตอร์ ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้ที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส และปรับปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนและอากาศให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ความไวมากที่สุด

(2.5) ก๊าซที่ใช้พาดตัวอย่างเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปรับอัตราการไหลให้เหมาะสมเพื่อสามารถพาเมตาคริซอล ออกมาได้ภายใน 15 นาที

7.5.8.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

7.5.8.2.1 คาร์บอนแท่งเคลือบไรต์

7.5.8.2.2 เมทานอล

7.5.8.2.3 เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

7.5.8.2.4 ไดเอทิลอีเทอร์

7.5.8.2.5 สารละลายไพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอล 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายไพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 35 กรัม ในน้ำกลั่น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่ายสารละลายลงในภาชนะที่มีจุกธรรมดาหรือจุกยางปิด ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ถ่ายสารละลายส่วนที่ใสใส่ขวดอีกใบหนึ่งอย่างรวดเร็ว ปิดด้วยจุกยางทันทีแล้วเก็บไว้ในที่มืด

7.5.8.2.6 สารละลายกรดซัลฟูริก 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (ความหนาแน่น 1.84 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในน้ำกลั่นอย่างช้าๆ เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วทำให้เย็น

7.5.8.2.7 สารละลายมาตรฐานครีซอล นำเมตา - ครีซอล ออร์โท - ครีซอล และพารา - ครีซอล ที่มีความบริสุทธิ์สูงอย่างละ 0.044 กรัม มาละลายในเอทานอลแล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.8.2.8 ไครโซลินิลฟอสเฟต ที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

7.5.8.2.9 กรดฟอสฟอริก

7.5.8.3 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง ชั่งตัวอย่างจากข้อ 7.5.1.3 ประมาณ 10 กรัม ให้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่มีจุกปิด เติมคาร์บอนแท่งเคลือบไรต์ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเมทานอล 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อเครื่องควบแน่นกลั่นกลับแล้วทำให้ร้อนในอ่างน้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเขย่าเป็นครั้งคราวทำให้เย็นแล้วกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปทำให้ระเหยบนอ่างน้ำจนแห้ง ละลายกากที่เหลือในเอทานอล แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายที่ได้มา 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดแก้วรูปกรวยที่มีจุกปิด เติมสารละลายไพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอล 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ทำให้ร้อนในอ่างน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็น เติมน้ำกลั่น 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายไปทำให้เข้มข้นขึ้นภายใต้สภาวะความดัน จนกระทั่งปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ให้เป็น 3 โดยการเติมสารละลายกรดซัลฟูริกที่สะเทียบ ถ่ายสารละลายในกรวยแยก ล้างขวดแก้วรูปกรวยด้วยไอเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2 ครั้ง แล้วรวมไดเอทิลอีเทอร์ ที่ใช้ล้างทั้งหมดลงในกรวยแยก เขย่ากรวยแยกอย่างแรงแล้วทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไชสารละลายที่อยู่ชั้นล่างใส่กรวยแยกอีกใบหนึ่ง สกัดด้วยไดเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2 ครั้ง แล้วรวมไดเอทิลอีเทอร์ที่ใช้สกัด 2 ครั้ง นี้กับไดเอทิลอีเทอร์

ที่ใช้สกัดครั้งแรก นำไประเหยในเครื่องระเหยสุญญากาศจนปริมาตรลดลงเหลือ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7.5.8.4 วิธีวิเคราะห์

7.5.8.4.1 น็อคสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานครีซอล อย่างละ 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าในก๊าซโครมาโตกราฟทีละครั้งโดยใช้ภาวะเดียวกัน แล้วเปรียบเทียบรีเทนชันไทม์ที่ได้จากโครมาโตแกรมของตัวอย่างกับโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานครีซอล ถ้าเท่ากันแสดงว่ามีครีซอลในสารละลายตัวอย่าง

7.5.8.4.2 พื้นที่พีคที่เกิดจากครีซอลในสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่พีคที่เกิดจากครีซอลในสารละลายมาตรฐานครีซอลจึงจะถือว่าปริมาณเอสเทอร์ของกรดครีซอลฟอสฟอริกไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.5.9 ไวนิลคอลไรต์โมโนเมอร์

7.5.9.1 เครื่องมือ

7.5.9.1.1 ก๊าซโครมาโตกราฟที่มีภาวะอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

1. ภาวะที่ 1

(1.1) คอลัมน์ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 ถึง 4 มิลลิเมตร ยาว 2000 ถึง 3000 มิลลิเมตร บรรจุด้วยโคโอะคอบบ์เอ็กซ์แอล (ขนาด 149 ถึง 177 ไมโครเมตร) ซึ่งเคลือบด้วยโพลิโพรพิลีนไกลคอล (polypropylene glycol) ร้อยละ 15 ถึง 20 ของน้ำหนักโคโอะคอบบ์เอ็กซ์แอล

(1.2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส

(1.3) อุณหภูมิของที่ฉีดตัวอย่าง 150 องศาเซลเซียส

(1.4) ใช้ไฮโดรเจน เฟลม ไอออนไนเซชัน ดีเทกเตอร์ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และปรับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและอากาศให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ความไวมากที่สุด

(1.5) ก๊าซที่ใช้พาตัวอย่างเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปรับอัตราการไหลให้เหมาะสม เพื่อสามารถพาไวนิลคอลไรต์ออกมาได้ภายในเวลา 90 วินาที

2. ภาวะที่ 2

(2.1) คอลัมน์ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 ถึง 4 มิลลิเมตร ยาว 1500 มิลลิเมตร บรรจุด้วยลูกปัดโพลิเมอร์ที่มีรูพรุน (porous polymer bead) ขนาด 149 ถึง 177 ไมโครเมตร

(2.2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 120 องศาเซลเซียส

(2.3) อุณหภูมิของที่ฉีดตัวอย่าง 150 องศาเซลเซียส

(2.4) ใช้ไฮโดรเจน เฟลม ไอออนไนเซชัน ดีเทกเตอร์ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้ที่อุณหภูมิ ประมาณ 150 องศาเซลเซียส และปรับปริมาณก๊าซไฮโดรเจน และอากาศให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ความไวมากที่สุด

(2.5) ก๊าซที่ใช้พาตัวอย่างเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปรับอัตราการไหลให้เหมาะสม เพื่อสามารถพาไวนิลคอลไรต์ออกมาได้ภายในเวลา 3 ถึง 4 นาที

7.5.9.1.2 ภาชนะบรรจุเอทานอล – น้ำแข็งแห้ง (methanol – dry ice)

7.5.9.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

7.5.9.2.1 เอทานอล ร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ซึ่งกลั่นกับไฮดรอกซิล (II) ซัลเฟต เฮปตะไฮเดรต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) เพื่อให้ปราศจากสารเจือปน

7.5.9.2.2 สารละลายมาตรฐานไวนิลคลอไรด์ ใส่เอทานอล 190 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดแก้วรูปกรวยที่มีขีดบอกปริมาตรขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดขวดด้วยจุกที่ทำด้วยซิลิโคนกัม (silicone gum) นำไปชั่งและตั้งขวดให้เย็นในภาชนะบรรจุเมทานอล - น้ำแข็งแห้ง ฉีดไวนิลคลอไรด์เหลว (liquefied vinyl chloride) 200 มิลลิกรัมซึ่งทำให้เย็นแล้ว ลงในขวดแก้วโดยใช้ปิเปตเจาะผ่านจุกที่ทำด้วยซิลิโคนกัม นำไปชั่งหาน้ำหนักไวนิลคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น (a) ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน เติมเอทานอลจนปริมาตรเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทำให้เย็นด้วยเมทานอล - น้ำแข็งแห้งมาก่อนแล้ว ผ่านทางจุกที่ทำด้วยซิลิโคนกัม ตั้งขวดแก้วไว้ในเมทานอล - น้ำแข็งแห้ง นำสารละลายนี้มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรอีกใบหนึ่ง แล้วเติมเอทานอลจนถึงขีดปริมาตร ทำให้เย็นแล้วนำสารละลายที่เตรียมได้มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในกรวยขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเอทานอลจนถึงขีดปริมาตร โดยวิธีเดียวกัน แล้วเก็บไว้ให้เย็นในภาชนะบรรจุเมทานอล - น้ำแข็ง

$$\text{สัมประสิทธิ์ของการสอบเทียบสารละลายมาตรฐาน} = \frac{a}{200}$$

เมื่อ a คือน้ำหนักของไวนิลคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นมิลลิกรัม

7.5.9.2.3 เทตระไฮโดรฟูรานซึ่งกลั่นกับไฮดรอกซิล (II) ซัลเฟต หรืออะลูมิเนียมลิเทียมไฮเดรต เพื่อให้ปราศจากสารเจือปน

7.5.9.3 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง ตัดตัวอย่างเฉพาะส่วนที่ไม่มีหมึกพิมพ์ออกเป็นชิ้น โดยแต่ละชิ้นมีพื้นที่ไม่เกิน 5 ตารางมิลลิเมตร แล้วชั่งประมาณ 1 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดแก้วรูปกรวยที่มีขีดบอกปริมาตรขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเทตระไฮโดรฟูรานพอสมควรตั้งทิ้งไว้ในที่เย็น โดยเขย่าเป็นครั้งคราว หลังจากตัวอย่างละลายหมดแล้ว เติมเทตระไฮโดรฟูรานจนถึงขีดปริมาตรแล้วแช่ไว้ในภาชนะที่บรรจุเมทานอล - น้ำแข็งแห้ง

7.5.9.4 วิธีวิเคราะห์

7.5.9.4.1 ฉีดสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไวนิลคลอไรด์อย่างละ 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตรเข้าไปในก๊าซโครมาโตกราฟทีละครั้งโดยใช้ภาวะเดียวกัน แล้วเปรียบเทียบบริเวณชั้นไหม้ที่ได้จากโครมาโตแกรมของตัวอย่างกับโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานไวนิลคลอไรด์ ถ้าเท่ากันแสดงว่ามีไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ในสารละลายตัวอย่าง

7.5.9.4.2 ความสูงของพีกที่ได้จากโครมาโตแกรมของสารละลายตัวอย่างต้องไม่สูงกว่าความสูงของพีก จากโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานไวนิลคลอไรด์ จึงถือว่าปริมาณไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

8. มาตรการและนโยบายของรัฐในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์

สถานการณ์ของปัญหาการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ในประเทศไทย

ปริมาณขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดย ในปี พ.ศ. 2541 มีปริมาณขยะทั่วประเทศประมาณ 13.6 ล้านตัน ในปริมาณนี้จะเป็นของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่ถึงร้อยละ 45 เมื่อประเมินมูลค่าของเสียบรรจุภัณฑ์เหล่านี้คิดเป็นมูลค่าประมาณ 36,100 ล้านบาท และเมื่อรวมค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์เหล่านี้อีกประมาณ 6,400 ล้านบาทแล้ว ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินเนื่องจากการขาดมาตรการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ไปแล้วถึงปีละ 42,500 ล้านบาท

นอกจากนั้นประเทศประชาคมยุโรป (European Union , EU) ได้มีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับของเสียบรรจุภัณฑ์ โดยมีหลักการให้ผู้ผลิต และผู้นำเข้าสินค้าต้องเรียกคืนบรรจุภัณฑ์ของตนหลังจากการบริโภคของประชาชน ทั้งนี้เพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ และรีไซเคิลให้มากที่สุด โดยกฎหมายดังกล่าวได้กำหนดทางเลือก 2 ทาง คือ นำบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วกลับประเทศผู้ผลิต หรือจ่ายค่าธรรมเนียมค่าจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้หากบริษัทใดมีมาตรการเรียกคืนของเสียบรรจุภัณฑ์หรือมาตรการมัดจำบรรจุภัณฑ์ใช้แล้ว ก็ไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียมดังกล่าว สำหรับประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบด้วยเช่นกันคือ สินค้าจากประเทศไทยที่ส่งออกไปขายในกลุ่มประเทศ EU ต้องเสียค่าธรรมเนียมจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ โดยอัตราค่าธรรมเนียมฯ คิดตามน้ำหนัก และประเภทวัสดุที่ทำบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้สินค้าไทยมีราคาแพงขึ้น เมื่อเทียบกับสินค้าที่ผลิตจากกลุ่มประเทศ EU ในขณะที่สินค้านำเข้าจากต่างประเทศไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียมจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ในประเทศ ทำให้บรรจุภัณฑ์ใช้แล้วจากต่างประเทศเป็นภาระให้รัฐบาลต้องจัดการ ดังนั้นการใช้มาตรการทางภาษีในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้จะช่วยให้รัฐบาลมีรายได้จากค่าธรรมเนียมมาใช้ในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น

รูปแบบและวิธีการดำเนินงานในการออกมาตรการจัดเก็บภาษีในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยนายสุวิทย์ คุณกิตติ รองนายกรัฐมนตรีปฏิบัติหน้าที่ประธานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้มีคำสั่งที่ 2/2541 ลงวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2541 แต่งตั้งคณะอนุกรรมการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ โดยมีหน้าที่เสนอแนะนโยบาย มาตรการจัดการภาษี บรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้โดยเฉพาะ เพื่อลดปริมาณของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ รวมทั้งมาตรการส่งเสริมการพัฒนาขยะบรรจุภัณฑ์ที่เป็นภาระต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการดำเนินงาน คณะอนุกรรมการฯ ได้มีมติเห็นชอบในหลักการการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ดังนี้

1. มาตรการทางภาษี

1.1 กำหนดให้บรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้บางประเภทที่ก่อให้เกิดขยะ และเป็นปัญหาต่อการบริหารจัดการ ซึ่งได้กำหนดนิยามไว้โดยเฉพาะ ต้องเสียค่าธรรมเนียม / ภาษีการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าส่งออก นำเข้า และสินค้าที่ผลิตเพื่อใช้ในประเทศไทยที่ต้องมีภาชนะบรรจุ หรือบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้ม โดยได้ใช้เกณฑ์พิจารณาจากรูปแบบของกฎหมาย และการจัดการบรรจุภัณฑ์ และขยะบรรจุภัณฑ์ของคณะกรรมาธิการ ยุโรป และมาตรการ Green Dot ประเทศเยอรมนี

1.2 การกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมจัดการบรรจุภัณฑ์ ประยุกต์จากวิธีการของประเทศเยอรมนี ในระบบ DSD (Duales System Deutschland) โดยพิจารณาในอัตราที่แตกต่างกันน้ำหนัก และ

