

รู้จัก พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต หรือ เพ็ท (PET)

พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต เป็นพลาสติกที่มีส่วนสำคัญในชีวิตประจำวันของเราทุกคน พลาสติกชนิดนี้สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ สิ่งทอ ฟิล์ม ไปจนถึงชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับรถยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ เทปบันทึกแม่เหล็ก แผ่นฟิล์มถ่ายภาพ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวัสดุที่เบาและทนการกระแทก นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต เป็นหนึ่งในเทอร์โมพลาสติกที่นำกลับมาแปรรูปใหม่ (recycle) ได้ ในบทความนี้เรามาทำความรู้จัก ที่มา สมบัติด้านต่างๆ และการใช้งาน รวมถึงการเสื่อมสภาพของพลาสติกชนิดนี้ไปด้วยกัน



ที่มา: M. Holland company (2024) และ Chemate Group (2024)

รูปที่ 1. พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตเรซิน

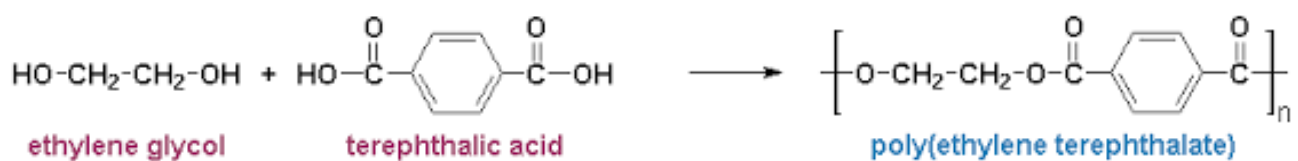


ที่มา: บริษัท เอสจีอี เคมี จำกัด (2567); ตลาดผ้าจางสตีตย์ (2567) และ บริษัท ไทย แพ็คเกจจิง แมนูแฟกเจอริ่ง จำกัด (2567)

รูปที่ 2. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต

PET คืออะไร

PET ย่อมาจาก พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต Poly (ethylene terephthalate) เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ ได้จากกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้นของมอนอเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ เอทิลีนไกลคอล กับ ไดเมทิลเทเรฟทาเลต หรือระหว่างเอทิลีนไกลคอล กับ กรดเทเรฟทาลิก ดังสมการ



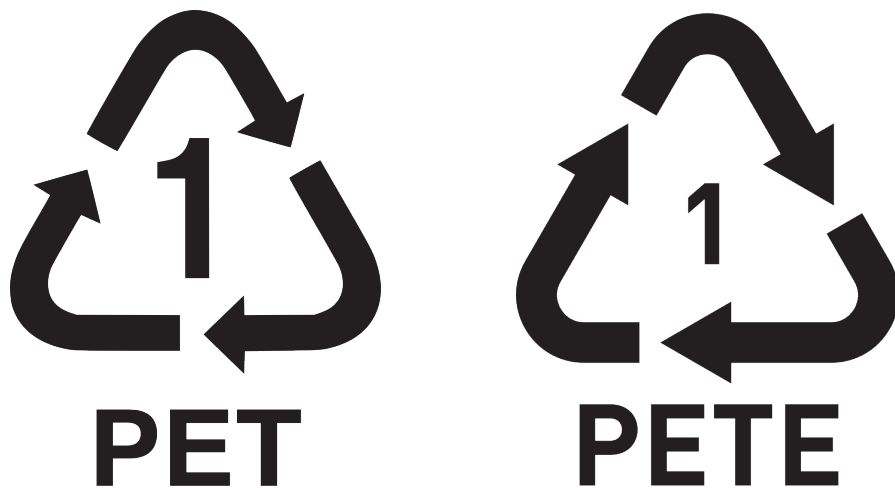
ที่มา: ขวัญวิมาน หวานดี และคณะ (2555)

ด้วยโครงสร้างทางเคมีของ PET ที่มีหมู่แอโรมาติก ในหน่วยซ้ำ (repeating unit) ทำให้ PET มีความแข็งแรงที่โดดเด่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโซ่พอลิเมอร์อยู่ในแนวเดียวกัน โดยเรียงกันอย่างเป็นระเบียบในรูปแบบกึ่งผลึก PET จึงนำไปผลิตเป็นเส้นใยสิ่งทอที่มีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อการเสียดสีได้สูง ดังนั้นสิ่งทอจาก PET จึงมีความต้านทานต่อรอยยับย่นได้ดีเยี่ยม

ด้วยน้ำหนักโมเลกุลที่สูงขึ้นจากการมีแอโรมาติกในโครงสร้าง จึงทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย และป้องกันการซึมผ่านได้ดี มีความใสเนื่องจากมีส่วนที่เป็นอสัณฐาน

(amorphous) ในโครงสร้างเคมี ทำให้ขึ้นรูป PET ด้วยวิธีการทั่วไปที่ใช้กับเทอร์โมพลาสติกอื่นๆ ได้ นอกจากนี้ สามารถใช้กระบวนการเป่าขึ้นรูป เป็นภาชนะใสที่มีความแข็งแรง และความแข็งแรงสูง ซึ่งก๊าซและของเหลวแทบไม่สามารถซึมผ่านได้ จึงนำ PET มาใช้กันอย่างแพร่หลายในขวดเครื่องดื่มอัดลม กล่อง และภาชนะบรรจุอาหาร เป็นต้น

