

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การจำแนกชนิดของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ

โดย

นางจินตนา ตีกิจวัฒน์นะ

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

๑๐๘

เลขที่	๗๗
	๒๒ ๓๔
เลขทะเบียน	๙๙๒๙
วันที่	๑๑ พค. ๑๙๙๖

บทคัดย่อ

ด้วยอธิบดี จาก ๑๗

การจำแนกชนิดของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene) เป็นการศึกษาหาคุณสมบัติที่แตกต่างกันของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) และโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene หรือ LLDPE) ดำเนินการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่แตกต่างโดยการนำเม็ด LDPE และ LLDPE เกรดต่างๆมาทำการวิเคราะห์หาความถ่วงจำเพาะ, จุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก (%crystallinity) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)

ผลการวิเคราะห์หาความถ่วงจำเพาะพบว่า LLDPE ส่วนใหญ่ มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า LDPE แต่ก็มีบางเกรดที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า และจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC พบว่าโดยทั่วไปแล้ว LLDPE มีจุดหลอมเหลวและเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE และมีข้อสังเกตคือ LLDPE และ LDPE ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่าๆกัน LLDPE จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE เนื่องจากโครงสร้างของ LLDPE เป็นเส้นตรงมีแขนงสั้นจึงมีจุดหลอมเหลวและเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE ซึ่งมีโครงสร้างที่มีแขนงยาวๆมากมาย

จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้สามารถบอกความแตกต่างของ LDPE และ LLDPE ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ทำให้เลือกใช้วัตถุดิบได้ถูกต้อง สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งานเพื่อแข่งขันกับต่างประเทศได้ และเป็นประโยชน์ในการตรวจรับของของหน่วยงานต่างๆ

สารบัญ

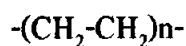
	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 กระบวนการผลิตและประโยชน์	4
2.1 ความรู้ทั่วไปและกระบวนการผลิต	4
2.2 คุณสมบัติและประโยชน์	5
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	10
3.1 วิธีดำเนินงาน	10
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	10
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	11
3.4 ผลการศึกษาวิจัย	19
บทที่ 4 ปัญหาที่เกิดขึ้น	20
4.1 ปัญหาและอุปสรรค	20
4.2 วิจารณ์ผล	21
4.3 สรุปและข้อเสนอแนะ	22
กิตติกรรมประกาศ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำพลาสติกมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการนำมาทำบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากใช้งาน สะดวก สามารถออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ดี มีคุณสมบัติในหลายๆด้าน เช่นทนทานต่อสารเคมี ทนต่อแรงกระแทก สามารถปรับสีสรรได้ตามต้องการ นอกจากนี้พลาสติกยังนำมาใช้งานใหม่ได้ (recycle) ซึ่งเป็นการประหยัดทรัพยากรและลดปริมาณขยะ พลาสติกที่รู้จักกันดีได้แก่โพลีเอทิลีน (Polyethylene) เรียกย่อๆว่า PE ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง เมื่อได้รับความร้อนจะหลอมไหลและเมื่อเย็นจะแข็งตัว จึงทำให้สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้โดยขบวนการฉีด (Injection), ขบวนการรีด (Extrusion) หรือเป่า (Blow moulding) จะใช้ขบวนการใดขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของพลาสติก (Molecular Weight Distribution) นั้นๆ

โพลีเอทิลีน มีสูตรโครงสร้างทั่วไปดังนี้



โพลีเอทิลีนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ⁽¹⁾คือ

1. Low density polyethylene (LDPE) มีจุดหลอมเหลว 95-130 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 0.910-0.925
2. Medium density polyethylene (MDPE) มีจุดหลอมเหลว 120-140 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 0.925-0.940
3. High density polyethylene (HDPE) จุดหลอมเหลว 120-130 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 0.941-0.965

ในปลายปี 1970 Linear low density polyethylene (LLDPE) เป็นที่สนใจกันมาก มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเป่าเป็นถุงได้บางและเหนียวกว่า LDPE มีจุดหลอมเหลว 120-130 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ 0.915-0.925⁽²⁾

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1.1 เพื่อให้ได้แนวทางในการวิเคราะห์ เพื่อหาองค์ประกอบและความแตกต่างระหว่าง LDPE และ LLDPE
- 1.1.2 เพื่อเผยแพร่ความรู้แก่โรงงานอุตสาหกรรม ให้มีความสามารถในการเลือกใช้วัตถุดิบได้ถูกต้อง เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ ให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาหาจุดหลอมเหลวและเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) โดยทำการศึกษาในตัวอย่าง LLDPE ที่ผลิตโดยบริษัทต่าง ๆ กัน 3 บริษัท และเกรดต่าง ๆ กัน 2 เกรด รวม 5 ตัวอย่างและศึกษาในตัวอย่าง LDPE เกรดต่าง ๆ จำนวน 5 ตัวอย่าง
- 1.2.2 ศึกษาหาความถ่วงจำเพาะ ในตัวอย่าง LLDPE จำนวน 6 ตัวอย่าง และ LDPE จำนวน 5 ตัวอย่าง
- 1.2.3 สรุปผลความแตกต่างของ LLDPE และ LDPE
- 1.2.4 ดำเนินการวิเคราะห์ หาจุดหลอมเหลว,เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก และความถ่วงจำเพาะ ในตัวอย่างที่กรมวิทยาศาสตร์บริการได้รับจำนวน 7 ตัวอย่างเพื่อจำแนกชนิดของ LDPE และ LLDPE