ประเภทวัสดุที่ทำบรรจุภัณฑ์ซึ่งจะเป็นภาระการกำจัดในรูปขยะ ทั้งนี้อัตราของประเทศไทยจะใช้อัตราอ้างอิงเริ่มต้นจากค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งเป็นอัตราที่หน่วยงานของรัฐ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร และเทศบาลต่างๆ รับผิดชอบในปัจจุบัน คือ ในอัตราประมาณ 1,000 บาท / ตัน ทั้งนี้หากมีระบบการจัดการบรรจุภัณฑ์ในลักษณะแปรรูปและนำกลับมาใช้ใหม่ที่มีค่าใช้จ่ายชัดเจน อาจมีการปรับเปลี่ยนอัตราทุก 3-5 ปี ตามความเหมาะสม

1.3 บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้กับสินค้าในประเทศ และสินค้าส่งออก จะเรียกเก็บจากผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ดังกล่าว ในรูปของภาษีตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องว่าด้วย ภาษีสรรพสามิต ภาษีศุลกากร หรืออื่นๆ ตามความเหมาะสม ในส่วนสินค้านำเข้าซึ่งมีบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มและอยู่ในข่ายที่ต้องเสียภาษี ให้กรมศุลกากรเป็นผู้เรียกเก็บ โดยจัดเก็บในอัตราเดียวกันกับที่เรียกเก็บจากบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่เสียภาษีดังกล่าวแล้วจะมีการออกเครื่องหมายแสดงการเสียภาษีแล้วให้ด้วย

1.4 รูปแบบและกลไกการนำค่าธรรมเนียม / ภาษีบรรจุภัณฑ์ มาใช้เพื่อการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ดำเนินการโดยกลไกตามพระราชบัญญัติจัดสรรเงินภาษีสรรพสามิต พ.ศ. 2527 หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง

ตาราง 5 กรอบแนวทางการกำหนดอัตราค่าภาษีที่เสนอให้จัดเก็บจากบรรจุภัณฑ์ (กรมควบคุมมลพิษ. 2544 : 9)

ประเภทบรรจุภัณฑ์	ประมาณการ (บาท/ตัน)	อัตราภาษีที่เสนอเริ่มแรก (บาท/ตัน)
1. กระดาษ	739	800
2. แก้ว	454	500
3. พลาสติก	4047	4100
4. กระป๋องโลหะ	1657	1700
5. อลูมิเนียม	2084	2100
6. ยาง	228	300
7. วัสดุอื่นๆ	438	500

2. มาตรการสนับสนุน

กำหนดมาตรการสนับสนุนให้มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) และการแปรรูปใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อให้ประชาชนหันมาใช้บรรจุภัณฑ์เหล่านี้มากขึ้น รวมทั้งเป็นการเสริมมาตรการทางภาษี ที่จะมีการประกาศใช้ในโอกาสต่อไปด้วย ซึ่งมาตรการสนับสนุนได้แก่ การลดใช้ถุงฟุ่มเฟือย การนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ใหม่ การรณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้เกิดความเข้าใจในมาตรการทางภาษีที่จัดเก็บ การสนับสนุนให้มีการวิจัย และพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ได้นาน นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และไม่เป็นการต่อสิ่งแวดล้อม

3. เปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสีย ของมาตรการจัดเก็บภาษีในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้

ตาราง 6 การเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของมาตรการจัดเก็บค่าธรรมเนียม / ภาษี จัดการขยะบรรจุภัณฑ์ (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2543 : 7)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ปริมาณขยะบรรจุภัณฑ์ลดลง ร้อยละ 50 ของขยะบรรจุภัณฑ์ในเขตเมืองทั่วประเทศ ภายในปี พ.ศ 2544 2. เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศ และเพิ่มประสิทธิภาพในการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้ 10% 15% 20% และ 25% ในปี พ.ศ 2544 2549 2554 และ 2559 ตามลำดับ 3. ประชาชนสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ใช้ซ้ำ (Reuse) ซินคิเดม (Refill) มาขึ้น และลดการใช้ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว (one way) 4. ประชาชนเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการทิ้งขยะ โดยร่วมมือแยกขยะบรรจุภัณฑ์เพื่อทิ้งลงในถังขยะบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะ ทั้งนี้เพราะไม่เสียค่าใช้จ่ายในการทิ้ง 5. บริษัทผู้ผลิตสินค้าเพิ่มการวิจัย และพัฒนาออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้ใช้วัสดุน้อย มีผลให้ลดการใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือย และลดปริมาณขยะบรรจุภัณฑ์ 6. บริษัทผู้ผลิตสินค้าเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ง่ายแก่การรีไซเคิลมากขึ้น เนื่องจากจะเสียค่าธรรมเนียมน้อยกว่า 7. บริษัทผู้ผลิตสินค้าที่แปรรูปจากวัสดุเหลือใช้มีมากขึ้น เพราะต้นทุนวัตถุดิบต่ำ และได้รับสิ่งจูงใจจากรัฐบาล 8. บริษัทผู้ผลิตจำหน่ายสินค้าในรูปแบบสินค้าแบบสินค้าชนิดเติม (Refill) และสินค้าที่มีระบบมัดจำคืนขวดมากขึ้น ซึ่งช่วยลดขยะบรรจุภัณฑ์ลดการใช้สินค้าใช้ครั้งเดียว (one – way)	1. สินค้ามีราคาขึ้นร้อยละ 1 – 3 เนื่องจากผู้ผลิตผลักภาระให้แก่ประชาชน 2. ผู้ผลิต และผู้นำเข้าสินค้าบางรายหลีกเลี่ยงการจ่ายค่าธรรมเนียม / ภาษี หรือจ่ายแต่ในอัตราไม่ถูกต้องทำให้องค์การจัดเก็บขาดทุน 3. มีความยุ่งยากในการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมที่เหมาะสม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราหลายครั้ง ซึ่งมีผลต่อการบริหารจัดการ และรายจ่ายไม่สอดคล้องกับค่าธรรมเนียม 4. มีผลกระทบต่ออาชีพรับซื้อของเก่า เนื่องจากมีการนำขยะบรรจุภัณฑ์ส่งโรงงานแปรรูปวัสดุเหลือใช้โดยตรง

จากการจัดงานการบรรยายเชิงประชาสัมพันธ์เรื่อง มาตรการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ในวันที่ 21 กรกฎาคม 2542 ผลการประมวลความคิดเห็นจากแบบสอบถามผู้เข้าร่วมงานจำนวน 427 คน พบว่า

- 54 % เห็นด้วยกับหลักการ “ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย” ใครทำ ใครจ่าย
- 77.3 % เห็นว่าประโยชน์ที่จะได้รับจากการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้ คือ ลด

ปริมาณขยะ / ของเสีย

- 66.5 % เห็นว่าผู้ผลิตสินค้าควรเป็นผู้จัดการใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือยมากที่สุด และรองลงมา 64.1 % เห็นว่าประชาชนควรเป็นผู้จัดการใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือย
- 80.5 % เห็นว่าแหล่งที่รัฐควรหารายได้ค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะ (ประมาณ 1,000 บาท/ตัน) คือการเก็บค่าธรรมเนียมบรรจุภัณฑ์ที่จะต้องเสียจากผู้ผลิต
- หากรัฐประกาศบังคับใช้มาตรการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้แล้ว ผู้ตอบแบบสอบถาม 17.5 % เห็นว่าควรชี้แจงให้ความรู้ประชาชนในเรื่อง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และข้อดีข้อเสีย และ 15.7 % เห็นว่าควรชี้แจงประโยชน์ และโทษที่ประชาชนจะได้รับมาตรการดังกล่าวนี้คงต้องมีการนำเสนอคณะอนุกรรมการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ และนำเสนอคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติในขั้นตอนต่อไป เพื่อพิจารณานำเสนอคณะกรรมการด้านภาษีอีกครั้ง และนำเสนอกรมเพื่อขอมติในการประกาศใช้

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับหลังจากออกมาตรการจัดเก็บภาษีในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ผลที่คาดว่าจะได้รับหลังจากออกมาตรการจัดเก็บภาษีในการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ มีดังนี้

- 4.1 มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ตามกฎหมายสากลด้านสิ่งแวดล้อม
- 4.2 ลดมลภาวะที่เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์
- 4.3 มีระบบการจัดการบรรจุภัณฑ์ และสินค้าที่เป็นอันตราย
- 4.4 มีมาตรฐานบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- 4.5 บ้านเมืองสะอาด
- 4.6 มีรายได้เข้ารัฐจากค่าธรรมเนียมจัดการบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วทั้งจากสินค้าในประเทศ และสินค้านำเข้า

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกริกชัย สุกาญจน์ทิ (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยหาปริมาณสารพิษตกค้าง อันได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสไตรีน ในเม็ดพลาสติกเก่าจากการรีไซเคิล พลาสติกบดจากภาชนะพลาสติกที่เลิกใช้แล้ว ตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่วางขายในท้องตลาดที่ผลิตมาจากเม็ดพลาสติกเก่า ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่มาจากเม็ดพลาสติกเก่า มีปริมาณสารพิษดังกล่าวปนอยู่ในปริมาณไม่เกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ สำหรับเม็ดพลาสติกเก่าพบว่า 27 % ของตัวอย่าง มีปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐาน การเติมสีลงในพลาสติกเป็นสาเหตุหลักที่เพิ่มปริมาณโลหะหนักในเม็ดพลาสติก

เกริกชัย สุกาญจน์ทิ , ณัฐกานต์ จินตพวงกุล และอรวิติ เรืองทอง (2535 : บทคัดย่อ) เรื่องการศึกษาการนำขยะพลาสติกประเภท PE , PP และ PS ถูกนำกลับมาใช้ซ้ำอีกโดยผ่านการทำเป็นพลาสติกเก่า ก่อนนำไปขึ้นรูป โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงาน ซึ่งให้ตอบแบบสอบถามถึงสัดส่วนของขยะพลาสติกที่น่ากลับมาใช้และเก็บเม็ดพลาสติกเก่าจากโรงงาน นำมาทดสอบคุณภาพเชิงกลซึ่งผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการเก็บคัดเลือกขยะพลาสติกได้ดี สามารถแยกพลาสติกแต่ละประเภทออกจากกันได้โดยสิ้นเชิง ทำให้ได้เม็ดพลาสติกเก่าที่มีคุณภาพดีพอสมควร แต่จะมีความแข็งแรงลดลง (Impact Strength) เมื่อผ่านการใช้งานหลายครั้งและคุณสมบัติของเม็ดพลาสติกเก่า จะมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก

ธิดาวรรณ พงษ์เจริญ (2538 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเพื่อต้องการทราบปริมาณขยะพลาสติกในโรงพยาบาลว่าปริมาณเท่าใด คัดแยกเป็นพลาสติกใดบ้าง เพื่อนำมาประเมินมูลค่าของขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่จากการวิจัยพบว่าพลาสติกเป็นมูลฝอยที่มีปริมาณมาก รองจากเศษอาหารและพลาสติก ส่วนใหญ่จะเป็น HDPE ซึ่งสามารถนำกลับมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ และทำให้ขยะพลาสติกมีมูลค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งเป็นการลดปริมาณขยะที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

อารี ปัญญากรณ์ (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาถึงความตระหนักของแม่บ้านที่มีต่อพลาสติก ที่เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร การศึกษารั้วนี้ได้นำตัวแปรด้านประชากร ได้แก่ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้และด้านจิตวิทยา ได้แก่ การรับรู้ข่าวสาร ทศนคติต่อปัญหาของพลาสติกที่สัมผัสกับอาหาร มาใช้ในการวิจัย ซึ่งจากการวิจัยพบว่า แม่บ้านส่วนใหญ่ตระหนักถึงปัญหาของพลาสติกโดยเฉพาะแม่บ้านที่ประกอบอาชีพรับราชการและทำงานรัฐวิสาหกิจ จะมีความตระหนักมากกว่ากลุ่มอื่นๆ และแม่บ้านอายุเฉลี่ยที่ 39 ปี ได้รับข่าวสารปัญหาของพลาสติกเกี่ยวกับการบริโภคทางโทรทัศน์ และมีความตระหนัก ถึงปัญหาของพลาสติกที่เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูง

การวิจัยของกาญจนา ตระกูล (2535 : บทคัดย่อ) เป็นการศึกษาถึงการนำพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งเป็นขวดน้ำที่ใช้แล้ว นำกลับมาผลิตใหม่โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูแปด แล้วนำมาศึกษาผลกระทบของการนำกลับมาผลิตใหม่ และอิทธิพลของปริมาณโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูงจากขวดน้ำดื่มที่ผ่านการใช้งานแล้ว มีผลต่อการขึ้นรูปขวด คุณสมบัติความร้อน และคุณสมบัติเชิงกล จากการศึกษาพบว่า โพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูงชนิดบริสุทธิ์และโพลิเมอร์ผสมสามารถนำกลับมาผลิตใหม่ที่อุณหภูมิ 235 องศาเซลเซียส จำนวน 10 ครั้งจะมีความสามารถในการขึ้นรูปดีขึ้น คุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การลดลงของดัชนีการไหลน้ำจะมีสมมุติฐานมาจากการเชื่อมขวางของสายโซ่โพลิเมอร์ หรือเกิดกิ่งของสายโซ่โพลิเมอร์มากกว่าการแตกหักของสายโซ่โพลิเมอร์

ชัชฎาณี คำเจริญ (2539 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการนำกลับมาผลิตใหม่ตอรอยแตกของพื้นผิวของโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและโพลิเอทิลีนเทอเพธาเลต, ในลอน 6,6 และโพลิอีเทอร์อะมายด์ โดยเปรียบเทียบโครงสร้างอนุภาคของพื้นผิวรอยแตกระหว่างพลาสติกวิศวกรรม (ในลอน 6,6 และ โพลิอีเทอร์อะมายด์) และพลาสติกทางการค้า (โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและพลาสติกผสมของโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและโพลิเอทิลีนเทอเพธาเลต) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกราดลำแสง โดยชิ้นงานจะเคลือบด้วยทองคำก่อนนำมาศึกษา การแตกของวัสดุจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของวัสดุ และจำนวนครั้งในการนำกลับมาผลิตใหม่ของวัสดุแต่ละชนิด กลไกการแตกของโพลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ และโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาผลิตใหม่แสดงแถบการขยายตัวที่ไม่ต่อเนื่องในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของการแตกและการแผ่ขยายของรอยแตก ส่วนจุดเริ่มต้นของการแตกของพลาสติกวิศวกรรมมักจะเริ่มต้นด้วยบริเวณของมิลเลอร์ และขยายรอยแตกต่อไปด้วยลักษณะของเส้นเฮกเคิล

สุชาติ วราสินธ์ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล กรณีศึกษา โรงงานนครปฐมไทยพลาสติก โดยศึกษาว่าเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทต่างๆ เนื่องจากสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตและประหยัดพลังงานในการผลิตได้ การใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันนี้ทำให้ผู้ผลิตต้องเพิ่มปริมาณการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลภายในโรงงานที่ทำการวิจัยพบว่า ปัญหาคืออัตราการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตและสภาพแวดล้อมภายใน