PET เป็นพลาสติกนำกลับมาแปรรูปใช้ใหม่กันอย่างแพร่หลายในบรรจุภัณฑ์ประเภทขวดโดยมีรหัส Recycle หมายเลข 1 และมีตัวอักษรย่อระบุเป็น PET หรือ PETE ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. สัญลักษณ์รีไซเคิลของ PET

สมบัติของ PET

ปกติ PET เป็นเรซินไม่มีสี มีความใส ลักษณะเป็นพอลิเมอร์กึ่งผลึก (semi-crystalline) และมีน้ำหนักเบามาก ป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและความชื้นได้ รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของแอลกอฮอล์ และตัวทำละลายได้ดี มีความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทก และมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้ PET เปลี่ยนเป็นสีขาวเมื่อสัมผัสกับคลอโรฟอร์ม และสารเคมีบางชนิด เช่น โทลูอีน เป็นต้น ดังตารางที่ 1 แสดงสมบัติบางประการของ PET

ตารางที่ 1. สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สมบัติด้านความร้อน สมบัติทางแสง และสมบัติการขึ้นรูปของ PET

Thermal Properties	Metric
CTE, linear	30.6 - 100 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$
CTE, linear, Transverse to Flow	48.0 - 80.0 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$
Specific Heat Capacity	1.00 - 1.50 $\text{J}/\text{g}^{\circ}\text{C}$
	1.21336 - 2.30 $\text{J}/\text{g}^{\circ}\text{C}$ @Temperature 60.0 - 280 $^{\circ}\text{C}$
Thermal Conductivity	0.190 - 0.290 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$
Melting Point	200 - 260 $^{\circ}\text{C}$
Maximum Service Temperature, Air	60.0 - 225 $^{\circ}\text{C}$
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	66.0 - 250 $^{\circ}\text{C}$
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	60.0 - 230 $^{\circ}\text{C}$
Vicat Softening Point	74.0 - 85.0 $^{\circ}\text{C}$
Minimum Service Temperature, Air	-50.0 - -20.0 $^{\circ}\text{C}$
Glass Transition Temp, Tg	70.0 - 82.0 $^{\circ}\text{C}$
UL RTI, Electrical	75.0 - 150 $^{\circ}\text{C}$
UL RTI, Mechanical with Impact	75.0 - 150 $^{\circ}\text{C}$
UL RTI, Mechanical without Impact	75.0 - 150 $^{\circ}\text{C}$
Flammability, UL94	HB - 5VB
Oxygen Index	22.0 - 25.0 %
Optical Properties	Metric
Refractive Index	1.57 - 1.59
Haze	0.300 - 40.0 %
Gloss	108 - 166 %
Transmission, Visible	67.0 - 99.0 %
Processing Properties	Metric
Processing Temperature	90.0 - 300 $^{\circ}\text{C}$
Melt Temperature	120 - 295 $^{\circ}\text{C}$
Mold Temperature	10.0 - 163 $^{\circ}\text{C}$
Drying Temperature	65.0 - 160 $^{\circ}\text{C}$
Moisture Content	0.100 - 0.400 %
Chemical Properties	Metric
Acetaldehyde	0.100 - 3.00 ppm
Physical Properties	Metric
Density	0.0700 - 2.50 g/cc
	1.10 - 1.20 g/cc @Temperature 285 - 285 $^{\circ}\text{C}$
Water Absorption	0.0200 - 0.800 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.0400 - 0.600 %
Water Absorption at Saturation	0.400 - 0.700 %
Particle Size	2500 - 3500 μm
Water Vapor Transmission	0.490 - 6.00 $\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$
Oxygen Transmission	5.10 - 23.0 $\text{cc}\cdot\text{mm}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot\text{atm}$
Oxygen Transmission Rate	2.00 - 20.0 $\text{cc}/\text{m}^2/\text{day}$
Viscosity Test	62.0 - 86.0 cm^3/g
Viscosity Number	0.800 - 85.0 cm^3/g
Maximum Moisture Content	0.0100 - 0.400
Thickness	100 - 1200 microns
Linear Mold Shrinkage	0.00100 - 0.0200 cm/cm
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.00100 - 0.0110 cm/cm
Melt Flow	3.50 - 70.0 $\text{g}/10 \text{ min}$

การใช้งาน PET

การเลือกเกรดของ PET เพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ พิจารณาจากค่าความหนืดอินทรีนสิก (intrinsic viscosity, IV) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ค่าความหนืดที่เหมาะสมกับการใช้งานด้านต่างๆ