1.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ

สิงหาคม 2539 - กรกฎาคม 2540

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 เพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม รวดเร็ว มีความถูกต้องแม่นยำสูง
- 1.4.2 เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่ ห้องปฏิบัติการทดสอบของเอกชนและของหน่วยงานรัฐบาล
- 1.4.3 เป็นประโยชน์ในการตรวจรับของ ของหน่วยงานต่างๆ วัสดุบางอย่างในการจัดซื้อระบุว่าต้องทำจาก LLDPE จึงต้องวิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของ ตัวอย่าง
- 1.4.4 เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกในประเทศ เพื่อให้เลือกใช้วัตถุดิบได้ถูกต้องทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ต้นทุนการผลิตต่ำสามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

บทที่ 2

กระบวนการผลิตและประโยชน์

2.1 ความรู้ทั่วไปและกระบวนการผลิต^(3,4)

ในปี 1940 โพลีเอทิลีนถือว่ามีโครงสร้างเป็นเส้นตรง (Linear long chain hydrocarbon) ต่อมาการศึกษาโครงสร้างของโพลีเอทิลีน โดยการใช้เครื่อง IR (Infrared Spectrophotometer) พบว่ามีกลุ่มเมทิล (methyl group) มากกว่าที่ควรจะพบในส่วนปลายสุดของลูกโซ่ (chain) จากการศึกษาจึงพบว่า โพลีเอทิลีนมีแขนงต่อออกมาจากลูกโซ่ ของโพลีเอทิลีนเอง (side chain branch) และการมีแขนง นี้ ทำให้โพลีเอทิลีนมีคุณสมบัติเชิงกล (mechanical property) ต่างๆกัน จากการศึกษาทดลองต่อมาพบว่า เทคนิคในการโพลิเมอร์ไรเซชัน สามารถควบคุมการเกิดแขนงได้ โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีแขนงแตกออกมามาก

ในขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชันของโพลีเอทิลีน ทำให้เกิดโพลีเอทิลีนได้ทั้งที่เป็นผลึก (crystalline) และ ไม่เป็นผลึก (amorphous) ในการผลิตโพลีเอทิลีนโดยขบวนการผลิตที่ใช้ความดันสูง เรียกว่า โพลีเอทิลีนชนิดความดันสูง (High pressure polyethylene) ซึ่งจะได้โพลีเอทิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีการกระจายของน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight distribution) ในช่วงกว้าง และมีความหนาแน่นประมาณ 0.920 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจัดเป็น LDPE

ในปี 1950 มีการค้นพบ ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) บางตัว ที่ทำให้สามารถผลิตโพลีเอทิลีนโดยใช้ความดันต่ำได้เรียกว่าโพลีเอทิลีนชนิดความดันต่ำ (Low pressure polyethylene)

ต่อมาในปี 1977 บริษัท Union Carbide ได้พบเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งทำให้สามารถผลิตโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene หรือเรียกย่อๆ ว่า LDPE) ภายใต้อุณหภูมิความดันต่ำกว่า 100 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว โรงงานที่ผลิตด้วย

ขบวนการนี้จะใช้พลังงานน้อยกว่า และค่าใช้จ่ายถูกกว่าโรงงานที่ใช้ขบวนการความดันสูง

โพลิเอทิลีนที่ผลิตได้จากการใช้ Butene-1 เป็นโคโมโนเมอร์(Comonomer) จะมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถดึงเป็นฟิล์มบางได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับโพลิเอทิลีนที่ได้จากขบวนการความดันสูง แผ่นฟิล์มที่ได้จากขบวนการใหม่นี้ สามารถทำให้บางลงได้ 20-25% และมีคุณสมบัติที่แข็งแรงดีพอๆกับโพลิเอทิลีนที่ได้จากขบวนการความดันสูง บริษัท Dow Chemical เริ่มผลิตโพลิเอทิลีนโดยมี 1-Octene เป็น โคโมโนเมอร์ เข้าสู่ตลาดเป็นที่รู้จักกันในนาม Linear low density polyethylene หรือเรียกย่อๆว่า LLDPE ในการเข้าสู่ตลาดครั้งแรก LLDPE นิยมผลิตเป็นแผ่นฟิล์มบาง โดยส่วนใหญ่ใช้ทำถุง

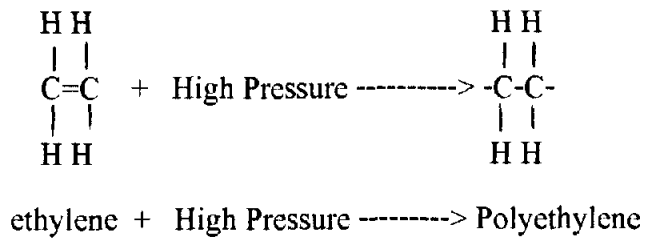
LLDPE มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงมีแขนงสั้นๆ แขนงของโพลิเมอร์สามารถจะผันแปรได้ตั้งแต่ 1 carbon atom (มี Propylene เป็น โคโมโนเมอร์) ไปจนถึง 6 carbon atom (มี 1-Octene เป็นโคโมโนเมอร์) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของเรซินที่ต้องการ มีการผลิต LLDPE ที่มีการกระจายน้ำหนักโมเลกุล ต่างๆกัน เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน

LLDPE ที่มีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลเป็นช่วงกว้าง เหมาะสำหรับการทำสายไฟ สายเคเบิล และท่อ เพราะมีค่าครีนิการไหลเหมาะกับการผลิต ส่วน LLDPE ที่มีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลเป็นช่วงที่แคบกว่า เหมาะสำหรับการทำแผ่นฟิล์ม (Film extrusion) การขึ้นรูปแบบอัดแบบพิมพ์ (Molding Application)