ในโรงงาน โดยในส่วนของอัตราการผลิตและเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ใช้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการหาเวลาที่มีการคับคั่งของงานสูงในกระบวนการผลิตพบว่าคือเวลาของการหลอมเศษพลาสติกภายในเครื่องหลอม จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์โปรแกรมอาร์นาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และทำการเปรียบเทียบ 4 ลักษณะ คือ (1) กระบวนการผลิตแบบปัจจุบัน (2) กระบวนการผลิตเมื่อทำการเปลี่ยนบาร์และสกรูในเครื่องหลอม (3) กระบวนการผลิตเมื่อทำการเปลี่ยนชุดเครื่องหลอมเหลว (4) การเปลี่ยนกระบวนการผลิตแบบใหม่ทั้งชุด เพื่อหาข้อสรุปโดยใช้หลักการด้านเศรษฐศาสตร์วิเคราะห์หาวิธีการที่ดีที่สุดคือวิธีการเปลี่ยนชุดเครื่องหลอมซึ่งทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลได้ 1.19 เท่า ของกระบวนการผลิตแบบปัจจุบันและลดเวลาในการทำงานลง 45.50%

นิทัศน์ จิระอรุณ และตรชนี โชติพัฒนานนท์ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมบัติเชิงกลบางอย่างของพลาสติกผสมที่เตรียมจากพลาสติกที่ใช้แล้วด้วยกัน และจากพลาสติกใช้แล้วกับเม็ดพลาสติกใหม่ รวมทั้งมีการผสมสารเติมแต่งอย่างหนึ่งกับพลาสติกใช้แล้วเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติก พลาสติกใช้แล้วที่นำมาทดลองคือ ขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ถุงนมพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ถุงร้อนพอลิพรอพิลีน หลอดดูดพอลิพรอพิลีน และถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง เม็ดพลาสติกใหม่ที่ใช้คือเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ สารเติมแต่งที่ใช้คือเส้นใยแก้ว สมบัติเชิงกลที่ศึกษาคือ ความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด มอดุลัส ความแข็งร็อกเวลล์ ความทนแรงโค้งงอ และความทนแรงกระแทกจากการทดสอบเกี่ยวกับพลาสติกผสมระหว่างขวดน้ำพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับถุงพอลิพรอพิลีน พบว่า ความแข็งร็อกเวลล์และความทนแรงโค้งงอเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ถุงพอลิพรอพิลีนในเม็ดพลาสติกผสมเพิ่มขึ้น แต่ความทนแรงดึงลดลงในการทดสอบเกี่ยวกับขวดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงผสมกับเส้นใยแก้วนั้น เปอร์เซ็นต์เส้นใยแก้วในคอมโพสิตมากที่สุดที่ใช้เท่ากับ 20 % พบว่า ความทนแรงดึง มอดุลัส ความแข็งร็อกเวลล์ และความทนแรงโค้งงอ เพิ่มขึ้นทุกอย่างเมื่อเปอร์เซ็นต์เส้นใยแก้วเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาดจะลดลงมากในกรณีของถุงนมพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำผสมกับเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ พบว่า ความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และความแข็งร็อกเวลล์ เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเม็ดพลาสติกเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันมอดุลัสและความทนแรงโค้งงอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงค่าสูงสุดที่เปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำในพลาสติกผสมเท่ากับ 40% จากการทดสอบเกี่ยวกับถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงผสมกับเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่า ความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด ความแข็งร็อกเวลล์ และความทนแรงกระแทกเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเม็ดพลาสติกเพิ่มขึ้น ในขณะที่มอดุลัสของพลาสติกผสมมีแนวโน้มลดลง และความทนแรงโค้งงอยังคงค่อนข้างคงที่ ในการเตรียมเส้นใยจากถุงพอลิพรอพิลีนผสมเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่า ความทนแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้นจนถึง 20% จากนั้นลดลงอย่างมากเมื่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงในเส้นใยเพิ่มขึ้นต่อไปจนถึง 50% ซึ่งเป็นปริมาณมากที่สุดที่ใช้ในการทดลอง มอดุลัสของเส้นใยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้นจนถึง 20% จากนั้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้นต่อไป สุดท้าย สำหรับพลาสติกผสมระหว่างขวดน้ำพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับหลอดดูดพอลิพรอพิลีน พบว่า ความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และมอดุลัส มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณหลอดดูดพอลิพรอพิลีนเพิ่มขึ้น

ปราณี รัตนลิตโรจน์ , ปริญา พวงนาค และวารุณี พางหวานิช (2542 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัย โดยการนำพลาสติก ABS ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาขึ้นรูปใหม่ด้วยวิธีการอัด โดยศึกษาถึงภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูป และเปรียบเทียบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของ ABS ที่ผ่านการขึ้นรูป ทั้งจากเม็ด ABS ใหม่ (ABS-SR101) และเม็ด ABS ที่ผ่านการใช้งานแล้ว (ABS-Recycle) ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า ABS-SR101 และ ABS-Recycle มีความทนต่อแรงดึง ความทนแรงดัดโค้ง และความแข็งแรงแบบ Rockwell ใกล้เคียงกัน แต่เปอร์เซ็นต์การยืดและความทนแรงกระแทกของ ABS-Recycle ต่ำกว่า ABS-SR101 เกือบ 15 เท่า และ 3 เท่า ตามลำดับ

สรุป

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาในเบื้องต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาอัตราส่วนผสมของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตที่เสียในกระบวนการผลิตมาดแล้วนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตบริสุทธิ์ โดยผู้วิจัยคิดว่าถ้าสามารถนำขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตที่เสียในกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ เป็นการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า และที่สำคัญเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกของคนในสังคมให้มีส่วนร่วมในการรักษาสภาพแวดล้อม และได้ นำความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) ที่ว่าด้วยเรื่อง ภาชนะพลาสติกบรรจุน้ำบริโภค โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ นำมาประยุกต์เข้ากับการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนผสมของเศษคของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตที่เสียในกระบวนการผลิตในอัตราที่สูงที่สุด แล้วนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตบริสุทธิ์ โดยผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998 – 2533 (มอก. 998 – 2533)

บทที่ 3

การดำเนินการงานวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต ที่ได้จากการผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต ที่เสียในกระบวนการผลิต โดยคำนึงถึงคุณภาพเพื่อการนำไปใช้ วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ประชากร และการสุ่มตัวอย่าง
2. ตัวแปรที่ศึกษา
3. สถานที่ , ผู้เชี่ยวชาญ , เครื่องมืออุปกรณ์ และวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและทดสอบ
4. ขั้นตอนการปฏิบัติในการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้

ประชากร และการสุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มประชากรที่ศึกษา

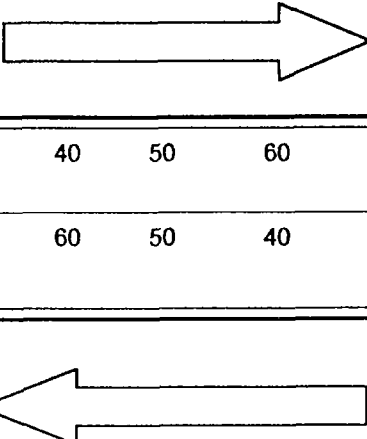
1.1 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตบริสุทธิ์ ผสมกับ เศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต ที่เสียในกระบวนการผลิตที่จะนำไปผลิตขวดพลาสติกจำนวน 9 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 100 กิโลกรัม

1.2 ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตที่ผลิตมาจากอัตราส่วนในข้อ 1 อัตราส่วนละ 62 ขวด รวมทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมทั้งสิ้น 558 ขวด

2. การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างหาอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลตบริสุทธิ์ หรือเม็ดพลาสติก PET และเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพทาเลต หรือเศษบด PET โดยใช้ตารางสองทาง และสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ทั้งหมด 9 จุด ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสองทางจำนวน 9 อัตราส่วน



เศษบด	10	20	30	40	50	60	70	80	90
เม็ดพลาสติก	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ตัวแปรที่ศึกษา

ในการวิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ศึกษา ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรต้น

ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต ที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต จำนวน 9 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 100 กิโลกรัม โดยมีปริมาณของเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตในอัตราส่วนผสมมีค่าเป็น 10 , 20 , 30 , 40 50 , 60 , 70 , 80 และ 90 ดังในตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตกับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต

อัตราส่วน ที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นจำนวนร้อยละ		รวม
	เม็ดพลาสติก PET	เศษบดพลาสติก PET ที่เสีย ในกระบวนการผลิต	
1	90	10	100
2	80	20	100
3	70	30	100
4	60	40	100
5	50	50	100
6	40	60	100
7	30	70	100
8	20	80	100
9	10	90	100

2. ตัวแปรตาม

1.1 คุณสมบัติของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต ที่ได้จากอัตราส่วนการผสมทั้ง 9 อัตราส่วน ได้แก่

- 2.1.1 ขนาดความจุ
- 2.1.2 คุณลักษณะทั่วไป
- 2.1.3 ขนาดความจุ
- 2.1.4 ความแข็งแรงของขวด
- 2.1.5 กลิ่นของขวดพลาสติก

- 2.1.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดพลาสติก
- 2.1.7 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก
- 2.1.8 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมา

สถานที่ , ผู้ตรวจสอบ , เครื่องมืออุปกรณ์ และวัตถุดิบ ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาวิจัย ได้ใช้สถานที่ , ผู้ตรวจสอบ รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ และวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง และทดสอบดังนี้

1.สถานที่ที่ใช้ในการทดลองและทดสอบ

1.1 บริษัท เพชรแพค จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงยี่โก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

1.2 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

1.3 กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร

1.4 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข 88/7 ถนนติวานนท์ จังหวัด

นนทบุรี

2. ผู้ตรวจสอบ

2.1 เจ้าหน้าที่ของบริษัทเพชรแพค จำกัด ที่มีประสบการณ์ในการทำงานอย่างน้อย 5 ปี ให้ตรวจสอบลักษณะทั่วไป ขนาดความจุ ความแข็งแรงของขวด การทนมอเตอร์ปิด

2.2 เจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยตรวจวิเคราะห์กลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต

2.3 นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก

2.4 เจ้าหน้าที่กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก

3. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 เครื่องฉีดและเป่าขนาด 5 ตัน ของบริษัท Nissei ASB ประเทศญี่ปุ่น

3.2 เครื่องผสมเม็ด

3.3 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของขวด

3.4 เครื่องทดสอบมอเตอร์ปิด

3.5 แม่พิมพ์ขวดทรงกลม ที่มีปริมาตร 350 – 360 มิลลิลิตร ดังภาพประกอบ 11 ในภาค

ผนวก ก.

4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองผู้วิจัยได้ใช้ตารางสองทาง ในการหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ

4.1 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต บริษัท SHINPET 5015 W ที่มีความหนืด (Intrinsic Viscosity : IV) 0.80 dl / g

4.2 เศษขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต ที่มีขนาด 3-4 มิลลิเมตร

ขั้นตอนการปฏิบัติงานในการทดลอง

1. นำเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตบริสุทธิ์ ผสมเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตที่เสียในกระบวนการผลิตในอัตราส่วนดังนี้

เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลต (กิโลกรัม) : เศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตที่เสีย
ในกระบวนการผลิต (กิโลกรัม)

อัตราส่วนที่ 1	90 : 10
อัตราส่วนที่ 2	80 : 20
อัตราส่วนที่ 3	70 : 30
อัตราส่วนที่ 4	60 : 40
อัตราส่วนที่ 5	50 : 50
อัตราส่วนที่ 6	40 : 60
อัตราส่วนที่ 7	30 : 70
อัตราส่วนที่ 8	20 : 80
อัตราส่วนที่ 9	10 : 90

2. นำอัตราส่วนผสม 9 อัตราส่วน โดยแต่ละอัตราส่วนนำเข้าเครื่องฉีดและเป่า เพื่อผลิตเป็นขวดขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร

3. นำขวดที่ผลิตมาทำการตรวจสอบโดยเจ้าหน้าที่ ตรวจสอบของบริษัท เพชรแพค จำกัด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 คุณลักษณะทั่วไป จำนวนอัตราส่วนละ 13 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วนรวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 117 ใบ

3.2 ตรวจสอบขนาดความจุ จำนวนอัตราส่วนละ 13 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 117 ใบ

3.3 ตรวจสอบความแข็งแรงของขวด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 54 ใบ

3.4 ตรวจสอบการทนมอเตอร์ปิด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 54 ใบ

4. นำขวดที่ได้รับการตรวจสอบจากข้อ 3 นำส่งให้ผู้ตรวจวิเคราะห์ดังนี้

4.1 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกและความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 54 ใบ

4.2 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตรวจวิเคราะห์กลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 54 ใบ

4.3 กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตรวจสอบคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดทั้งสิ้น 54 ใบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดสอบ และตรวจสอบดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสอบคุณลักษณะทั่วไปของขวดโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेट โดยนำข้อมูลแต่ละอัตราส่วนเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสอบความจุ มีเกณฑ์มาตรฐาน 350 -360 มิลลิลิตร โดยแต่ละอัตราส่วนนำข้อมูลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
3. การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบความแข็งแรงของขวด โดยมีเกณฑ์มาตรฐานความทนทานต่อแรงกดทับไม่น้อยกว่า 10 kgf นำข้อมูลแต่ละอัตราส่วนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
4. การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบโมเมนต์บิดโดยกำหนดเกณฑ์แรงบิดที่2.94 นิวตันเมตร ปากขวด และฝาต้องไม่แตก
5. การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบกลิ่นของขวด ซึ่งจะต้องไม่มีกลิ่นรุนแรง หลังจากทำความสะอาดขวดแล้ว
6. การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดของแต่ละอัตราส่วน ซึ่งรสชาติของน้ำจะต้องไม่เปลี่ยน
- 7.การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก โดยตะกั่ว และแคดเมียมต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นำข้อมูลที่ตรวจ ในแต่ละอัตราส่วนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
8. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาพลาสติก โดยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยาต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , สิ่งที่เหลือจากการระเหยต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , โลหะหนัก (ตะกั่ว) ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , ฟลูออรีน ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรและสารเจอร์มาเนียม ต้องไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร นำข้อมูลที่ตรวจในแต่ละอัตราส่วนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