การใช้งาน	Intrinsic viscosity (IV)	Unit : dL/g
Fiber	0.40 – 0.70 (Textile)	
	0.72 – 0.98 Technical, tire cord	
Film	0.60 – 0.70 (biaxially oriented PET film)	
	0.70 – 1.00 Sheet grade for thermoforming	
Bottle	0.70 – 0.78 Water bottles (flat)	
	0.78 – 0.85 Carbonated soft drink grade	
Monofilament, engineering plastic	1.00 – 2.00	

ที่มา: Saurabh Rajan (2017)

การเสื่อมสภาพของ PET

เป็นกระบวนการที่พลาสติกชนิดนี้ค่อยๆ แตกตัวและสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เนื่องจากปัจจัยต่างๆ กระบวนการนี้มีความสำคัญเพราะมีผลกระทบต่อการใช้งาน การรีไซเคิล และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของพลาสติก PET

1. แสงแดด: รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet, UV) จากแสงแดด ทำให้พันธะโมเลกุลของพลาสติก PET แตกตัว จึงเปราะ และแตกง่าย กระบวนการนี้เรียกว่า โฟโตออกซิเดชัน (Photo oxidation)
2. อุณหภูมิ: ความร้อนสูง สามารถเร่งกระบวนการออกซิเดชัน และการย่อยสลายของพันธะโมเลกุลในพลาสติก PET ทำให้วัสดุเสื่อมสภาพเร็วขึ้น
3. ความชื้น: การสัมผัสกับน้ำหรือความชื้น สามารถทำให้เกิดการไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นการแตกตัวของพันธะเอสเทอร์ในโครงสร้างของ PET ทำให้ความแข็งแรงลดลง
4. สารเคมี: การสัมผัสกับสารเคมีบางชนิด เช่น ตัวทำละลาย และกรด สามารถทำให้พลาสติก PET เสื่อมสภาพและสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพ

ผลจากการเสื่อมสภาพ

1. เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ: การเสื่อมสภาพทำให้พลาสติก PET เปราะบาง เหลือง และสูญเสียความโปร่งใส
2. สูญเสียคุณสมบัติทางกล: ความแข็งแรง และความยืดหยุ่นลดลง ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ตามที่ตั้งใจ
3. ลดคุณภาพในการรีไซเคิล: พลาสติกที่เสื่อมสภาพยากต่อการรีไซเคิล และอาจไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานใหม่

การป้องกันการเสื่อมสภาพ

- การเติมสารป้องกันรังสี UV: ใช้สารเติมแต่งที่สามารถดูดซับรังสี UV เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพจากแสงแดด
- การเก็บรักษาที่เหมาะสม: เก็บพลาสติก PET ในที่เย็นและแห้ง เพื่อป้องกันความร้อน และความชื้น
- การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ดี: ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันแสงและอากาศ เพื่อยืดอายุการใช้งานของพลาสติก PET

PET เป็นหนึ่งในพลาสติกที่ได้รับความนิยมใช้กันมาก และนำกลับมาแปรใช้ใหม่มากที่สุดในโลก การรู้จักที่มา และเข้าใจสมบัติด้านต่างๆ เพื่อเลือกใช้งาน รวมถึงการจัดการกับการเสื่อมสภาพของพลาสติก PET ถือเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน และการนำกลับมาแปรใช้ใหม่ ช่วยลดการสร้างขยะ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดทรัพยากร และเกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาการผลิต และการบริโภคที่ยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความเป็นอยู่ของคนในยุคปัจจุบัน และคนรุ่นหลังต่อไป 🔄



เอกสารอ้างอิง

- ขวัญวิมาน หวานดี และคณะ. 2555. การเพิ่มค่าความหนืดของพลาสติกโพลีเอทิลีน เทอร์เลฟเทเลตโดยใช้วิธีโพลีเมอไรเซชันแบบเฟสของแข็ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MPM059.pdf>, [เข้าถึงเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567].
- ตลาดค้าส่งสถิติ. 2567. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.taladpha.com/article/polyester>, [เข้าถึงเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567].
- บริษัท ไทย แพ็คเคจจิ้ง แมนูแฟกเจอริ่ง จำกัด. 2567. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thaipackaging.com>. [เข้าถึงเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567].
- บริษัท เอสจีอี เคมี จำกัด. 2567. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://sgechem.com/articles/ขวดน้ำ-พลาสติก-pet-ใช้ซ้ำได้>, [เข้าถึงเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567].
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2560. พจนานุกรมศัพท์พอลิเมอร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา. พิมพ์ครั้งที่ 2 (แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: บริษัท เดอะ เบสท์ เพรส แอนด์ ครีเอชั่น จำกัด.
- Saurabh Rajan, 2017. Polymer Academy. [online]. Available at: <https://polymeracademy.com/polyethylene-terephthalate-pet/>, [accessed 1-4 July 2024].
- Material Property Data. 2024. [online]. Available at: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=a696bdcdf6f41dd98f8eec3599eaa20&ckck=>, [accessed 1-4 July 2024].
- M. Holland company. 2024. [online]. Available at: <https://www.mholland.com/?s=PET+resin>, [accessed 1-4 July 2024].
- Chemate Group. 2024. [online]. Available at: <https://www.chemategroup.com/th/>, [accessed 1-4 July 2024].