2.2 คุณสมบัติและประโยชน์⁽⁵⁾

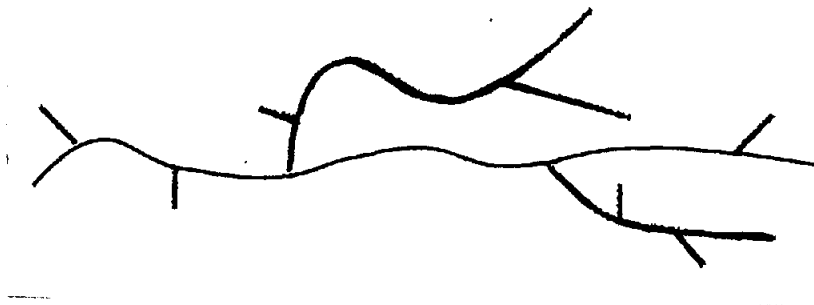
2.2.1 โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene,LDPE)

LDPE หรือเรียกว่า High Pressure, low density PE (HPLDPE) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีแขนงยาวมากมาย โดยทั่วไปเกิดจากการ โพลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีนที่ความดันสูง เพื่อให้เกิดลูกโซ่ ของโพลิเอทิลีน ดังสมการเคมี



LDPE ที่เกิดจะมีแขนงมากมายมีความหนาแน่น 0.915-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

รูปที่ 1 แสดงให้เห็น โครงสร้างของโมเลกุลของ LDPE



รูปที่ 2 แสดงให้เห็น โครงสร้างของโมเลกุลของ LLDPE



จากรูปที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของ LDPE นั้นประกอบด้วยแขนงยาวๆ มากมาย โครงสร้างเช่นนี้ทำให้เส้นลูกโซ่ของ LDPE ไม่ได้อยู่ใกล้กัน แรงยึด

เหนียวระหว่างโมเลกุลจึงมีน้อย ทำให้จุดหลอมเหลวต่ำ และกว้างคืออยู่ในช่วง 106-112 องศาเซลเซียส ส่วน LLDPE เป็นโครงสร้างที่ไม่ค่อยมีแขนง ทำให้มีจุดหลอมเหลวค่อนข้างจะสูงกว่า LDPE ดังนั้น LDPE จึงเหมาะกับขบวนการปิดผนึกด้วยความร้อน (Heat seal Operation) LDPE มี Glass transition Temperature (Tg) ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโพลิเมอร์ที่อ่อนนุ่มและยืดหยุ่น

ฟิล์ม LDPE นำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายเช่น ถุงขนมปัง ฟิล์มห่อแซนวิช ฟิล์มห่อเสื้อผ้า นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร LDPE ที่ผลิตโดยวิธีการเป่าใช้ทำบรรจุภัณฑ์บรรจุน้ำมันและเคมีภัณฑ์ LDPE ที่ผลิตโดยวิธีการฉีด นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ของใช้ในบ้าน, ฝากระป๋อง และ ของเด็กเล่น ที่สำคัญและนิยมใช้ LDPE กันมากที่สุดคือ ใช้ทำปลอกหุ้มสายไฟ และเคเบิล , ที่รองพรม , โฟมช่วยชีวิต และใช้รองกันกระแทกในการบรรจุหีบห่อ

LDPE มีคุณสมบัติเชิงกลดี เข้าขบวนการผลิตง่าย มีราคาต่ำ สามารถขึ้นรูปได้หลายอย่าง จึงมีคนนิยมใช้กันมาก LDPE ไม่เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงมาก (Extreme Stiffness), ชิ้นงานที่ต้องการความทนทานต่ออุณหภูมิสูงๆ ความต้านแรงดึงขาดสูง

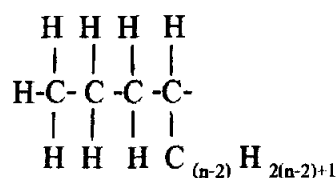
ตารางที่ 1 ผลกระทบของความหนาแน่น, อัตราการหลอมไหลเมื่อหลอมเหลว และการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล ต่อคุณสมบัติของ LDPE

คุณสมบัติ	ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น	อัตราการหลอมไหลเพิ่มขึ้น	การกระจายตัวของ น.น.โมเลกุลเพิ่มขึ้น
ความทนทานต่อแรงกระแทก	ลด	ลด	ลด
ความต้านแรงฉีกขาด	ลด	เพิ่ม	ลด
ความต้านทานแรงดึงสูงสุด	เพิ่ม	ลด	ไม่เปลี่ยน
ความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก	เพิ่ม	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
การยืดตัวเมื่อขาด	ลด	ลด	ไม่เปลี่ยน
ความแข็ง (Stiffness)	เพิ่ม	ลด	ไม่เปลี่ยน

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อ LDPE มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น คุณสมบัติในด้านความทนทานต่อแรงกระแทก , ความต้านแรงฉีกขาด และการยืดตัวเมื่อขาดจะด้อยลง แต่ความต้านแรงฉีกขาด , ความต้านแรงดึง ณ จุดคราก และความแข็ง จะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการหลอมไหลเมื่อหลอมเหลวเพิ่มขึ้นจะทำให้ คุณสมบัติของ LDPE ในเรื่องความทนทานต่อแรงกระแทก , ความต้านทานแรงดึงสูงสุด , การยืดตัวเมื่อขาด และ ความแข็ง ด้อยลงส่วน ความต้านแรงฉีกขาดจะดีขึ้น แต่ความต้านแรงดึง ณ จุดคราก ไม่เปลี่ยน การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลก็มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆเหล่านี้เช่นกัน กล่าวคือ ถ้าน้ำหนักโมเลกุลมีการกระจายตัวในช่วงกว้างเพิ่มขึ้น จะทำให้ ความทนทานต่อแรงกระแทก และความต้านแรงฉีกขาด จะด้อยลง ส่วนคุณสมบัติอื่นๆไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.2.2 โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE) ⁽²⁾