สถิติที่ใช้

ค่าเฉลี่ย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามกระบวนการที่กำหนดไว้ จากอัตราส่วนการผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาผลิตเป็นขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต จำนวน ทั้งหมด 9 อัตราส่วน โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการตรวจคุณสมบัติทั่วไป ขนาดความจุ ความแข็งแรงของขวดและการทนโมเมนต์บิดของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จากอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตในแต่ละอัตราส่วน โดยตรวจคุณสมบัติทั่วไป และขนาดความจุ อัตราส่วนละ 13 ใบ และตรวจความแข็งแรงของขวดและการทนโมเมนต์บิดของขวด อัตราส่วนละ 6 ใบแล้วนำค่ามาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์กลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จากอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตในแต่ละอัตราส่วน โดยการตรวจวิเคราะห์อัตราส่วนละ 13 ใบ

3. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก ของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จากอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตในแต่ละอัตราส่วน อัตราส่วนละ 6 ใบ

4. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก ของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตในแต่ละอัตราส่วน อัตราส่วนละ 6 ใบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำเสนอแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการตรวจคุณสมบัติทั่วไปและขนาดความจุ ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดโดยเจ้าหน้าที่ของบริษัทเพชรแพค จำกัด ตรวจสอบด้านคุณสมบัติทั่วไปอัตราส่วนละ 13 ใบ ขนาดความจุ อัตราส่วนละ 13 ใบ ดังภาพประกอบ15 และความแข็งแรงของขวดอัตราส่วนละ 6 ใบดังภาพประกอบ16 และการทนโมเมนต์บิดอัตราส่วนละ 6 ใบ ดังภาพประกอบ17 ดังแสดงผลในตาราง 9 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ขนาดความจุ ความแข็งแรงของขวด และการทนโมเมนต์บิด

ตาราง 9 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ขนาดความจุ ความแข็งแรงของขวดและการทนโมเมนต์บิด

อัตราส่วน	คุณลักษณะทั่วไป	ขนาดความจุ (มิลลิลิตร)	ความแข็งแรง ของขวด (kgf)	การทนโมเมนต์บิด > 2.94นิวตันเมตร	สรุปผล การตรวจ สอบ
1	ใสไม่มีตำหนิ	355.94	13.55	ผ่าไม่แตก	ผ่าน
2	ใสไม่มีตำหนิ	356.04	13.31	ผ่าไม่แตก	ผ่าน
3	ใสไม่มีตำหนิ	355.77	13.32	ผ่าไม่แตก	ผ่าน
4	ใสไม่มีตำหนิ	355.75	13.45	ผ่าไม่แตก	ผ่าน
5	ใสไม่มีตำหนิ	355.7	13.42	ผ่าไม่แตก	ผ่าน
6	จุดดำมีสิ่งแปลก ปลอม	-	-	-	ไม่ผ่าน
7	จุดดำมีสิ่งแปลก ปลอม	-	-	-	ไม่ผ่าน
8	จุดดำมีสิ่งแปลก ปลอม	-	-	-	ไม่ผ่าน
9	จุดดำมีสิ่งแปลก ปลอม	-	-	-	ไม่ผ่าน
เกณฑ์ มาตรฐาน	ใสไม่มีตำหนิ	350-360 มิลลิลิตร	มากกว่า 10 kgf.	ผ่าไม่แตก	ผ่าน

จากผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ขนาดความจุ ความแข็งแรงของขวดและการทนโมเมนต์บิด ในตาราง 9 โดยเจ้าหน้าที่บริษัทเพชรแพค จำกัด พบว่าขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตที่ได้จากอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตบริสุทธิ์กับเศษบดขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอต ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 - 2533 (มอก. 998-2533) กำหนดดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอต ในอัตราส่วน 90 : 10
2. อัตราส่วนที่ 2 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอต ในอัตราส่วน 80 : 20
3. อัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเอต ในอัตราส่วน 70 : 30

ลิเอทีลินเทอเพธาเลด ในอัตราส่วน 70 : 30

4. อัตราส่วนที่ 4 ซึ่งมีเม็ดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลด ในอัตราส่วน 60 : 40

5. อัตราส่วนที่ 5 ซึ่งมีเม็ดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลด ในอัตราส่วน 50 : 50

ส่วนอัตราส่วนที่ 6 - 7 พบว่าขวดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดที่ได้จากอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 - 2533 (มอก. 998-2533) กำหนด เนื่องจากเมื่อทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปพบว่า ขวดมีตำหนิ มีจุดดำสิ่งแปลกปลอมในเนื้อพลาสติค ซึ่งเกิดจากเศษบดที่มีขนาดเล็กที่สุด เกิดการเผาไหม้ก่อน ดังแสดงในภาพประกอบ 18 - 19

อัตราส่วนที่ 8 - 9 ไม่สามารถผลิตเป็นขวดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจาก เศษบดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีอัตราส่วนมากกว่าเม็ดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดบริสุทธิ์ เกิดการลอยตัวขึ้นมาอยู่ด้านบน ดังแสดงในภาพประกอบ 20 - 21 จึงถือว่าอัตราส่วนที่ 8 และอัตราส่วนที่ 9 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 - 2533 (มอก. 998-2533) กำหนด

2. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์กลิ่นและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวด ที่ได้จากอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติคโพลีเอทีลินเทอเพธาเลดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทีลินเทอเพธาเลด ตามอัตราส่วนที่กำหนด จากเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยมีผลแสดงดังตาราง 10 แสดงผลการทดสอบกลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวด

ตาราง 10 แสดงผลการทดสอบกลิ่นและรสชาติน้ำในขวด

อัตราส่วน	ผลการตรวจสอบ	สรุปผลการตรวจสอบ
1	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	ผ่าน
2	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	ผ่าน
3	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	ผ่าน
4	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	ผ่าน
5	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	ผ่าน
6	-	ไม่ผ่าน
7	-	ไม่ผ่าน
8	-	ไม่ผ่าน
9	-	ไม่ผ่าน
		ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน	ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยน	

จากตาราง 10 พบว่าการตรวจวิเคราะห์ กลิ่นและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวดที่มีอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ไม่มีกลิ่นรุนแรงและรสชาติไม่เปลี่ยนซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนด มีดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 90 : 10
2. อัตราส่วนที่ 2 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 80 : 20
3. อัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 70 : 30
4. อัตราส่วนที่ 4 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 60 : 40
5. อัตราส่วนที่ 5 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 50 : 50

ส่วนอัตราส่วนที่ 6 – 9 ไม่มีการนำขวดเข้าตรวจวิเคราะห์ กลิ่นและรสชาติของน้ำ เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการตรวจคุณสมบัติทั่วไป ซึ่งถือว่าอัตราส่วนที่ 6 – 9 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนด

3. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของเม็ดพลาสติกที่ได้จากขวดที่มีอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ตามอัตราส่วนที่กำหนด จากการตรวจวิเคราะห์ของนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ดังผลแสดงในตาราง 11 แสดงผลการตรวจสอบคุณลักษณะความปลอดภัยของเม็ดพลาสติก

ตาราง 11 แสดงผลการตรวจสอบคุณลักษณะความปลอดภัยของเม็ดพลาสติก

อัตราส่วน	ผลการตรวจ		สรุปผลการตรวจ
	ตะกั่ว	แคดเมียม	
1	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
2	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
3	< 2	ไม่พบ	ผ่าน
4	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
5	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
6	-	-	ไม่ผ่าน
7	-	-	ไม่ผ่าน
8	-	-	ไม่ผ่าน
9	-	-	ไม่ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน	< 100 มก./กก.	< 100 มก./กก.	ผ่าน

จากตาราง 11 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกจากอัตราส่วนผสมของ เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 -2533 (มอก. 998-2533) กำหนด มีดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 90 : 10
2. อัตราส่วนที่ 2 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 80 : 20
3. อัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 70 : 30
4. อัตราส่วนที่ 4 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 60 : 40
5. อัตราส่วนที่ 5 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ในอัตราส่วน 50 : 50

สำหรับอัตราส่วนที่ 6 - 9 ไม่มีการนำขวดเข้าตรวจวิเคราะห์ คุณลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการตรวจคุณลักษณะทั่วไป ซึ่งถือว่าอัตราส่วนที่ 6 - 9 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 -2533 (มอก. 998-2533) กำหนด

4. ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก ที่ได้จากขวดที่มีอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ดบริสุทธิ์กับเศษบดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์ด ตามอัตราส่วนที่กำหนดจากการตรวจวิเคราะห์ของเจ้าหน้าที่กองเคมีเกษตร กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีผลแสดงดังตาราง 12 การแสดงผลการตรวจสอบคุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก

ตาราง 12 การแสดงผลการตรวจสอบคุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก

อัตราส่วน	ผลการตรวจ					สรุปผลการตรวจ
	พลวง	โลหะหนัก	โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	สิ่งที่เหลือจากการระเหย	สารเจอร์มาเนียม (m g / dm ³)	
1	< 0.05	ไม่พบ	0.5	1.5	ไม่พบ	ผ่าน
2	< 0.05	ไม่พบ	0.8	1.5	ไม่พบ	ผ่าน
3	< 0.05	ไม่พบ	0.1	1.0	ไม่พบ	ผ่าน
4	< 0.05	ไม่พบ	0.3	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
5	< 0.05	ไม่พบ	0.3	1.5	ไม่พบ	ผ่าน
6	-	-	-	-	-	ไม่ผ่าน
7	-	-	-	-	-	ไม่ผ่าน
8	-	-	-	-	-	ไม่ผ่าน
9	-	-	-	-	-	ไม่ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน	< 0.05 มก./ลบ.คม.	< 1 มก./ลบ.คม.	< 10 มก./ลบ.คม.	< 30 มก./ลบ.คม.	< 0.10 มิลลิกรัม / ลูกบาศก์เดซิเมตร	ผ่าน

จากตาราง 12 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก จากอัตราส่วนผสมของ เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตตามอัตราส่วนที่กำหนด ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนด มีดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ในอัตราส่วน 90 : 10

2. อัตราส่วนที่ 2 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ในอัตราส่วน 80 : 20

3. อัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ในอัตราส่วน 70 : 30

4. อัตราส่วนที่ 4 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ในอัตราส่วน 60 : 40

5. อัตราส่วนที่ 5 ซึ่งมีเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลิต ในอัตราส่วน 50 : 50

สำหรับอัตราส่วนที่ 6 – 9 ไม่มีการนำขวดเข้าตรวจวิเคราะห์ คุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการตรวจคุณลักษณะทั่วไป ซึ่งถือว่าอัตราส่วนที่ 6 – 9 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 –2533 (มอก. 998-2533) กำหนด

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต มาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต สำหรับบรรจุน้ำบริโภคทั้งหมด 9 อัตราส่วน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียจากกระบวนการผลิต (Regrind) เพื่อทำการผลิตขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต
2. เพื่อทดสอบหาคุณภาพของขวดที่ได้จากการผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียจากกระบวนการผลิต ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533)

ความสำคัญของการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ จะได้อัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตแล้วนำขวดมาทดสอบคุณภาพ โดยผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533)

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต บรรจุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ จึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยศึกษา ไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1.1 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ ของ SHINPET 5015 W ที่มีค่าความหนืด (Intrinsic Viscosity หรือ IV) 0.80 dl / g

1.2 เศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ที่เสียจากในกระบวนการผลิต

2. เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องฉีด - เป่า ขนาด 5 ตัน ของบริษัท NISSEI ASB ประเทศญี่ปุ่น

2.2 แม่พิมพ์ ขวดที่มีขนาดบรรจุ 350-360 มิลลิลิตร

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้นได้แก่ อัตราส่วนการผสมของวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วยเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ กับเศษของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต (Regrind) จำนวน 9 อัตราส่วน ที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสองทาง โดยแต่ละอัตราส่วนใช้วัตถุดิบ 100 กิโลกรัม ประกอบด้วยเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ ต่อเศษบดของ

พลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตที่เสียในกระบวนการการผลิต ดังนี้ 90:10 , 80:20 , 70:30 , 60:40 , 50:50 , 40:60 , 30:70 , 20:80 และ 10:90

3.2 ตัวแปรตามได้แก่ คุณภาพของขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนด ดังนี้

3.2.1 คุณลักษณะทั่วไป

3.2.2 ขนาดบรรจุ

3.2.3 ความแข็งแรงของขวดพลาสติก

3.2.4 การทนโมเมนต์บิด

3.2.5 กลิ่นของขวดพลาสติก

3.2.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดพลาสติก

3.2.7 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมา

3.2.8 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก

4. การดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบจะประกอบด้วยเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตบริสุทธิ์กับเศษของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตที่เสียจากกระบวนการผลิต ตามอัตราส่วนที่ผสมตามกลุ่มประชากร อัตราส่วนละ 100 กิโลกรัม โดยเริ่มจากอัตราส่วนที่มีการเพิ่มเศษของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต ที่เสียจากในกระบวนการผลิตโดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จนถึงอัตราส่วนสุดท้าย จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบหาคุณภาพของขวดพลาสติกที่ได้จากอัตราส่วนการผสม โดยจำนวนของตัวอย่างเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) กำหนดไว้ ดังนี้

4.1 คุณลักษณะทั่วไป	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	13	ตัวอย่าง
---------------------	--------------	-------	----	----------

4.2 ขนาดบรรจุ	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	13	ตัวอย่าง
---------------	--------------	-------	----	----------

4.3 ความแข็งแรงของขวด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
-----------------------	--------------	-------	---	----------

4.4 การทนโมเมนต์บิด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
---------------------	--------------	-------	---	----------

4.5 กลิ่นของขวด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
-----------------	--------------	-------	---	----------

4.6 รสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
-------------------------------	--------------	-------	---	----------

4.7 คุณลักษณะของความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
--	--------------	-------	---	----------

4.8 คุณลักษณะของความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมา	สุ่มตัวอย่าง	จำนวน	6	ตัวอย่าง
--	--------------	-------	---	----------

ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพดังในหัวข้อ 4.1 – 4.8 อัตราส่วนละ 62 ตัวอย่าง ทั้งหมด 9 อัตราส่วน จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 558 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจคุณลักษณะทั่วไปของขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต การตรวจขนาดความจุ การตรวจความแข็งแรงของขวด การตรวจการทนโมเมนต์บิด
2. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวิเคราะห์กลิ่นของขวดและของรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด
3. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจคุณลักษณะความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก
4. การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจคุณลักษณะความปลอดภัยของสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยศึกษาหาอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตกับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นำอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ทั้งหมด 9 อัตราส่วน ประกอบด้วย อัตราส่วนที่ 1 คือ 90:10 อัตราส่วนที่ 2 คือ 80:20 อัตราส่วนที่ 3 คือ 70:30 อัตราส่วนที่ 4 คือ 60:40 อัตราส่วนที่ 5 คือ 50:50 อัตราส่วนที่ 6 คือ 40:60 อัตราส่วนที่ 7 คือ 30:70 อัตราส่วนที่ 8 คือ 20:80 อัตราส่วนที่ 9 คือ 90:10 มาผลิตเป็นขวดโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) โดยทำการตรวจดังนี้

1.1 ตรวจสอบลักษณะทั่วไป จำนวนอัตราส่วนละ 13 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบลักษณะทั่วไป 117 ใบ

1.2 ตรวจสอบขนาดความจุ จำนวนอัตราส่วนละ 13 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบขนาดความจุ 117 ใบ

1.3 ตรวจสอบความแข็งแรงของขวด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบความแข็งแรงของขวด 54 ใบ

1.4 ตรวจสอบการทนโมเมนต์บิด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบการทนโมเมนต์บิด 54 ใบ

1.5 ตรวจสอบกลิ่นของขวด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบกลิ่นของน้ำที่บรรจุในขวด 54 ใบ

1.6 ตรวจสอบรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด 54 ใบ

1.7 ตรวจสอบลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก 54 ใบ

1.8 ตรวจสอบลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก จำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นจำนวนขวดที่นำมาตรวจสอบลักษณะด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก 54 ใบ

นำขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จาก อัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ตรวจในข้อ 1.1 - ข้อ 1.8 อัตราส่วนละ 62 ใบ ทั้งหมด 9 อัตราส่วน รวมเป็นขวดที่จะนำมาตรวจทั้งหมด 558 ใบ

2. ผลการตรวจ ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตที่ได้จาก อัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ได้ผลดังนี้

2.1 ตรวจสอบลักษณะทั่วไป ซึ่งขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต ต้องมีลักษณะใส ไม่มีตำหนิ ปรากฏว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) ตั้งรายงานการตรวจสอบคุณภาพขวดในภาคผนวกหน้า 77-82 ในอัตราส่วนที่เหลือพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำ จึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.2 ตรวจขนาดความจุ ตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ 350-360 มิลลิลิตร ผลการตรวจปรากฏว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานการตรวจสอบคุณภาพขวดในภาคผนวกหน้า 77-82 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจขนาดความจุ จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.3 ตรวจความแข็งแรงของขวด โดยมีเกณฑ์มาตรฐานการทนทานต่อแรงกดทับต้องไม่น้อยกว่า 10 kgf. ผลการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานการตรวจสอบคุณภาพขวดในภาคผนวกหน้า 77-82 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจความแข็งแรงของขวด จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.4 การตรวจการทนมอเตอร์ปิดโดยกำหนดเกณฑ์แรงบิดที่ 2.94 นิวตันเมตรปากขวด และฝาต้องไม่แตก จากการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานการตรวจสอบคุณภาพขวดในภาคผนวกหน้า 77-82 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจการทนมอเตอร์ปิด จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.5 ตรวจกลิ่นของขวด ซึ่งต้องไม่มีกลิ่นรุนแรง หลังจากทำความสะอาดขวดแล้ว จากการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ในภาคผนวกหน้า 83-87 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจกลิ่นของน้ำที่บรรจุในขวด จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.6 ตรวจรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด โดยกำหนดเกณฑ์ว่าเมื่อขวดทำความสะอาดแล้ว จากการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ในภาคผนวกหน้า 83-87 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.7 ตรวจสอบคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานระบุว่า โดยตะกั่ว และแคดเมียมต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ดังรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ในภาคผนวกหน้า 88-100 ในอัตราส่วนที่เหลืพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพชาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณลักษณะทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติก จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.8 ตรวจคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานว่า โฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยาต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , สิ่งที่เหลือจากการระเหยต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , โลหะหนัก (ตะกั่ว) ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , ฟลวง ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรและสารเจอร์มาเนียม ต้องไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จากการตรวจพบว่าอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต กับเศษบดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต 90:10 ,80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.988-2533) ตั้งรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ในภาคผนวกหน้า 88-100 ในอัตราส่วนที่เหลือพบว่าลักษณะของขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต มีตำหนิเป็นจุดดำซึ่งตรวจคุณสมบัติทั่วไปแล้วไม่ผ่าน จึงไม่มีการตรวจคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก จึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ดังนั้นอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตกับเศษบดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต ใน อัตราส่วนที่ 1 คือ 90:10 อัตราส่วนที่ 2 คือ 80:20 อัตราส่วนที่ 3 คือ 70:30 อัตราส่วนที่ 4 คือ 60:40 อัตราส่วนที่ 5 คือ 50:50 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998 - 2533 (มอก. 998-2533)

การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองศึกษาอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต จำนวน 9 อัตราส่วน โดยทำการตรวจคุณสมบัติทั่วไป ขนาด ความจุ ความแข็งแรงของขวด การทนมอเตอร์บิต กลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวด และคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกและสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533(มอก.998-2533) จึงสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1.ขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต ที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพ โดยจำนวนที่ระบุในการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจคุณสมบัติทั่วไปจำนวนอัตราส่วนละ 13ใบ ตรวจขนาดความจุจำนวนอัตราส่วนละ 13ใบ ตรวจความแข็งแรงของขวดจำนวนอัตราส่วนละ 6ใบ ตรวจการทนมอเตอร์บิตจำนวนอัตราส่วนละ 6ใบ ตรวจกลิ่นของขวดจำนวนอัตราส่วนละ 6ใบ ตรวจรสชาติของน้ำที่บรรจุในขวดจำนวนอัตราส่วนละ 6ใบ ตรวจคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกจำนวนอัตราส่วนละ 6ใบ ตรวจคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารที่ละลายออกมาจากพลาสติกจำนวนอัตราส่วนละ 6 ใบ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นผู้กำหนดไว้ในคู่มือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533)

2.ผลการตรวจขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ได้ผล

2.1 ผลการตรวจคุณสมบัติทั่วไป ของขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่

ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) ในกลุ่มอัตราส่วน 40:60 , 30:70 , 20:80 และ 10:90 เมื่อทำการตรวจลักษณะทั่วไปพบตำหนิเป็นจุดดำ จึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533)ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากผงฝุ่นที่มาจากเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่มีอัตราส่วนผสมมากขึ้นทำให้มีการหลอมละลายก่อนเศษบดที่มีขนาดใหญ่จึงเกิดการไหม้เป็นจุดดำขึ้น

2.2 ผลการตรวจขนาดความจุ ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) ซึ่งสอดคล้องกับขนาดแม่พิมพ์ที่กำหนดค่าความจุที่ 350-360 มิลลิลิตรของขวดที่สมบูรณ์ตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบดังภาพประกอบ 11 รูปแบบแม่พิมพ์ขวดทรงกลมที่ใช้ในการทดลอง

2.3 ผลการตรวจความแข็งแรงของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่ารูปทรงขวดมีการออกแบบที่สามารถรองรับน้ำหนักได้ดีและการกระจายตัวของเนื้อพลาสติกดีทำให้ขวดมีลักษณะแข็งแรง และสอดคล้องกับงานวิจัยของปรานี รัตนวลีโรจน์, ปริญญา พวงนาคและวรุณี พางหวานิช (2542 : บทคัดย่อ) ที่พบว่าภาชนะพลาสติก ABS ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาขึ้นรูปใหม่ พบว่าคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางกายภาพนั้นใกล้เคียงกับพลาสติก ABS ใหม่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนา ตระกูล (2535 : บทคัดย่อ) ที่พบว่าโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงชนิดบริสุทธิ์ และโพลีเมอร์ผสมที่นำกลับมาใช้ใหม่จำนวนสิบครั้ง ยังมีความสามารถขึ้นรูปได้ดีและคุณสมบัติทางเชิงกลมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.4 ผลการตรวจการทนโมเมนต์บิด ของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533(มอก.998-2533) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าปากขวดที่ออกแบบค่อนข้างหนาทำให้ทนต่อแรงโมเมนต์บิดได้ดี

2.5 ผลการตรวจกลิ่นของขวดและรสชาติของน้ำที่อยู่ในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) จากผลการตรวจนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเกริกชัย สุกาญจน์ทที (2541 : 48) ที่พบว่าเม็ดพลาสติกเก่าที่ไม่ใส่สี นำมาทำเป็นขวดน้ำดื่มจะมีความสะอาดเท่าเทียมกับเม็ดพลาสติกใหม่

2.6 ผลการตรวจคุณลักษณะของความปลอดภัยของเนื้อพลาสติกและสารละลายที่ออกมาจากพลาสติก ของขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาล์วที่เสียในกระบวนการผลิต จะได้กลุ่มอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบผ่านตามเกณฑ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 998-2533(มอก.998-2533) จากผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเกริกชัย สุกาญจน์ทิ (2541 : 48) ที่ได้ทำการวิจัยหาปริมาณสารพิษตกค้าง ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมปรอท และสไตรีน ในเม็ดพลาสติกเก่าจากการรีไซเคิลพลาสติกบดจากภาชนะพลาสติกที่เลิกใช้แล้ว ผลการวิจัยสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากเม็ดพลาสติกเก่า มีปริมาณสารพิษดังกล่าวปนอยู่ในปริมาณไม่เกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ และจากผลการวิจัยนี้สามารถนำขวดเสียในกระบวนการผลิตมาใช้ได้ถึงร้อยละ 50 ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าพลาสติกที่เสียในกระบวนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธิดาวรรณ พงษ์เจริญ ที่ต้องการทราบปริมาณขยะพลาสติกในโรงพยาบาลเพื่อนำมาประเมินค่าของขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ขยะพลาสติกมีมูลค่าเพิ่ม รวมทั้งเป็นการลดปริมาณขยะที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นจากการทดลองนำเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์บริสุทธิ์ผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ที่เสียในกระบวนการผลิตเพื่อนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์แล้วนำไปทดสอบ จากนั้นนำผลการตรวจเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998 - 2533 (มอก. 998 - 2533) ปรากฏว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 5 อัตราส่วน คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ระบุว่า เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์บริสุทธิ์ เมื่อนำมาผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ที่เสียในกระบวนการผลิต ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้น นำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ จะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533(มอก.998-2533) โดยที่มีอัตราส่วนเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์บริสุทธิ์ที่ผสมนั้นมากกว่าร้อยละ 50เป็นไปตามสมมุติฐานงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1. ควรมีการส่งเสริมสนับสนุนให้มีการนำผลการทดลองไปใช้ โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมการผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ เพื่อประโยชน์ในการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการช่วยลดจำนวนมลภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง

1.2. ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ ที่เก็บมาจากขยะของเก่า สามารถนำกลับมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ได้ แต่ต้องคำนึงความสะอาดเป็นสำคัญ หรือต้องจัดการให้มีกรรมวิธีทำความสะอาดขวดก่อนนำกลับมาใช้

1.3. ควรคำนึงถึงการเลือกใช้วัตถุดิบที่เหมาะสมโดยใช้ปัจจัยหลายอย่างในการตัดสินใจ เช่น ราคา คุณภาพด้านต่างๆ เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1. ศึกษาวิจัยอัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) แต่ควรนำเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ที่เสียในกระบวนการผลิตไปอัดเป็นเม็ดก่อนที่จะนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์บริสุทธิ์ เพื่อแก้ปัญหาการเกิดฝุ่นผงและการลอยตัวของเศษบดที่มีน้ำหนักเบา ที่เป็นสาเหตุของการเกิดจุดดำ ในการตรวจสอบคุณลักษณะทั่วไป ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.2. ศึกษาวิจัยขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลิไดต์ที่เก็บจากการใช้แล้ว นำมาบดเป็นเศษบดโดยจัดการแยกผงฝุ่นที่มีขนาดเล็กออกก่อนนำไปผสมใช้กับเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์ แล้วนำมาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก.998-2533) เพื่อช่วยลดอัตราการเกิดมลภาวะสิ่ง

แวดล้อมได้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่ใช้แล้ว เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้มาก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กาญจนา ตระกูลดู. (2535). การศึกษาลักษณะการเสื่อมสภาพทางความร้อนของการนำกลับมาใช้ของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ประจำวันที่ทำมาจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2543). แนวทางการจัดการบรรจุภัณฑ์และของเสียบรรจุภัณฑ์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2542). สภาพอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติก. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2529). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- เกริกชัย สุกาญจน์ทที. (2541). การศึกษาสารตกค้างในเม็ดพลาสติกที่ทำจากขยะพลาสติก. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกริกชัย สุกาญจน์ทที, ณัฐกานต์ จินตพยุกุล และ อรวดี เรืองทอง. (2535). การศึกษาการนำขยะพลาสติกประเภทภาชนะบรรจุกลับมาใช้ใหม่. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัชฎาณี คำเจริญ. (2539). ผลของการนำกลับมาผลิตใหม่ต่อรอยแตกของพื้นผิวของโพลีเอทิลีนเทอเพธาเลตในสื่อน้ำมันและโพลีเอทเธอร์มาสต์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชัชฎาภรณ์ แซ่ตั้ง. (2538, มีนาคม). "Life & Environment," อุตสาหกรรมสาร. 6(105) : 145-147.
- ธิดาวรรณ พงษ์เจริญ. (2538). การศึกษาความเป็นไปได้ขั้นต้นการจัดระบบแยกขยะพลาสติกในโรงพยาบาลประเภทการนำกลับไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นิทัศน์ จิระอรุณ และ ดร.ชเนติ โชติพัฒนานนท์. (2543). การทดสอบและปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติกที่ผ่านการใช้งานแล้ว. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- นิศากร โฆษิตรัตน์. (2544). "มาตรการในการนำเครื่องมือทางเศรษฐกิจมาใช้ในการจัดเก็บภาษีการจัดการของเสียบรรจุภัณฑ์แล้ววัสดุเหลือใช้" ใน การสัมมนาประจำปีเรื่องทิศทางการนโยบายและกฎหมายใหม่ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.
- บริษัทเพชรแพค จำกัด. (2541). Training Machine. หน้า 31-36.
- ปราณี รัตนวลิตโรจน์, ปริญญาก พวงนาค และวราภรณ์ ฟางทวานิช. (2542). การนำขยะพลาสติกABSกลับมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพื่อนช่าง. (2543, มิถุนายน-สิงหาคม). "Materials," วารสารการพิมพ์บรรจุภัณฑ์. 12(62) : 16,17,25.
- วสันต์ เอารัตน์. (2537). มาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริมการหมุนเวียนพลาสติกกลับมาใช้ใหม่. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ น.ม. (นิติศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533). ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค. กรุงเทพฯ:

สำนักงานฯ.

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. (2542). พลาสติก. กรุงเทพฯ: สมาคมฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2542). บรรจุภัณฑ์ขวดPET. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.