LLDPE เป็นโคโพลิเมอร์ (copolymer) ของ LDPE กับ โอลิฟิน (α -Olefin) มีโครงสร้างดังนี้



n เป็นจำนวนคาร์บอนในโคโมโนเมอร์ที่ใช้ ซึ่งส่วนมากนิยมใช้ Butene, Hexene และ Octene LLDPE จะมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10,000-100,000 และมีระดับของความเป็นผลึก (Degree Of Crystallinity) ต่างๆกัน

LLDPE จะแข็ง เหนียว เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างหลักเป็นเส้นตรงมีแขนงสั้นๆ คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเชิงกลของ LLDPE ในขณะที่หลอมเหลวและในรูปผลึกต่างกัน ขึ้นกับการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

Distribution, MWD) และความหนาแน่น ส่วนความยาวและตำแหน่งของแขนง ก็ มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ จึงควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ด้วย โคลโมโนเมอร์ที่ใช้

โดยทั่วไป LLDPE มีอัตราการหลอมไหลเมื่อหลอมเหลว ตั้งแต่ 0.5-150 กรัม/10 นาที

เนื่องจาก LLDPE สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทั้งการฉีด, การรีดและการ ขึ้นรูปแบบเหวี่ยง (Rotational molding) จึงนำมาใช้งานได้หลากหลาย ผลิตภัณฑ์ที่ ขึ้นรูปแบบฉีดได้แก่ บรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร, ฝา, ถังหิ้ว เป็นต้น เนื่องจาก LLDPE มี การไหลดีจึงทำให้ขึ้นรูปแบบเหวี่ยงได้ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแบบเหวี่ยงใช้ทำบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุของ (Shipping container) และ แท็งก์เก็บของ (Storage tanks) ใช้ทำ เฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ภายนอกอาคาร LLDPE ที่นำมาขึ้นรูปแบบรีด ได้แก่ สายหุ้มพวงท่อ ไทโรคัพท์ และสายเคเบิล เนื่องจากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีผิวเรียบดี นอกจากนี้ยังนิยมใช้ เคลือบบนกระดาษ หรือแผ่นอลูมิเนียมบางๆ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน

ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ใช้ LLDPE มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก LDPE คือจะมีความทนทานต่อการแตกร้าวเนื่องจากสถานะแวดล้อมได้ดีกว่า (Environment stress cracking resistance “ESCR”) LLDPE ช่วยลดการหดตัว (Shrinkage) และการบิดงอตัวของผลิตภัณฑ์ (Warpage) นอกจากนี้ LLDPE ยังมีความ เหนียวแม้อุณหภูมิต่ำ (Excellent low temperature toughness) มีคุณสมบัติไม่เป็นสื่อ ไฟฟ้า

LLDPE ที่นำไปใช้งานต้องเลือกให้เหมาะสมกับขบวนการผลิต และการนำ ไปใช้งานจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี โดยทั่วไป LLDPE มีการกระจายตัวของน้ำหนัก โมเลกุลในช่วงแคบๆ LLDPE จึงหนักกว่า LDPE นั้นบอกได้ว่า LLDPE รีดได้ ยากกว่า LDPE พิล์มที่ผลิตด้วย LLDPE จะมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า พิล์มที่ผลิต ด้วย LDPE และใช้ปริมาณสารน้อยกว่าเพราะสามารถรีดได้บางกว่า พิล์ม LLDPE จะ บางกว่า เหนียวกว่าและทนทานต่อแรงฉีกขาดได้ดีกว่า

บทที่ 3

ขั้นตอนดำเนินการ ผลการทดสอบ และวิจารณ์ผล

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลของ PE ชนิดต่างๆ จากหนังสือเพื่อหาความแตกต่างของ PE แต่ละชนิด รวบรวมคุณสมบัติต่างๆของ LDPE และ LLDPE

3.1.2 ดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของ LDPE และ LLDPE เกรดต่างๆ จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.1.3 ดำเนินการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว และ เปรี่เซนต์การเกิดผลึกของ LDPE และ LLDPE เกรดต่างๆ จำนวน 10 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง DSC

3.1.4 สรุปรวบรวมผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 10 ตัวอย่าง

3.1.5 ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีผู้ส่งมาให้กรมวิทยาศาสตร์บริการวิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ จำนวน 7 ตัวอย่าง

3.1.6 สรุปผลการวิจัย

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือ

3.2.1.1 เครื่อง Differential Scanning Calorimeter หรือที่เรียกย่อว่า DSC ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สูงถึง 550 องศาเซลเซียส ควบคุมอัตราการเร็วของการเพิ่มและลดอุณหภูมิได้ 0-20 องศาเซลเซียส และควบคุมอัตราการไหลผ่านของก๊าซได้ มีอุปกรณ์ควบคุมและเก็บข้อมูล อุณหภูมิที่ถูกระบุที่ลงในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุณหภูมิจริงของสารตัวอย่างซึ่งวัดโดยเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ตัวเล็กๆที่อยู่ใต้ภาชนะบรรจุสารและใต้ภาชนะที่บรรจุสารอ้างอิง DSC เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางความร้อน ที่วัดความแตกต่างของพลังงานความร้อน ที่เครื่องป้อนให้กับตัวอย่างและวัสดุอ้างอิง ในขณะที่สารตัวอย่างเริ่มอ่อนตัว

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Property)

ประเภท	จุดหลอมเหลว องศาเซลเซียส	ความถ่วงจำเพาะ	เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก
LDPE	95-130 ⁽¹⁾	0.910-0.925 ⁽⁵⁾	20-55 ⁽⁶⁾
LLDPE	115-135 ⁽⁷⁾	0.910-0.925 ⁽²⁾	55-90 ⁽⁷⁾