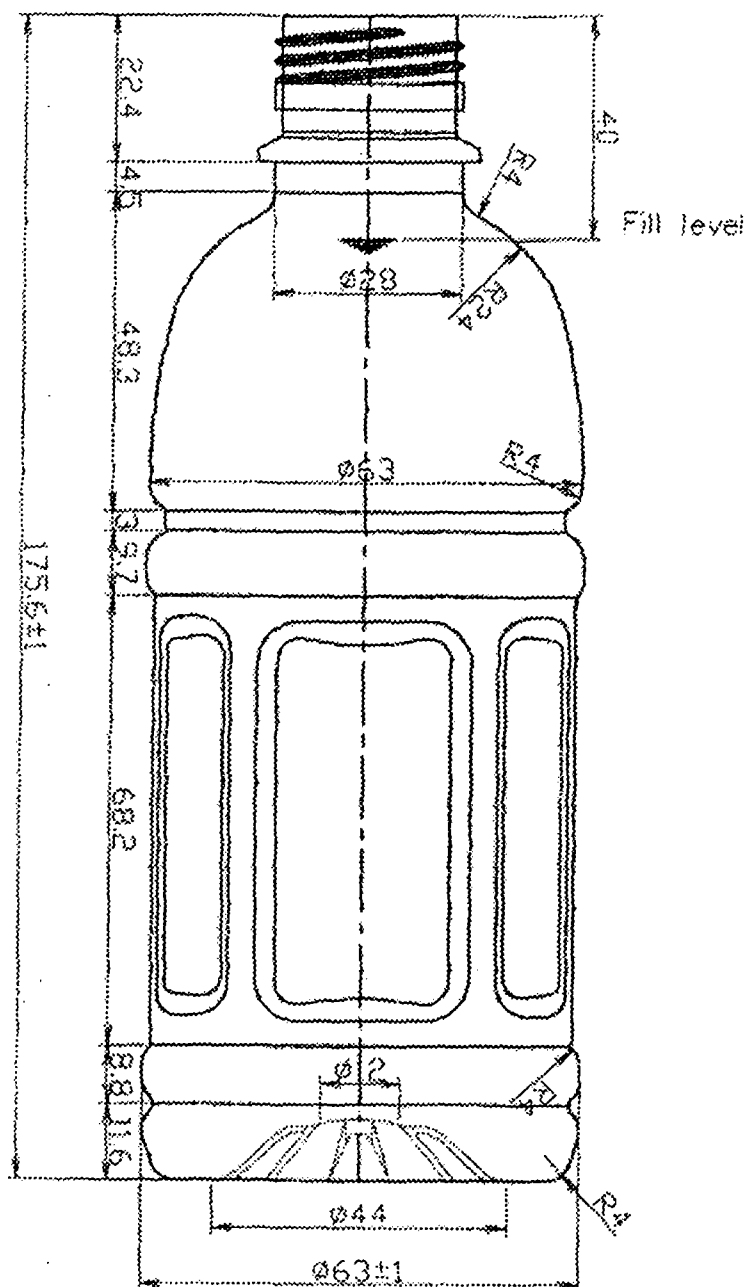
สุชาติ วราสินธุ์. (2543). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลกรณีศึกษาโรงงานนครปฐมไทยพลาสติก. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

อารี ปัญญากรณ์. (2535). ความตระหนักถึงปัญหาของพลาสติกที่เกี่ยวกับการบริโภคอาหารของแม่บ้านในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

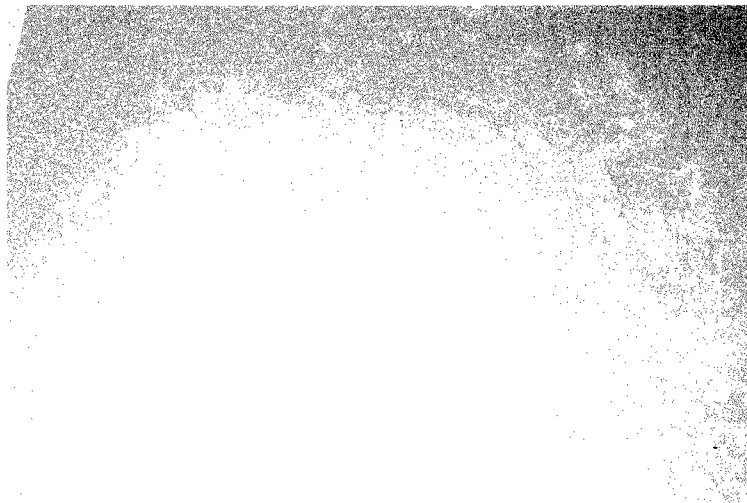
Ludwig, Bottenbruch. (1996). *Engineering Thermoplastics Polycarbonates Polyesters Cellulose Esters*. Germany: Hanser.

ภาคผนวก

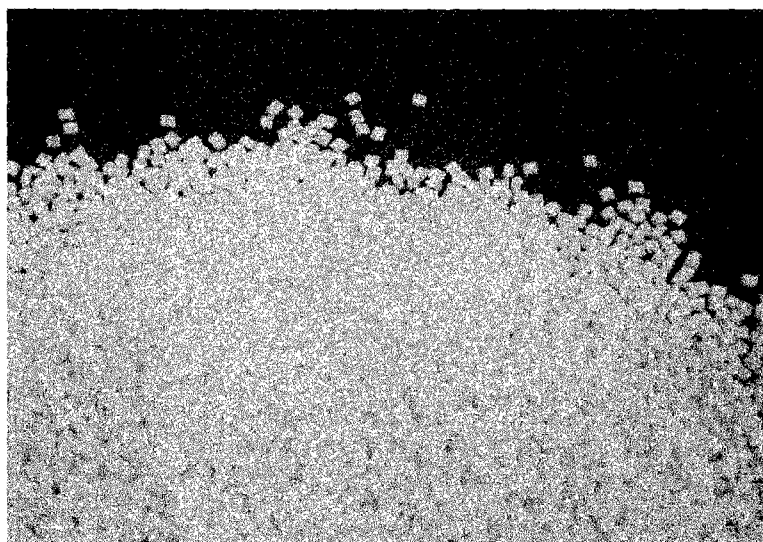
ภาคผนวก ก.
กระบวนการทดสอบ



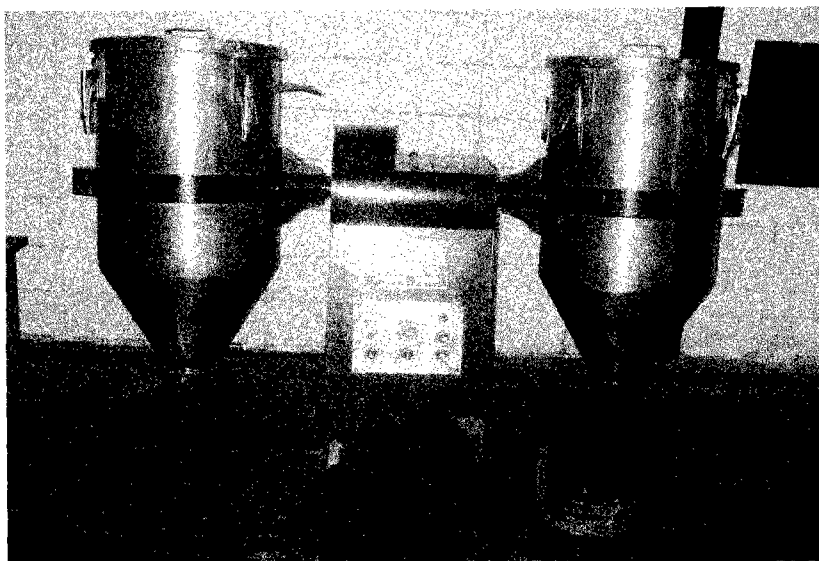
ภาพประกอบ 11 รูปแบบแม่พิมพ์ขวดทรงกลมที่ใช้ในการทดลอง



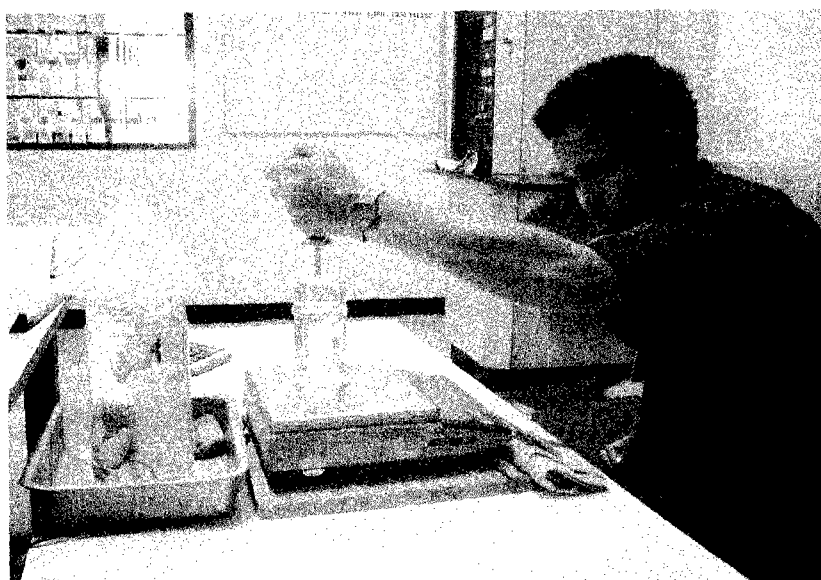
ภาพประกอบ 12 เศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลेट (Regrind)



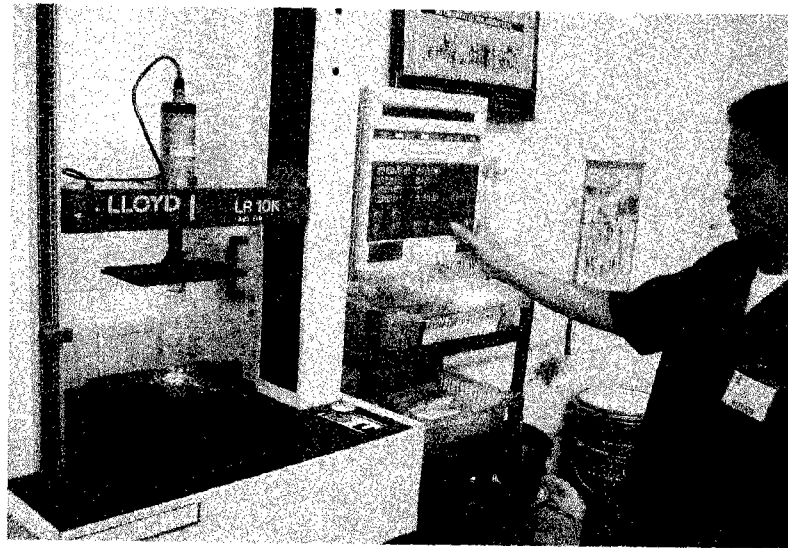
ภาพประกอบ 13 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาลेटบริสุทธิ์ (Resin)



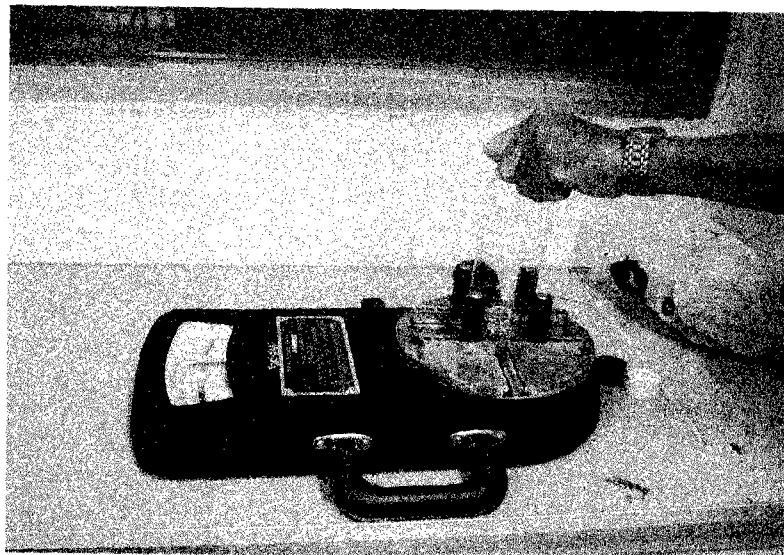
ภาพประกอบ 14 เครื่องผสมเม็ดพลาสติกกับเศษพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอร์พธาลเตด



ภาพประกอบ 15 การตรวจสอบขนาดความจุ



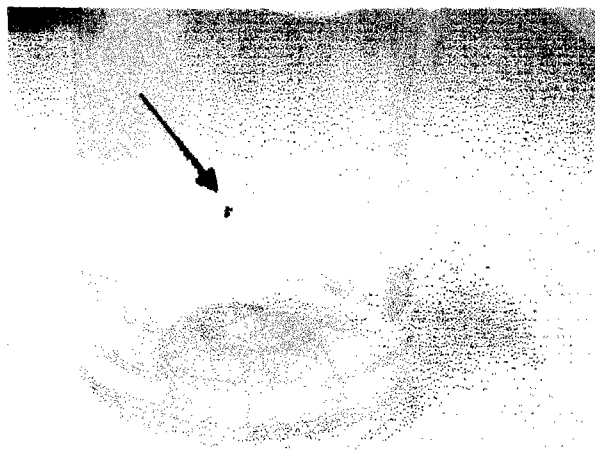
ภาพประกอบ 16 การทดสอบความแข็งแรงของขวด



ภาพประกอบ 17 การทดสอบการทนโมเมนต์บิด



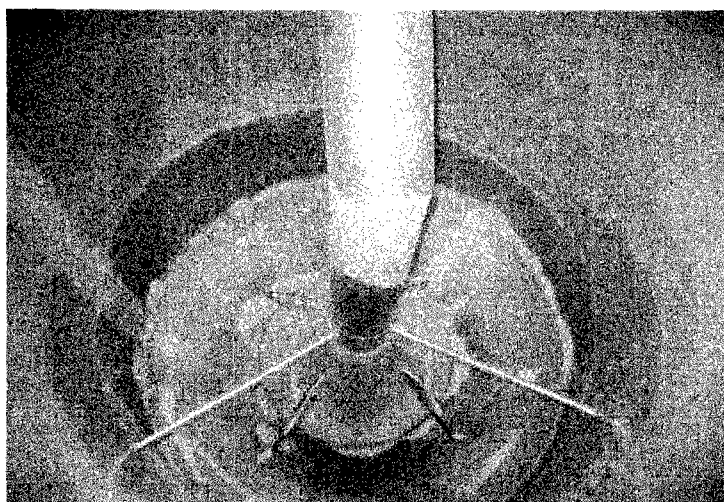
ภาพประกอบ 18 ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลตเป็นจุดดำ



ภาพประกอบ 19 ภาพขยายตำหนิจุดดำ



ภาพประกอบ 20 การลอยตัวของเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอแรพธาเลต



ภาพประกอบ 21 เส้นพลาสติกที่มีขนาดเล็กคล้ายฝุ่น

ภาคผนวก ข.

รายงานผลการวิเคราะห์และการทดสอบ



ใบตรวจสอบคุณภาพขวด

ชนิดสินค้า 330 ml ขวด PET 10%

วันที่ตรวจสอบ 2 มิถุนายน 2546

ลำดับที่	ลักษณะภายนอกทั่วไป	ขนาดความจุ (มิลลิลิตร)	ความแข็งแรงของขวด (kgf)	การทนบีเบนด์บีด > 2.94 นิวตันเมตร	หมายเหตุ
1	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.23	13.24	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
2	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.25	13.23	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
3	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.20	13.16	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
4	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.78	13.12	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
5	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.24	13.26	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
6	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.24	13.12	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	
7	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.24			
8	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.22			
9	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.22			
10	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.22			
11	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.22			
12	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.10			
13	สีใส ไม่มีสิ่งปนเปื้อน	330.22			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		330.27	13.27		
MIN		330.10	13.12		
AVG		330.24	13.24		
เกณฑ์มาตรฐาน	ใส ไม่มีตำหนิ	350 ± 10	> 10	ผัดต้องไม่แตก	

ผู้ตรวจสอบ
ผู้ตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบ
ผู้ตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบ



ใบตรวจหอบคุณภาพขวด

ชนิดสินค้า STD 350 ML พร้อม REGRIND 20%

วันที่ตรวจสอบ 13 มิถุนายน 2546

ลำดับที่	ลักษณะภายนอกทั่วไป	ขนาดความจุ (มิลลิลิตร)	ความแข็งแรงของขวด (kgf)	การทนโม่เมนต์บิด > 2.94 นิวตันเมตร	หมายเหตุ
1	โกลีไม่มีตำหนิ	356.16	13.62	โกลีไม่แตก	
2	โกลีไม่มีตำหนิ	355.29	13.36	โกลีไม่แตก	
3	โกลีไม่มีตำหนิ	356.24	12.86	โกลีไม่แตก	
4	โกลีไม่มีตำหนิ	355.82	13.25	โกลีไม่แตก	
5	โกลีไม่มีตำหนิ	356.21	13.35	โกลีไม่แตก	
6	โกลีไม่มีตำหนิ	355.86	13.99	โกลีไม่แตก	
7	โกลีไม่มีตำหนิ	356.13			
8	โกลีไม่มีตำหนิ	355.92			
9	โกลีไม่มีตำหนิ	356.33			
10	โกลีไม่มีตำหนิ	355.82			
11	โกลีไม่มีตำหนิ	356.12			
12	โกลีไม่มีตำหนิ	355.85			
13	โกลีไม่มีตำหนิ	356.52			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		356.33	13.62		
MIN		355.24	12.86		
AVG		356.04	13.34		
เกณฑ์มาตรฐาน	โกลีไม่มีตำหนิ	350 ± 10	> 10	ผาดองไม่แตก	

ชลาธร รัตนกิจสิทธิ์
(ชลาธร รัตนกิจสิทธิ์)
ตำแหน่ง วิศวกร ควบคุม QA

ผู้ตรวจสอบ

ผู้อนุมัติ
(ชลาธร รัตนกิจสิทธิ์)
ตำแหน่ง วิศวกร ควบคุม QA



ใบตรวจสอบคุณภาพขวด

ชนิดสินค้า STD 350 ML ฝาปิด EGGHEAD 30%

วันที่ตรวจสอบ 9 กรกฎาคม 2546

ลำดับที่	ลักษณะภายนอกทั่วไป	ขนาดความสูง (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรงของขวด (kgf)	การทนโมเมนต์บิด > 2.94 นิวตันเมตร	หมายเหตุ
1	ฝาปิดมีตำหนิ	355.81	13.40	ฝาปิดแตก	
2	ฝาปิดมีตำหนิ	355.26	13.37	ฝาปิดแตก	
3	ฝาปิดมีตำหนิ	355.64	13.51	ฝาปิดแตก	
4	ฝาปิดมีตำหนิ	355.75	12.98	ฝาปิดแตก	
5	ฝาปิดมีตำหนิ	355.66	13.26	ฝาปิดแตก	
6	ฝาปิดมีตำหนิ	355.59	13.44	ฝาปิดแตก	
7	ฝาปิดมีตำหนิ	355.76			
8	ฝาปิดมีตำหนิ	356.13			
9	ฝาปิดมีตำหนิ	355.21			
10	ฝาปิดมีตำหนิ	355.62			
11	ฝาปิดมีตำหนิ	355.22			
12	ฝาปิดมีตำหนิ	355.69			
13	ฝาปิดมีตำหนิ	356.11			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		356.13	13.51		
MIN		355.64	12.98		
AVG		355.72	13.32		
เกณฑ์มาตรฐาน	ฝาไม่มีตำหนิ	350 ± 10	> 10	ฝาต้องไม่แตก	

ผู้ตรวจสอบ
(ผู้ตรวจสอบ)
ตำแหน่งหัวหน้างาน 44

ผู้ตรวจสอบ

ผู้อนุมัติ
(ผู้อนุมัติ)
ตำแหน่ง ควบคุม ฝ่าย QA



ใบตรวจสอบคุณภาพหวด

ชนิดสินค้า 350 ML WASH REGROUND 407.

วันที่ตรวจสอบ

8 ธันวาคม 2546.

ลำดับที่	ลักษณะภายนอกทั่วไป	ขนาดความจุ (มิลลิลิตร)	ความแข็งแรงของขวด (kgf)	การทนโมเมนต์บิด > 2.94 นิวตันเมตร	หมายเหตุ
1	โกลีไม่มีตำหนิ	355.72	13.39	เข้าใจตรง	
2	โกลีไม่มีตำหนิ	355.75	13.46	เข้าใจตรง	
3	โกลีไม่มีตำหนิ	356.06	13.50	เข้าใจตรง	
4	โกลีไม่มีตำหนิ	355.72	13.36	เข้าใจตรง	
5	โกลีไม่มีตำหนิ	355.64	13.52	เข้าใจตรง	
6	โกลีไม่มีตำหนิ	355.59	13.46	เข้าใจตรง	
7	โกลีไม่มีตำหนิ	355.62			
8	โกลีไม่มีตำหนิ	355.77			
9	โกลีไม่มีตำหนิ	355.80			
10	โกลีไม่มีตำหนิ	355.22			
11	โกลีไม่มีตำหนิ	355.64			
12	โกลีไม่มีตำหนิ	355.56			
13	โกลีไม่มีตำหนิ	356.08			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		356.08	13.52		
MIN		355.56	13.36		
AVG		355.75	13.45		
เกณฑ์มาตรฐาน	โกลีไม่มีตำหนิ	350 ± 10	> 10	ผาดองไม่แตก	

ตรวจสอบ โกลีไม่มีตำหนิ
(ตรวจสอบ โกลีไม่มีตำหนิ)
ตำแหน่ง โกลีไม่มีตำหนิ

ผู้ตรวจสอบ

ผู้ผลิต
(บริษัท สอดอง)
ตำแหน่ง ผาดองไม่แตก



ใบตรวจสอบคุณภาพขวด

ชนิดสินค้า STD 350ML พลาสติก REGIND 60% วันที่ตรวจสอบ 11 ธันวาคม 2546

ลำดับที่	ลักษณะภายนอกทั่วไป	ขนาดความสูง (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรงของขวด (kgf)	การทนโมเมนต์บิด > 2.94 นิวตันเมตร	หมายเหตุ
1	พลาสติกใส	355.22	13.26	พลาสติกใส	
2	พลาสติกใส	355.64	13.54	พลาสติกใส	
3	พลาสติกใส	355.59	13.28	พลาสติกใส	
4	พลาสติกใส	356.11	13.60	พลาสติกใส	
5	พลาสติกใส	355.36	13.55	พลาสติกใส	
6	พลาสติกใส	355.26	13.26	พลาสติกใส	
7	พลาสติกใส	355.22			
8	พลาสติกใส	356.08			
9	พลาสติกใส	355.68			
10	พลาสติกใส	355.72			
11	พลาสติกใส	355.86			
12	พลาสติกใส	355.20			
13	พลาสติกใส	355.68			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		356.11	13.65		
MIN		355.22	13.26		
AVG		356.44	13.42		
เกณฑ์มาตรฐาน	ใสไม่มีตำหนิ	350 ± 10	> 10	ผาดึงไม่แตก	

ผู้ตรวจสอบ
(ชื่อจริง ชื่อสกุล)
ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ QA

ผู้ตรวจสอบ

ผู้ผลิต
(ชื่อจริง ชื่อสกุล)
ตำแหน่ง ผู้จัดการ QA



ใบตรวจสอบคุณภาพขวด

ชนิดสินค้า STD 350-PL ขนาด REGRIND 60% วันที่ตรวจสอบ 10 พฤษภาคม 2546

ลำดับที่	ลักษณะการบกพร่อง	ขนาดความสูง (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรงของขวด (kg)	การพบในแบบอื่น > 2.94 มิลลิเมตร	หมายเหตุ
1	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.45	12.86	พบในแบบ	
2	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.62	13.52	พบในแบบ	
3	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.73	13.38	พบในแบบ	
4	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.92	13.63	พบในแบบ	
5	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.46	13.25	พบในแบบ	
6	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	356.12	13.62	พบในแบบ	
7	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.25			
8	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.59			
9	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	356.06			
10	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.46			
11	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.22			
12	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.69			
13	สีน้ำตาลเข้มจุดดำ	355.39			
14					
15					
16					
17					
18					
MAX		356.12	13.63		
MIN		355.22	12.89		
AVG		355.59	13.38		
เกณฑ์มาตรฐาน	โพลีเอทิลีน	360 ± 10	> 10	ค่าต้องไม่เกิน	

ผู้ตรวจสอบ: วัฒนศักดิ์
(ผู้ตรวจสอบ: วัฒนศักดิ์)
ตำแหน่ง: เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ

ผู้ตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบ: วัฒนศักดิ์
(ผู้ตรวจสอบ: วัฒนศักดิ์)
ตำแหน่ง: เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ



คำขอบริการที่ 427/470113

ที่ ศพท. 427/47

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

การทดสอบ/วิเคราะห์:- **ขวดพลาสติก รหัส ขวด PETมาตรฐานขนาด 350 ml ผสม REGRIND 10 %**วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- **มอก. 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค****- กลิ่นและรส**ภาวะ การทดสอบ:- **อุณหภูมิ 27 ± 1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 %**

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำไม่เปลี่ยน

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์บุญกุล)

ผู้รับรอง

(นายไพศักดิ์ อนันต์บุญกุล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

ลงนามแทน ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 16 มกราคม 2547

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



คำขอบริการที่ 1321/460908

ที่ ศบท. 1321/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.บึงขัง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

การทดสอบ/วิเคราะห์:- ขวด PET รหัส ขวดมาตรฐานขนาด 350 ml ผสมรีกายด์ 20 %

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- มอก. 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค
- กลิ่นและรสภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ 27 ± 1 °C. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำไม่เปลี่ยน

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

ผู้รับรอง

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)

ผู้อำนวยการ

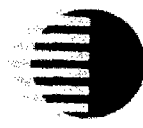
ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 22 กันยายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามมิให้นำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



คำขอบริการที่ 937/460623

ที่ ศบท. 937/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.บึงขัง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

การทดสอบ/วิเคราะห์:- ขวด PET รหัส ขวดมาตรฐานขนาด 350 ml + REGRIND 30 %

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- มอก. 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค
- กลิ่นและรส

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ 27 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำไม่เปลี่ยน

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

.....

ผู้ตรวจสอบ

.....

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

ผู้รับรอง.....

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)

ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 7 กรกฎาคม 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

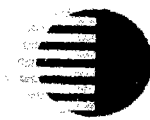
FS-PKI.-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

105/6 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10000

โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๖๙ ๑๑๒๑-๑๒๑, ๐ ๒๕๖๙ ๕๕๑๕-๑, ๐ ๒๕๖๙ ๐๑๑๐ โทรสาร (๐๒) ๐ ๒๕๖๑ ๔๔๔๑

E-mail hub@istr.or.th WWW.istr.or.th



๖๖.

90

คำขอบริการที่ 118/461027

ที่ สปท. 118/47

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.บึงขี้ออ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

การทดสอบ/วิเคราะห์:- ขวดพลาสติก รหัส ขวด PETมาตรฐานขนาด 350 ml ผสม REGRIND 40 %

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- มอก. 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค

- กลิ่นและรส

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ 27 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำไม่เปลี่ยน

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อานันต์กุล)

ผู้รับรอง

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)

ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 30 ตุลาคม 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

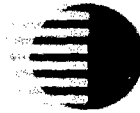
FS-PKL-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

1030 ถนนปิ่นเกล้า กรุงเทพฯ 10500

โทร. (๐๒) ๖ ๒๖๖๙๙-๑๑๒๑๑๐, ๖ ๒๖๖๙๙-๖๖๖๖, ๖ ๒๖๖๙๙-๖๖๖๖ โทรสาร (๐๒) ๖ ๒๖๖๙๑-๖๖๖๖

E-mail:istr@istr.or.th WWW.istr.or.th



ว.ว.

91

คำขอบริการที่ 67/461010

ที่ ศบพ. 67/47

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

การทดสอบ/วิเคราะห์:- ขวดพลาสติก รหัส ขวด PETมาตรฐานขนาด 350 ml ผสม REGRIND 50 %

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- มอก. 998-2533 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค
- กลิ่นและรส

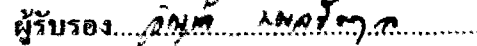
ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ 27 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ไม่มีกลิ่นรุนแรงจากภายในภาชนะพลาสติก และรสชาติของน้ำไม่เปลี่ยน

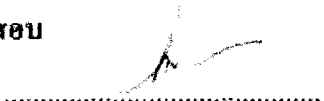
ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์



ผู้รับรอง 

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)

ผู้ตรวจสอบ



ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

(นายไพศักดิ์ ถนอมตันกุล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 30 ตุลาคม 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก ว.ว.

FS-PKL-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เลขที่ พชส.ป.ว. ๖๖๖/๖๖๖ กรุงเทพมหานคร ๑๐๖๖๖

โทร: (๐๒) ๖๖๖-๖๖๖-๖๖๖ โทรสาร: (๐๒) ๖๖๖-๖๖๖-๖๖๖ โทรสาร: (๐๒) ๖๖๖-๖๖๖-๖๖๖
E-mail: tsr@vsi.or.th WWW.vsi.or.th



สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการ

เก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เขตศูนย์กร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0 2940 7166

โทรสาร : 0 2940 7448

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและออกไปรับรองคุณภาพ

หน้า 1/1

สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (กตอ.)