จากตารางจะเห็นได้ว่า LDPE และ LLDPE นั้นมีความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงเดียวกับ LLDPE มีจุดหลอมเหลวในช่วงที่สูงกว่า LDPE แต่จากจุดหลอมเหลวก็ไม่อาจจะชี้ชัดได้เลยว่าเป็น LDPE หรือ LLDPE ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก LLDPE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE จากเอกสารอ้างอิง (7) บอกช่วงเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของ LLDPE ที่เกรดต่างๆไว้ จึงรวบรวมว่าอยู่ในช่วงนี้

เพื่อศึกษาเรื่องเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของ LLDPE เกรดต่างๆดูว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกอยู่ในช่วงดังกล่าวหรือไม่ จึงนำ LLDPE และ LDPE เกรดต่างๆมาทำการศึกษาหา ความถ่วงจำเพาะ , จุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก

3.3.2 การวิเคราะห์หาความถ่วงจำเพาะ⁽⁸⁾

นำตัวอย่าง LLDPE และ LDPE จำนวน 10 ตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 LLDPE ที่ผลิตจากบริษัท Imperial Chemicals Industries (ICI)

ตัวอย่างที่ 2 LLDPE ที่ผลิตจากบริษัท DOW Chemical

ตัวอย่างที่ 3 LLDPE ที่ผลิตจากบริษัท Standard Oil Of Indiana

ตัวอย่างที่ 4 LLDPE L1810F จากบริษัท ไทยปิโตรเคมีคอลล อินดัสตรี

ตัวอย่างที่ 5 LLDPE L2009F จากบริษัท ไทยปิโตรเคมีคอลล อินดัสตรี

ตัวอย่างที่ 6 LDPE 1620J จากบริษัท ไทยโพลีเอทิลีน จำกัด

ตัวอย่างที่ 7 LDPE 1630J จากบริษัท ไทยโพลีเอทิลีน จำกัด

ตัวอย่างที่ 8 LDPE 2150F จากบริษัท ไทยโพลีเอทิลีน จำกัด

ตัวอย่างที่ 9 LDPE 1450J จากบริษัท ไทยโพลีเอทิลีน จำกัด

ตัวอย่างที่ 10 LDPE ST 1018 จากบริษัท ไทยปิโตรเคมีคอลล อินดัสตรี

นำตัวอย่างทั้ง 10 มาวิเคราะห์หาความถ่วงจำเพาะดังนี้

- 3.3.2.1 ตัวอย่างเป็นเม็ด (Pellet) นำมาวางเรียงให้ใกล้กันบนแผ่นเหล็กกล้า ไร้สนิม ที่วางแผ่นแม่พิมพ์ไว้ข้างบน วางแผ่นเหล็กกล้าอีกแผ่นทับไว้ข้างบน นำไปอัดด้วยเครื่องอัดความดัน อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียสความดัน 2100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วแกะออกจากพิมพ์
- 3.3.2.2 คัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาด 1x1 เซนติเมตร
- 3.3.2.3 วางตัวอย่างบนที่สำหรับวางตัวอย่างด้านบนของตะแกรง จดน้ำหนักของตัวอย่างไว้ เป็นค่า W แล้วกด Tare ขณะที่ตัวอย่างยังวางอยู่ข้างบน
- 3.3.2.4 นำตัวอย่างมาใส่ในน้ำ โดยให้อยู่ใต้ตะแกรงสำหรับกด ตัวอย่างเพื่อตัวอย่างจะได้จมอยู่ใต้น้ำ จดน้ำหนักซึ่งเป็นค่า G
- 3.3.2.5 วัดอุณหภูมิของน้ำขณะที่ทำการทดสอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ จดอุณหภูมิของน้ำขณะที่ทำการทดสอบ นำมาคูณค่าของความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่ำทำการทดสอบ เป็นค่า D
- 3.3.2.6 คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะตามสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = W / G \times D$$

W = น.น.ของตัวอย่าง

G = น.น.ของตัวอย่างในอากาศ - น.น.ของตัวอย่างในน้ำ

D = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่ำทำการทดสอบ

3.3.3 ผลการวิเคราะห์ทดสอบ

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของตัวอย่าง LLDPE และ LDPE

ตัวอย่างที่	ชื่อ	ถ.พ.	ตัวอย่างที่	ชื่อ	ถ.พ.
1	LLDPE ICI	0.912	6	LDPE LD 1620J	0.912
2	LLDPE DOW	0.921	7	LDPE LD 1630J	0.911
3	LLDPE S	0.918	8	LDPE LD2150F	0.916
4	LLDPE L1810F	0.920	9	LDPE LD1450 J	0.914
5	LLDPE L 2009F	0.919	10	LDPE ST 1018	0.905

จากตารางจะเห็นว่าตัวอย่างที่ 2-5 ซึ่งเป็น LLDPE มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าตัวอย่างที่ 6-10 ซึ่งเป็น LDPE ยกเว้น LLDPE ICI ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ LDPE LD 1620 J และต่ำกว่า LDPE LD 2150 F ค่าความถ่วงจำเพาะนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแขนงของโพลีเอทิลีนนั้นๆ ถ้าแขนงยิ่งมากและยาวความถ่วงจำเพาะจะต่ำ แสดงว่า LLDPE ICI มีโคโมโนเมอร์ที่เป็นลูกโซ่ค่อนข้างยาว เช่น Octene ความถ่วงจำเพาะจึงค่อนข้างต่ำกว่า LLDPE ตัวอื่นๆ

3.3.4 วิธีการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก⁽⁹⁾

นำตัวอย่างที่ 1-10 มาทำการวิเคราะห์ทดสอบดังนี้

3.3.4.1 ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมที่มีน้ำหนักประมาณ 5-10 มิลลิกรัม

นำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียด

3.3.4.2 วางตัวอย่างในถ้วยอลูมิเนียม ปิดฝาให้สนิทด้วยที่ปิดตัวอย่าง

3.3.4.3 วางถ้วยตัวอย่างเปล่าๆที่ปิดฝาสนิทเช่นเดียวกับตัวอย่างไว้ในช่องที่วางวัสดุอ้างอิงซึ่งอยู่ด้านขวา และวางถ้วยที่ใส่ตัวอย่างไว้ด้านซ้าย ปิดฝาบนช่องที่ใส่ตัวอย่างและวัสดุอ้างอิง ปิดครอบไว้ด้วยภาชนะสำหรับใส่ในโครเจนเหลว

3.3.4.4 ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างและวัสดุอ้างอิง โดยป้อนข้อมูลการทำงานใส่ในคอมพิวเตอร์ โปรแกรมการทำงาน โดยเริ่มให้ความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิห้อง จนถึงอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมเหลวประมาณ 50 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ให้คงที่ที่อุณหภูมินี้ 10 นาที และลดอุณหภูมิลงด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวประมาณ 50 องศาเซลเซียส จึงเริ่มให้ความร้อนเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมเหลว 20 องศาเซลเซียส

3.3.4.5 คำนวณหาจุดหลอมเหลว และ ค่า Heat of fusion จากเทอร์โมแกรมที่ได้ครั้งหลังสุด โดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง ทำตัวอย่างละ 2 ครั้ง ซึ่งจุดหลอมเหลวต้องต่างกันไม่เกิน 3.1 องศาเซลเซียส และค่า Heat of Fusion ต้องต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิแคลอรี ต่อ มิลลิกรัม

3.3.4.6 จากค่า Heat Of Fusion นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกจากสูตร⁽¹⁰⁾

$$\% \text{ การเกิดผลึก} = \frac{H_f \text{ ของตัวอย่าง}}{H_f \text{ ของ PE}} \times 100$$

$$H_f \text{ ของ PE}_{100\% \text{ Crystallinity}}$$

$$H_f \text{ ของ PE ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก } 100\% = 68.4 \text{ mcal/mg}^{(11)}$$

3.3.5 ผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก

ตัวอย่างที่	ชื่อ	จุดหลอมเหลว องศาเซลเซียส	เปอร์เซ็นต์ การเกิดผลึก
1	LLDPE ICI	125.06	61.46
2	LLDPE DOW	125.07	76.69
3	LLDPE S	126.40	76.15
4	LLDPE L1810F	118.91	59.26
5	LLDPE L 2009F	119.90	59.49
6	LDPE LD 1620J	98.6	49.18
7	LDPE LD 1630 J	98.3	52.15
8	LDPE LD 2150 F	116.3	46.92
9	LDPE LD 1450 J	100.5	54.30
10	LDPE ST 1018	102.7	40.29

จากตารางจะพบว่า LLDPE จะมีช่วงจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลของ LLDPE นั้นเอง กล่าวคือ LLDPE มีโมเลกุลเป็นระเบียบกว่า จึงมีแรงเกาะระหว่างโมเลกุลสูง จึงมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE

เพื่อที่จะดูความสัมพันธ์ของ ค่าความถ่วงจำเพาะ, จุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกจึงรวบรวมค่าเหล่านี้ไว้ด้วยกันในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.),จุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของตัวอย่าง LLDPE และ LDPE

ตัวอย่างที่	ชื่อ	ถ.พ.	จุดหลอมเหลว องศาเซลเซียส	เปอร์เซ็นต์การ เกิดผลึก
1	LLDPE ICI	0.912	125.06	61.46
2	LLDPE DOW	0.921	125.07	76.69
3	LLDPE S	0.918	126.40	76.15
4	LLDPE L1810F	0.920	118.91	59.13
5	LLDPE L2009F	0.919	119.90	59.49
6	LDPE LD 1620J	0.912	98.60	49.18
7	LDPE LD 1630 J	0.911	98.30	52.15
8	LDPE LD 2150 F	0.916	115.90	46.92
9	LDPE LD 1450 J	0.914	100.50	54.30
10	LDPE ST 1018	0.915	102.70	40.29

จากตารางจะพบว่า โดยส่วนใหญ่แล้ว LLDPE จะมีความถ่วงจำเพาะ,จุดหลอมเหลวและเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE ส่วน LLDPE ICI และ LDPE LD 1620J มีความถ่วงจำเพาะ 0.912 เท่ากัน แต่ LLDPE จะมีจุดหลอมเหลว 125.06 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่า LDPE ที่มีจุดหลอมเหลวเพียง 98.60 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกก็สูงกว่าด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก LLDPE ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่าๆกันกับ LDPE นั้น LLDPE จะมีจุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE⁽¹¹⁾ จากคุณสมบัติที่แตกต่างกันเหล่านี้ ทำให้สามารถทราบได้ว่า ตัวอย่างเป็น LLDPE หรือ LDPE

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีผู้ส่งมาให้กรมวิทยาศาสตร์บริการ
วิเคราะห์มี 7 ตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่	หมายเลขปฏิบัติการ	ชื่อตัวอย่าง
1	RL 862	ถังขยะ
2	TE 989	เม็ดพลาสติก
3	TE 993	พลาสติก
4	TG 149	เม็ดพลาสติก
5	TI 273	ชิ้นพลาสติก
6	TJ 292	ถังขยะมูลฝอย
7	TN 788	เม็ดพลาสติก

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์หาความถ่วงจำเพาะ , จุดหลอมเหลว และ เปอร์เซ็นต์
การเกิดผลึก ของตัวอย่างที่มีผู้ส่งมาวิเคราะห์ 7 ตัวอย่าง

หมายเลข ปฏิบัติการ	ความถ่วง จำเพาะ	จุดหลอมเหลว องศาเซลเซียส	เปอร์เซ็นต์ การเกิดผลึก	จัดเป็น
RL 862	0.923	120.24	74.23	LLDPE
TE 989	0.916	120.54	61.21	LLDPE
TE 993	0.910	115.73	61.00	LLDPE
TG 149	0.912	101.57	30.88	LDPE
TI 273	0.909	125.84	64.21	LLDPE
TJ 292	0.921	126.53	63.45	LLDPE
TN 788	0.916	119.78	55.90	LLDPE

จากตารางพบว่าตัวอย่างทั้ง 7 ตัวอย่างมีเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้นที่เป็น LDPE
เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกต่ำคือ ตัวอย่าง TG 149 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกเท่า
กับ 30.88 ส่วนอีก 6 ตัวอย่างเป็น LLDPE เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูง
กว่า 55

ในตัวอย่างหมายเลขปฏิบัติการ TN 788 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก 55.9 ซึ่งสูงกว่า 55 เพียงเล็กน้อย แต่จากการดู ค่าความถ่วงจำเพาะและจุดหลอมเหลว จะพบว่า LDPE LD 2150 F นั้นมีความถ่วงจำเพาะ 0.916 เท่าๆกับ TN 788 แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า คือมีจุดหลอมเหลว 116.30 องศาเซลเซียส ขณะที่ TN 788 มีจุดหลอมเหลว 119.78 องศาเซลเซียส และ LDPE LD 2150 F มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก 46.92 ซึ่งไม่ถึง 55 ดังนั้น ตัวอย่าง TN 788 จึงจัดเป็น LLDPE การดูค่าความถ่วงจำเพาะ และจุดหลอมเหลวประกอบจะช่วยให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้น เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกเป็นค่าที่อาจผิดพลาดได้ถ้าเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ คือ DSC ไม่ได้รับการ Calibrate ที่ดีพอ

3.4 ผลจากการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง LDPE และ LLDPE ทั้ง 10 ตัวอย่างปรากฏว่า LLDPE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE และอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 55%

โดยส่วนใหญ่แล้ว LLDPE จะมีความถ่วงจำเพาะ และ จุดหลอมเหลว สูงกว่า LDPE ถึงแม้ว่าใน LLDPE บางเกรดจะมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ LDPE แต่ LLDPE ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ LDPE จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE ถึงแม้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะ หรือ จุดหลอมเหลวเพียงอย่างเดียวหนึ่ง จะไม่สามารถบอกได้ว่าเป็น LLDPE หรือ LDPE แต่ในบางกรณีตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกใกล้เคียง 55 มาก ควรจะดูค่าความถ่วงจำเพาะ และจุดหลอมเหลวประกอบการตัดสินใจ หากมีความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก การพิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะ และจุดหลอมเหลวประกอบ จะช่วยได้มาก

บทที่ 4

ปัญหาที่เกิดขึ้น

4.1 ปัญหาและอุปสรรค

ในงานวิจัยเรื่องนี้มีปัญหาในการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดมาก และต้องมีการปรับเทียบอุณหภูมิและค่าความร้อนเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สารมาตรฐานที่ใช้ในการปรับเทียบต้องเป็นสารที่มีความบริสุทธิ์สูง สารมาตรฐานที่ใช้ควรเป็น ลวดอินเดียม (Indium wire) ความบริสุทธิ์สูง 99.995 % และ คีบุก บริสุทธิ์ 99.999 % เป็นต้น นอกจากนี้ มีสารมาตรฐานอีก 2 ตัวที่ใช้ด้วยก็คือ สังกะสี บริสุทธิ์ 99.999% และ ตะกั่ว บริสุทธิ์ 99.999% ในการปรับเทียบอุณหภูมิและค่าความร้อนที่เกิดขึ้น จะมีซอฟต์แวร์ช่วยคำนวณ และมีวิธีการปรับเทียบตามที่มีในคู่มือการใช้เครื่องของแต่ละเครื่อง การปรับเทียบอุณหภูมิอาจจะปฏิบัติตาม เอกสารหมายเลข 12 และ การปรับเทียบค่าความร้อน ก็ปฏิบัติตาม เอกสารหมายเลข 13

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC ต้องเป็นตัวอย่างที่มีเนื้อเดียวกัน เนื่องจากเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้สารปริมาณน้อยมาก เพียง 5-10 มิลลิกรัมเท่านั้น และเครื่องชั่งต้องเป็นเครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูงมีทศนิยม 5 ตำแหน่ง

ในขั้นตอนการทำให้เย็นลง เครื่อง DSC ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิตอนที่ทำให้เย็นลงได้โดยอัตโนมัติ ผู้วิเคราะห์ต้องทำเอง โดยต้องคอยเติมไนโตรเจนเหลวในภาชนะที่ครอบบริเวณที่ใส่ตัวอย่างอยู่ ต้องคอยเติมทีละน้อยเพื่อไม่ให้อุณหภูมิเย็นลงเร็วเกินไป การที่อุณหภูมิเย็นลงเร็วเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกลดลง เนื่องจากโพลิเมอร์ต้องใช้เวลา ในการที่โมเลกุลจะเรียงตัวกันให้

เป็นระเบียบ (crystalline) ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิในช่วงตอนเย็นลงมีความสำคัญต่อการเกิดผลึกมาก

การวิเคราะห์ต้องใช้ความละเอียดรอบคอบ ต้องมีความรู้ถึงผลกระทบที่จะเกิดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน เพื่อจะได้ใช้ความระมัดระวังในการวิเคราะห์ ค่าที่ได้จึงจะมีความถูกต้องแม่นยำสูง

4.2 วิจารณ์ผล

ผลของการวิจัย เรื่องการจำแนกชนิดของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำนี้ สามารถบอกความแตกต่างของโพลีเอทิลีนทั้ง 2 ชนิดได้จากเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก งานวิจัยทำให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างความถ่วงจำเพาะ, จุดหลอมเหลว และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก LLDPE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE LLDPE ส่วนใหญ่มีความถ่วงจำเพาะ และจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE แต่ก็มี LLDPE บางเกรดที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ หรือน้อยกว่า LDPE LLDPE และ LDPEที่มีความถ่วงจำเพาะเท่าๆกัน LLDPE จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจมีการเติมสีสรร และมีตัวเติมอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไปได้ ในตัวอย่าง RL 862 และ TJ 292 เป็นตัวอย่างที่มีสีเขียวยและสีดำตามลำดับ จึงทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะค่อนข้างสูง แต่ค่าจุดหลอมเหลวไม่น่าจะมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ถ้าไม่ได้ใส่ตัวเติมในปริมาณมากเกินไป เนื่องจากในการพลาสติกและตัวเติมอื่นๆมีจุดหลอมเหลวต่างกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกจะเปลี่ยนแปลงบ้าง เนื่องจากค่าความร้อนที่เกิดคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างด้วย เมื่อมีปริมาณตัวเติมอยู่ด้วย น้ำหนักของเนื้อพลาสติกต่างๆจะลดลงจากความเป็นจริง ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกเปลี่ยนแปลงไปได้ ในตัวอย่างหมายเลขปฏิบัติการ RL 862 และ TJ 292 มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงมากอยู่แล้วจึงไม่ยากที่จะตัดสิน แต่ถ้าเป็นกรณีที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกไม่

สูงมาก คือใกล้เคียง 55 % ต้องใช้ความระมัดระวังในการวิเคราะห์ ในกรณีนี้ควรดูค่าความถ่วงจำเพาะและจุดหลอมเหลวประกอบ

4.3 สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลจากการดำเนินการวิจัยในเรื่องนี้ พบว่า LLDPE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกสูงกว่า LDPE และพบว่า LLDPE และ LDPE ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่าๆกันนั้น LLDPE จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า LDPE

ข้อเสนอแนะในการวิเคราะห์ ควรจะต้องใช้สารมาตรฐานเช่นอินเดียม ความบริสุทธิ์สูง 99.995 % ทำการวิเคราะห์ในสภาวะเดียวกับตัวอย่าง ดูค่าจุดหลอมเหลวว่าคลาดเคลื่อนจากเดิมหรือไม่ ถ้ามีการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นควรจะต้องมีการปรับเทียบค่าอุณหภูมิ และค่าความร้อนก่อน ที่เลือกใช้อินเดียมเนื่องจากอินเดียมมีจุดหลอมเหลว 156.6 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างที่วิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นเม็ดพลาสติก ควรนำมาอัดเป็นแผ่นให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดในการวิเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำผลงานขอขอบคุณ หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติกคุณ โภคา สิงห์วิทย์ ที่ให้การสนับสนุนในการทำงานนี้ และขอขอบคุณ คุณโสภณ จินพงษ์ จากบริษัทไทยปิโตรเคมีคอลล อินดัสตรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ตัวอย่างเม็ดพลาสติก LDPE และ LLDPE ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Dean , John A. , **Lange's Handbook Of Chemistry**, Fourteenth Edition ,
Mc.Graw- Hill Inc., New York , 1992 , p. 10.44
2. Pate ,Tammy J. , “ Polyethylene Linear Low Density (LLDPE)” in Brandrup,J.
and Immergut , E.H. **HandBook of Plastic Materials and Technology** , A
Wiley-Interscience Publication, New York , 1990, pp. 327- 338
3. Restaino ,Michael C. , “ Polyethylene , Introduction” , in Rubin , Irvin I.
Handbook of Plastic Materials and Technology, A Wiley-Interscience
Publication, New York,1990, pp. 311-315
4. Nurse , Richard H. , “ Technology of Polyethylenes ” , in Edenbaum , Jesse
Plastic Additives and Modifiers Handbook , Van Nostrand Reinhold , New
York ,1992 , pp. 84-93
5. Bibee ,Dougkas V. , “Polyethylene , Low Density (LDPE) ”, in Rubin, Irvin I.
Handbook of Plastic Materials and Technology , A Wiley- Interscience
Publication , New York , 1990, pp. 317-323
6. Zonheir Jandali , M. and Widmann, Georg , “PE Characterizing by Crystallinity”
in **Collected Application , Thermal Analysis, Thermoplastics** , Switzerland ,
Mettler Toledo , 1996 , p.19
7. Quirk ,R.P. and Alsamarraie, M.A.A. “ Physical Constants of Poly(ethylene)”
in Branrup , J. and Immergut, E.H. **Polymer Handbook** , Second Edition , A
Wiley-Interscience Publication ,New York , 1989, pp. V/15 - V/19
8. American Society for Testing and Materials , Specific Gravity (Relative
Density) and Density of Plastics by Displacement , **ASTM D 792-86,1990**

9. American Society for Testing and Materials , Heat of Fusion and Crystallization of Polymers by Thermal Analysis , **ASTM D 3417-83 (Reapproved 1998)**,1997
10. Brennan ,W.P., “ Characterization and Quality Control of Engineering Thermoplastics by Thermal Analysis”, in **Thermal Analysis Application Study 22**, Norwalk Connecticut , Perkin- Elmer Corporation Instrument Division, 1977, p.2
11. Briston ,J., **Plastics Films** , second edition , Longman Scientific & Technical in association with the Plastics and Rubber Institute, Hongkong , 1986, pp. 14-16
12. American Society for Testing and Materials , Temperature Calibration of Differential Scanning Calorimeters and Differential Thermal Analyzers , **ASTM D 967-92** , 1997
13. American Society for Testing and Materials , Practice for Heat Flow Calibration of Differential Scanning Calorimeters, **ASTM E 968** , 1997

ภาคผนวก



เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)