รายงานผลการวิเคราะห์

ผู้ส่งตัวอย่าง นางวัฒนา จำศิริ	หมายเลขวิเคราะห์ CP.No. 2523-2526/46
ที่อยู่ บริษัท เพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 ถนนรังสิต-นครนายก ต.บึงขัง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130	วันที่รับตัวอย่าง 2 มิถุนายน 2546
โทรศัพท์ (02) 5233 - 1281 - 4 โทรสาร :	วันที่วิเคราะห์ 16 - 20 มิถุนายน 2546
ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง : ขวดพลาสติก PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 5%, 10%, 15%, 20%	วิธีการสุ่มตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ
สภาพตัวอย่างเมื่อได้รับ : ปกติ บรรจุในถุงพลาสติก	วิธีทดสอบ : มอก. 656 - 2525

รายงานผลวิเคราะห์

CP. No.	ตัวอย่าง	Germanium (mg/dm ³)
2523/46	ขนาดมาตรฐาน PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 5%	ไม่พบ
2524/46	ขนาดมาตรฐาน PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 10%	ไม่พบ
2525/46	ขนาดมาตรฐาน PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 15%	ไม่พบ
2526/46	ขนาดมาตรฐาน PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 20%	ไม่พบ

ผลการวิเคราะห์ มีดังนี้ของ เพชรแพค ตัวอย่างที่ส่งมาวิเคราะห์

ทั้งหมดไม่พบสารพิษตกค้างใด ๆ ทั้งสิ้น

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์ :

รายงานที่ : 251/46

วันที่รายงาน 23 มิถุนายน 2546

.....ผู้วิเคราะห์

.....หัวหน้า

.....ผู้อำนวยการสำนัก

(นางสุภาวดี อึ้งพิทักษ์)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ

หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

2546/46



สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการ

เก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0 2940 7166

โทรสาร : 0 2940 7448

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและออกไปรับรองคุณภาพ

หน้า 1/1

สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (กคอ.)

รายงานผลการวิเคราะห์

ผู้ส่งตัวอย่าง นางวัฒนา ชำศิริ	หมายเลขวิเคราะห์ CP.No. 4212-4213/46
ที่อยู่ บริษัท เพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 ถนนรังสิต-นครนายก ต.บึงอ้อย อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130	วันที่รับตัวอย่าง 2 กรกฎาคม 2546
โทรศัพท์ (02) 533 - 1281 - 4 โทรสาร : 5331144	วันที่วิเคราะห์ 7-10 กรกฎาคม 2546
ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง : ขนาดมาตรฐาน 350 ml RAMAPET-N1 ผสม Regrind 30 %, 40 %	วิธีการส่งตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ ---
สภาพตัวอย่างเมื่อได้รับ : ปกติ บรรจุในถุงพลาสติก	วิธีทดสอบ : มอก. 656 - 2525

รายงานผลวิเคราะห์

CP. No.

ตัวอย่าง

Germanium

(mg/dm³)

4212/46 ขนาดมาตรฐาน 350 ml RAMAPET-N1 ผสม Regrind 30 %

ไม่พบ

4213/46 ขนาดมาตรฐาน 350 ml RAMAPET-N1 ผสม Regrind 40 %

ไม่พบ

ขอสงวนสิทธิ์ในรายงานผลการวิเคราะห์นี้สำหรับ
ใช้เฉพาะในหน่วยงานเพื่อการค้าใด ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์ :

รายงานที่ : 311/46

วันที่รายงาน 11 กรกฎาคม 2546

.....ผู้วิเคราะห์

.....หัวหน้า

.....ผู้อำนวยการสำนัก

(นางสุปราณี อัมพพิทักษ์)

ผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร



สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการ
เก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0 2940 7166

โทรสาร : 0 2940 7448

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและออกไปรับรองคุณภาพ

สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (กคอ.)

รายงานผลการวิเคราะห์

ผู้ส่งตัวอย่าง นางวัฒนา ชำศิริ	หมายเลขวิเคราะห์ CP.No. 3662/46
ที่อยู่ บริษัท เพชรแพก จำกัด 47/5 หมู่ 2 ถนนรังสิต-นครนายก ต.บึงขัง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130	วันที่รับตัวอย่าง 23 มิถุนายน 2546
โทรศัพท์ (02) 5233 - 1281 - 4 โทรสาร :	วันที่วิเคราะห์ 30 มิถุนายน 2546 - 1-3 กรกฎาคม 2546
ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง : ขวดพลาสติก PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 50 %	วิธีการสุ่มตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ ----
สภาพตัวอย่างเมื่อได้รับ : ปกติ บรรจุในถุงพลาสติก	วิธีทดสอบ : มอก. 656 - 2525

รายงานผลวิเคราะห์

CP. No.

ตัวอย่าง

Germanium

(mg/dm³)

3662/46 ขนาดมาตรฐาน PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม Regrind 50 %

ไม่พบ

ผลการวิเคราะห์ไม่พบ Germanium ตัวอย่างที่ส่งมอบนี้เท่านั้น
ห้ามนำไปโฆษณาเพื่อการค้าใด ๆ ทั้งสิ้น

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์ :

รายงานที่ : 299/46

วันที่รายงาน 7 กรกฎาคม 2546

.....ผู้วิเคราะห์
.....หัวหน้า
.....ผู้อำนวยการสำนัก
(นางสุปราณี อิมพิทักษ์)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร



26 ส.ค. 2546

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เรียน ผู้จัดการ บริษัท เพชรแพค จำกัด

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ ขวดพลาสติก PET

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2546 พร้อมกับหนังสือที่ -

ลงวันที่ 24 มิถุนายน 2546 ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-006260

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง	ขวด PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม REGRIND 10%
ผู้ส่ง/ผู้ผลิต	บริษัท เพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงยี่โถ ถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ภาชนะบรรจุ	ขวดพลาสติก บรรจุ 12 ขวด
ลักษณะตัวอย่าง	ขวดพลาสติกใส
วันที่เริ่มทำการวิเคราะห์	8 กรกฎาคม 2546

หน้า 1/2

(ว.พ. ๕๒)

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-006260

ผลการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ *

คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มก./กก.)

1. ตะกั่ว	ไม่พบ	100
2. แคดเมียม	ไม่พบ	100

คุณภาพการแพร่กระจาย ที่อุณหภูมิ 60° C (มก./ลบ.คม.ของสารละลาย)

1. ฟลวง	น้อยกว่า 0.05	0.05
2. โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่พบ	1
3. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	0.5	10
4. สิ่งที่เหลือจากการระเหยสกัดโดยตัวทำละลายน้ำ	1.5	30

การตรวจเอกลักษณ์

ส่วนประกอบหลักของตัวอย่างเป็นพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีนเทรฟทาเรต

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค มอก.998-2533

ลงชื่อ  ผู้วิเคราะห์
(นางสาวศศิธร หอมดำรงวงศ์)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5


(นายประภาช บริบูรณ์)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร
โทร.0 2951 0000 ต่อ 99561

หน้า 2/2



ที่ ศธ 0620.01/ ๙๒๖๖

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 97

กระทรวงสาธารณสุข

88/7 ข.4 ฉ.คิวนนท์ นนทบุรี 11000

22 ส.ค. 2546

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เรียน คุณ วัฒนา ชำศิริ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ ขวดพลาสติก PET

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2546 พร้อมกันหนังสือที่ -

ลงวันที่ 5 มิถุนายน 2546 ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-005716

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง	ขวด PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม REGRIND 20 %
ผู้ส่ง	นางวัฒนา ชำศิริ 47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงขังโฮ
	ถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ผู้ผลิต	บริษัท เพชรแพค จำกัด
ภาชนะบรรจุ	ถุงพลาสติก บรรจุ 6 ขวด
ลักษณะตัวอย่าง	ขวดพลาสติกใส
วันที่เริ่มทำการวิเคราะห์	18 มิถุนายน 2546

หน้า 1/2

(ว.พ. ๕๒)

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-005716

ผลการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้*

คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มก./กก.)

1. ตะกั่ว	ไม่พบ	100
2. แคดเมียม	ไม่พบ	100

คุณภาพการแพร่กระจาย ที่ อุณหภูมิ 60°C (มก./ลบ.คม.ของสารละลาย)

1. พลวง	น้อยกว่า 0.05	0.05
2. โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่พบ	1
3. โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	0.8	10
4. สิ่งที่เหลือจากการระเหยน้ำ	1.5	30

การตรวจเอกลักษณ์

ส่วนประกอบหลักของตัวอย่างเป็นพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีนเทรฟทาเรต

*มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค มอก. 998-2533

ลงชื่อ



ผู้วิเคราะห์

(นางสาวศศิธร หอมดำรงวงศ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5



(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

โทร 0 2951 0000 ต่อ 99561

หน้า 2/2



- 2 S.A. 2546

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เรียน ผู้จัดการ บริษัท เพชรแพค จำกัด

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ ขวดพลาสติก

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2546 พร้อมกับหนังสือที่ -

ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2546 ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประภาช บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการพิเศษ
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-012834

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง ขวด PET ขนาดมาตรฐาน 350 มิลลิลิตร ผสม REGRIND 30%

ผู้ส่ง/ผู้ผลิต บริษัท เพชรแพค จำกัด

47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงอีโด อำเภอรัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ภาชนะบรรจุ ขวดพลาสติก บรรจุ 6 ขวด

ลักษณะตัวอย่าง ขวดพลาสติกใส

วันที่เริ่มทำการวิเคราะห์ 14 ตุลาคม 2546

หน้า 1/2

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-012834

ผลการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ *

คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มก./กก.)

1. ตะกั่ว	น้อยกว่า 2	100
2. แคดเมียม	ไม่พบ	100

คุณภาพการแพร่กระจาย ที่อุณหภูมิ 60°C (มก./ลบ.คม.ของสารละลาย)

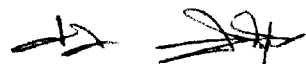
1. พลัง	น้อยกว่า 0.05	0.05
2. โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่พบ	1
3. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	0.1	10
4. สิ่งที่เหลือจากการระเหยสกัดโดยตัวทำละลายน้ำ	1.0	30

การตรวจเอกลักษณ์

ส่วนประกอบหลักของตัวอย่างเป็นพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเรต

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค มอก. 998-2533

ลงชื่อ



ผู้วิเคราะห์

(นางสาวศศิธร หอมคำรงค์วงศ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5

(นายประภาส นธิบุรณ์)

ผู้อำนวยการศูนย์ปฏิบัติการทางพิษวิทยา

ศูนย์ปฏิบัติการทางการแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

โทร. 0 2951 0000 ต่อ 99561

หน้า 2/2



101

ที่ สธ 0620.01/ 0043

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

กระทรวงสาธารณสุข

88/7 ซ.4 อ.ติวานนท์ นนทบุรี 11000

- 5 ส.ค. 2547

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์
เรียน ผู้จัดการ บริษัท เพชรแพค จำกัด

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ ขวดพลาสติก PET

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2546 พร้อมกับหนังสือที่ -

ลงวันที่ 29 ตุลาคม 2546 ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประกาศ ภิรมย์)

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติการแพทย์
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-013494

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง	ขวดมาตรฐาน 350 มิลลิลิตรผสม REGRIND 40 %
ผู้ส่ง/ผู้ผลิต	บริษัท เพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงขังโก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ภาชนะบรรจุ	ขวดพลาสติก บรรจุ 8 ขวด
ลักษณะตัวอย่าง	ขวดพลาสติกใส ขนาด 350 มิลลิลิตร
วันที่เริ่มทำการวิเคราะห์	12 พฤศจิกายน 2546

หน้า 1/2

(ว.พ. ๕๒)

1046-013494

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-013494

ผลการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้*

คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มก./กก.)

1. ตะกั่ว	ไม่พบ	100
2. แคดเมียม	ไม่พบ	100

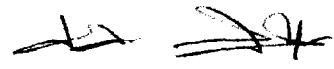
คุณภาพการแพร่กระจายที่ อุณหภูมิ 60°C (มก./ลบ.คม.ของสารละลาย)

1. ฟลวง	น้อยกว่า 0.05	0.05
2. โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่พบ	1
3. โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	0.3	10
4. สิ่งที่เกิดจากการระเหยสกัดโดยตัวทำละลายน้ำ	ไม่พบ	30

การตรวจเอกลักษณ์

ส่วนประกอบหลักของตัวอย่างเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทอร์ฟทาเรต

*มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค มอก. 998-2533

ลงชื่อ  ผู้วิเคราะห์

(นางสาวศศิธร หอมคำรงค์วงศ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5



(นายประภาส ภิรมย์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5 ปฏิบัติราชการแทน

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

โทร 0 2951 0000 ต่อ 99561



26 ส.ค. 2546

88/7 ซ.4 ถ.ติวานนท์ นนทบุรี 11000

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เรียน ผู้จัดการ บริษัท เพชรแพค จำกัด

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ ขวดพลาสติก PET

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2546 พร้อมกับหนังสือที่ -

ลงวันที่ 24 มิถุนายน 2546 ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-006259

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง	ขวด PET ขนาดบรรจุ 350 ml ผสม REGRIND 50%
ผู้ส่ง/ผู้ผลิต	บริษัท เพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 ตำบลบึงยี่โถ ถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ภาชนะบรรจุ	ขวดพลาสติก บรรจุ 12 ขวด
ลักษณะตัวอย่าง	ขวดพลาสติกใส
วันที่เริ่มทำการวิเคราะห์	8 กรกฎาคม 2546

หน้า 1/2

(ว.พ. ๕๒)

หมายเลขวิเคราะห์ที่ 1046-006259

ผลการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ *

คุณภาพของเนื้อพลาสติก (มก./กก.)

1. ตะกั่ว	ไม่พบ	100
2. แคดเมียม	ไม่พบ	100

คุณภาพการแพร่กระจาย ที่อุณหภูมิ 60° C (มก./ลบ.คม.ของสารละลาย)

1. พลวง	น้อยกว่า 0.05	0.05
2. โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่พบ	1
3. โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา	0.3	10
4. สิ่งที่เหลือจากการระเหยสกัดโดยตัวทำละลายน้ำ	1.5	30

การตรวจเอกลักษณ์

ส่วนประกอบหลักของตัวอย่างเป็นพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีนเทรฟทาเรต

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค มอก.998-2533

ลงชื่อ



ผู้วิเคราะห์

(นางสาวศศิธร หอมดำรงวงศ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5



(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ปฏิบัติราชการแทน

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

โทร.0 2951 0000 ต่อ 99561

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางวัฒนา ชำศิริ
วันเดือนปีเกิด	29 พฤศจิกายน 2507
สถานที่เกิด	อำเภอมหาราช จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	33 / 123 หมู่บ้านภัสสร 1 ตำบลคลองสาม อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทเพชรแพค จำกัด 47/5 หมู่ 2 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2519	มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์
พ.ศ. 2523	คบ. (อุตสาหกรรมศิลป์) จากราชภัฏพระนคร
พ.ศ. 2547	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร