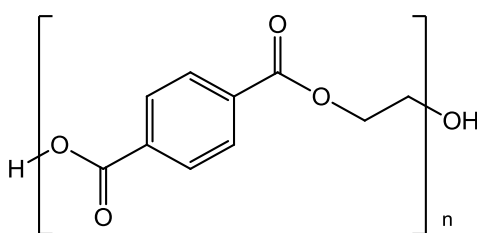


บทที่ 16 รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภท

พลาสติกชีวภาพพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Bio-Polyethylene terephthalate)

1. ข้อมูลทั่วไป

พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate : PET) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางและสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) ระหว่างกรดเทเรฟทาลิก (Terephthalic acid) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) PET มีวงอะโรมาติกเป็นองค์ประกอบบนโครงสร้างหลัก ทำให้มีความแข็งแรง ยืดหยุ่นและสามารถรับแรงกระแทกได้ดี จึงนิยมใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ต่างๆ แผ่นฟิล์ม และขวดพลาสติก ซึ่งมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ สลายตัวยาก^[1] และเนื่องจากสารตั้งต้นในการผลิต PET ได้จากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 3.4 kg CO₂/kg polymer^[2] จึงทำให้ปัญหาสภาวะโลกร้อนและเกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ดังนั้นในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์และพัฒนาต่างให้ความสนใจที่จะผลิตวัสดุต่างๆ จากวัตถุดิบทางธรรมชาติ รวมทั้งอุตสาหกรรมพลาสติก เนื่องจากพลาสติกและพอลิเมอร์ถือเป็นหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันอย่างมาก และ PET เป็นหนึ่งในพอลิเมอร์ที่สามารถผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพได้ เรียกว่า พลาสติกชีวภาพพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Bio-Polyethylene terephthalate : Bio-PET) ดังภาพที่ 1^[3] ซึ่ง Bio-PET มีโครงสร้างและคุณสมบัติเหมือน PET เกือบทุกประการ ดังคุณสมบัติตารางที่ 1 แต่สามารถสังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติหรือวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้ (Non-Compostable biobased) คือโมโนเอทิลีนไกลคอลชีวภาพ (Bio-monoethylene glycol : Bio-MEG) 30% และกรดเทเรฟทาลิกบริสุทธิ์ (Purified terephthalic acid : PTA) 70% ถึงแม้ว่า Bio-PET จะไม่ถือเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Non-biodegradable) แต่ก็ไม่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขณะเผาไหม้และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงถือเป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพในอนาคต^[4,5,6]



ภาพที่ 1 โครงสร้าง Bio-PET

ตารางที่ 1 สมบัติโดยทั่วไปของพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต^[7]

Mechanical properties	
Coefficient of friction	0.2 – 0.4
Hardness – Rockwell	M94 - 101

Mechanical properties	
Izod impact strength (J/m)	13 - 35
Young's modulus of elasticity (10^9 N.m ²)	2 - 2.7
Tensile modulus (GPa)	2 - 4
Tensile strength (MPa)	80, for biax film 190 - 260
Physical properties	
Density (g/cm ³)	1.3 - 1.4
Limiting oxygen index (%)	21
Water absorption – Equilibrium (%)	< 0.7
Thermal properties	
Heat – Deflection temperature	80 - 115
Coefficient of thermal expansion ($\times 10^6$ K ⁻¹)	20 - 80
Specific heat (J/K.kg)	1200 - 1350
Thermal conductivity (W/m.K)	0.15 - 0.4 @23°C

การพัฒนาและส่งเสริมพลาสติกชีวภาพให้มีการใช้อย่างแพร่หลายเพิ่มขึ้น เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งจะไปทำลายชั้นโอโซนทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน โดยในปัจจุบันมีพลาสติกชีวภาพหลายประเภท เช่น พลาสติกชีวภาพพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต พลาสติกชีวภาพพอลิเอทิลีน (Bio-Polyethylene : Bio-PE), พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinat : PBS), พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid : PLA) ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าพลาสติกทั่วไปที่ได้จากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล แสดงดังตารางที่ 2 และจากสถิติการใช้งานพลาสติกชีวภาพชนิดต่างๆ ในปี ค.ศ. 2016 พบว่า Bio-PET มีการใช้งานสูงถึง 80.1% ของปริมาณการใช้งานพลาสติกชีวภาพโดยรวม ^[8,9]

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพลาสติกชีวภาพ ^[10]

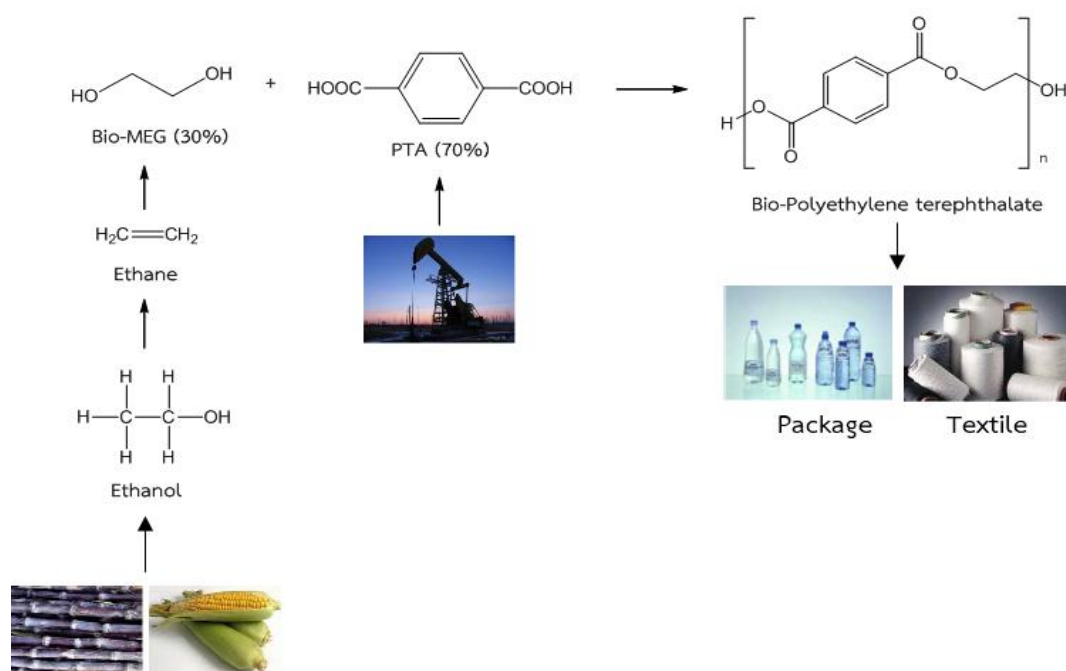
Bioplastic (1 Kg)	Remove CO ₂ (1 Kg)
Bio-PE (100% biobased carbon content)	3.14
PLA (100% biobased carbon content)	1.83
Bio-PET (20% biobased carbon content)	0.46
Bio-PET (100% biobased carbon content)	2.29

การเรียกชื่อ Bio-PET สามารถเรียกได้หลายแบบทั้งชื่อทางเคมี คือ Polyethylene terephthalate หรือชื่อทางการค้าซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ได้แก่ GLOBIO™, GLOBAL, Eastlon และ RAMAPET เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชื่อทางการค้าของ Bio-PET ตามบริษัทผู้ผลิต

Company	Trade name
Toyota Tsusho Corporation	GLOBIO™
Toray Industries, Inc.	GLOBAL
FKuR Kunststoff GmbH	Eastlon
Indorama Ventures Public Company Limited	RAMAPET
NatureWorks	Ingeo™

กระบวนการสังเคราะห์ Bio-PET สามารถแบ่งตามสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ได้ 2 แบบ คือ การสังเคราะห์ที่ใช้สารตั้งต้นจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ และสองคือการสังเคราะห์จากสารชีวมวล (Biomass) สำหรับการสังเคราะห์แบบแรกยังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน โดยใช้สารตั้งต้นคือ PTA และ Bio-MEG ปริมาณ 70% และ 30% ตามลำดับ ในขั้นตอนแรกเริ่มจากการนำวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติหรือสามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ เช่น อ้อย ข้าวโพด มาสกัดเอาน้ำอ้อยเพื่อให้ได้เป็นน้ำตาลและเอทานอลชีวภาพ แล้วเปลี่ยนเป็นเอทิลีน จากนั้นเข้าสู่กระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบการเติม (Addition polymerization) เพื่อเปลี่ยนเอทิลีนเป็นพอลิเอทิลีน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น Bio-MEG จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนที่สองซึ่งเป็นการเตรียม PTA จากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเริ่มจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลไปเป็นพาราไซรีน (Paraxylene : PX) แล้วจึงนำ PX ไปผ่านกระบวนการ Forming process ได้เป็น PTA ดังภาพที่ 2 จากนั้น Bio-MEG จะเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) กับ PTA เพื่อสังเคราะห์เป็น Bio-PET แสดงดังภาพที่ 2 ^[11,12,13,14]



ภาพที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์ Bio-PET modify by [15]

2. กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การประยุกต์ใช้ Bio-PET ยังมีการใช้งานในวงที่จำกัดและยังไม่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายเท่า PET ซึ่งนักวิจัยและนักพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมต่างให้ความสนใจที่จะพัฒนาและส่งเสริมการใช้งาน Bio-PET ให้หลากหลายมากขึ้น เพื่อลดการเกิดภาวะก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงแม้ว่าโครงสร้างและคุณสมบัติของ PET และ Bio-PET จะมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่สำหรับหนึ่งปัจจัยที่สำคัญและอาจมีความแตกต่างกันคือสถานะที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตแตกต่างกันนั่นเอง

Bio-PET สามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่างๆ เหมือนกับเทอร์โมพลาสติกทั่วไป เช่น กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection molding), กระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow molding), กระบวนการขึ้นรูปเส้นใย (Fiber spinning) เป็นต้น โดยแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection molding)

กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ของ Bio-PET มีขั้นตอนเหมือนการฉีดเทอร์โมพลาสติกทั่วไป แต่สถานะที่ใช้ อาจมีความแตกต่างกันตามชนิดของพอลิเมอร์ เช่น สถานะที่ใช้ในการฉีดเข้าแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปขวดพลาสติกจากเม็ดพลาสติก Bio-PET เกรด BCB80 ของบริษัท Toyota Tsusho แสดงสถานะสำหรับกระบวนการฉีดดังตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในการฉีดเข้าแม่พิมพ์ของ Bio-PET ^[16]

Injection properties	Value	Unit
Drying temperature	160	°C
Hot runner manifold	280	°C
Drying time	4	hours
Hot runner manifold	285	°C
Rear temperature	275	°C
Injection time	7	second
Rear temperature	285	°C
Injection time	10	second
Middle temperature	280	°C
Cooling time	6	°C
Middle temperature	285	°C
Cooling time	8	°C
Front temperature	280	°C
Cooling temperature	12	°C
Front temperature	285	°C
Cooling temperature	10	°C
Nozzle temperature	280-285	°C

2.2 กระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow molding)

กระบวนการเป่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ Blow molding เป็นการขึ้นรูปขึ้นงานจากพลาสติกหลอมเพื่อให้ตรงกลางมีลักษณะกลวง เช่น ขวดพลาสติก และอีกประเภทคือกระบวนการเป่าฟิล์ม (Blow film) เป็นการขึ้นรูปฟิล์มที่มีตรงกลางกลวงเช่นกัน โดยจะมีการควบคุมความหนาและขนาดให้ได้ตามต้องการ ซึ่งเม็ดพลาสติก Bio-PET แต่ละเกรดจะมีช่วงของสภาวะในการขึ้นรูปที่ใกล้เคียงกัน โดยได้ยกตัวอย่างสภาวะที่ใช้ขึ้นรูปขวดพลาสติกด้วยกระบวนการเป่า ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 5 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในการเป่าขึ้นรูปของ Bio-PET ^[17]

Parameter	Value (°F)	Value (°C)
Melt temperature	390 - 430	200 - 220
Feed throat	70	20
Feed section	355	180

Parameter	Value (°F)	Value (°C)
Compression section	410	210
Metering section	410 - 430	210 - 220
Nozzle	410 - 430	210 - 220
Mold	70 - 100	21 - 38
Back pressure	100 - 200 psi	
Mold shrinkage	0.004 in/in $\pm$ 0.001	

2.3 กระบวนการขึ้นรูปเส้นใย (Fiber spinning)

เส้นใยหรือเส้นใยระดับนาโน (Nanofibers) ที่ได้จากกระบวนการขึ้นรูปเส้นใยเป็นที่นิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมทางการแพทย์ โดยพลาสติกชีวภาพ Bio-PET สามารถนำมาขึ้นรูปด้วยกระบวนการนี้ได้ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งทอ เช่น เสื้อผ้า อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น โดยบริษัทที่มีการจำหน่ายสินค้าที่ผลิตจาก Bio-PET เช่น Nike ซึ่งมีแหล่งการผลิตคือ PlantBottle™ ของบริษัท Coca-Cola และมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาเพื่อให้สามารถผลิตอุปกรณ์เหล่านี้จาก 100% Bio-PET ได้ภายในอนาคต

การพัฒนาทางเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตคือ เพื่อผลิตชิ้นงานต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกันตามความต้องการและการประยุกต์ใช้งาน โดยมีกระบวนการขึ้นรูปที่แตกต่างกันนี้ จะส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้จากแต่ละกระบวนการมีสมบัติแตกต่างกันด้วยเช่นกัน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สมบัติของ Bio-PET จำแนกตามกระบวนการขึ้นรูป

Process	Other Properties				
	Intrinsic viscosity (dL/g)	Density (g/cm ³)	Melting temperature	Color L	Color b
Injection molding	0.78-0.82	1.39-1.41	245-251	> 80	< 1.0
Blow molding	0.80 $\pm$ 0.02	-	247 $\pm$ 2.0	-	-1.5 $\pm$ 1.5
Fiber spinning	0.64-0.65	-	252-258	73-79	0-2

3. บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

3.1 บริษัทผู้ผลิต Bio-PET

3.1.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Bio-PET ภายในประเทศไทย

บริษัทผู้ผลิต	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด	1 ถนนปิ่นหินซอย 1 บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800	02-5861111	ไทย	https://www.scgchemicals.com/en
บริษัท อินโดรามา เวนเจอร์ส จำกัด (มหาชน)	75/102 โอเชียนทาวเวอร์ 2 ชั้น 37 สุขุมวิท ซอย 19 กรุงเทพฯ 10110	02-6616661	ไทย	http://www.indoramaventures.com

3.1.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Bio-PET ในต่างประเทศ

Manufactures	Address	Contact	Country	Website
Toyota Tsusho Corporation	9-8, Meieki 4-chome, Nakamura-ku, Nagoya 450-8575	81(52)-584-5000	Japan	http://www.toyota-tsusho.com/english
NatureWorks	15305 Minnetonka Boulevard Minnetonka, MN 55345	(952) 562-3400	USA	http://www.natureworksllc.com/
FKuR Kunststoff GmbH	Siemens ring 79, 47877 Willich	-	Germany	http://fkur.com/
Indorama Ventures Public Company Limited.	1301 Finley Island Road, Decatur, Alabama, AL35601, USA	+847-943-3100	USA	http://www.indoramaventures.com/
Clear Lam Packaging, Inc.	1950 Pratt Blvd Elk Grove Village, IL 60007 847-439-8570	847-439-8570	USA	http://www.clearlam.com

Manufactures	Address	Contact	Country	Website
Toray Industries, Inc.	Nihonbashi Mitsui Tower, 1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8666	+81-3-3245-5111	Japan	http://www.toray.com

3.2 บริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PET

3.2.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PET ภายในประเทศ

บริษัทผู้จำหน่าย	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด	1 ถนนปิ่นหินซอย 10800 บางซื่อ กรุงเทพฯ	02-5861111	ไทย	https://www.scgchemicals.com/en
บริษัท อินโดรามา เวนเจอร์ส จำกัด (มหาชน)	75/102 โอเชียนทาวเวอร์ 2 ชั้น 37 สุขุมวิท ซอย 19 กรุงเทพฯ 10110	02-6616661	ไทย	http://www.indoramaventures.com

3.2.2 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PET ในต่างประเทศ

Manufactures	Address	Contact	Country	Website
Toyota Tsusho Corporation	9-8, Meieki 4-chome, Nakamura-ku, Nagoya 450-8575	81(52)-584-5000	Japan	http://www.toyota-tsusho.com/english
Clear Lam Packaging, Inc.	1950 Pratt Blvd Elk Grove Village, IL 60007 847-439-8570	847-439-8570	USA	http://www.clearlam.com

Manufactures	Address	Contact	Country	Website
Toray Industries, Inc.	Nihonbashi Mitsui Tower, 1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8666	+81-3-3245-5111	Japan	http://www.toray.com
Indorama Ventures Public Company Limited.	1301 Finley Island Road, Decatur, Alabama, AL35601, USA	+847-943-3100	USA	http://www.indoramaventures.com/
FKuR Kunststoff GmbH	Siemensring 79, 47877 Willich	-	Germany	http://fkur.com/

4. การนำไปประยุกต์ใช้ Bio-PET ในอุตสาหกรรม

Bio-PET นอกจากจะมีกระบวนการขึ้นรูปเหมือนกับเทอร์โมพลาสติกทั่วไปแล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายด้านโดยเฉพาะการผลิตขวดพลาสติกและพลาสติกเชิงวิศวกรรม เช่น บรรจุภัณฑ์อาหาร ขวดพลาสติกและฟิล์มต่างๆ อุปกรณ์และชิ้นส่วนรถยนต์ ด้านสิ่งทอ เป็นต้น และมีความคาดหวังจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตและการใช้งานให้แพร่หลายมากขึ้น

4.1 อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจาก Bio-PET นิยมผลิตเป็นขวดพลาสติกประเภทต่างๆ โดยกลุ่มผู้นำการผลิตบรรจุภัณฑ์และขวดพลาสติกจาก Bio-PET ได้แก่ บริษัท Coca-Cola Co. และ Pepsi Co. จะผลิตขวดพลาสติกประเภทขวดน้ำดื่ม (Dasani), ขวดน้ำอัดลม (Coca-cola), ขวดซอสมะเขือเทศ (Heinz) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจาก Bio-PET ^[18,19]

ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำอัดลม	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Blow molding
ขวดซอสมะเขือเทศ		
ฝาขวดน้ำ	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding

ตารางที่ 11 ตัวอย่างคุณสมบัติของเม็ดพลาสติก Bio-PET สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์อาหาร [20,21,22]

Property	RAMAPET N1B	RAMAPET N2B	RAMAPET E1
Intrinsic viscosity (dL/g)	0.80 ± 0.02	0.76 ± 0.02	1.08 ± 0.03
Density (g/cm ³)	-	-	-
Acetaldehyde (ppm)	1 Max	1 Max	1 Max
Color b	-1.5 ± 1.5	-1.5 ± 1.5	-1.5 ± 1.5
Melting point (°C)	247 ± 2.0	247 ± 2.0	232 ± 2.0
Crystallinity (%)	50 Min	50 Min	45 Min
Moisture content (wt%)	0.2 Max	0.2 Max	0.2 Max

4.2 อุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอีกหนึ่งอุตสาหกรรมที่สามารถใช้ Bio-PET เป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ โดยบริษัทที่ผลิตเส้นใยจาก Bio-PET เช่น Teijin Fiber Limited ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตเส้นใยจากพอลิเอสเตอร์ และสามารถผลิตเส้นใยจาก Bio-PET เพื่อผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่ม หรือบริษัท Nike ผู้ผลิตและจำหน่ายเสื้อผ้าและอุปกรณ์กีฬาจาก Bio-PET แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4 [23,24]

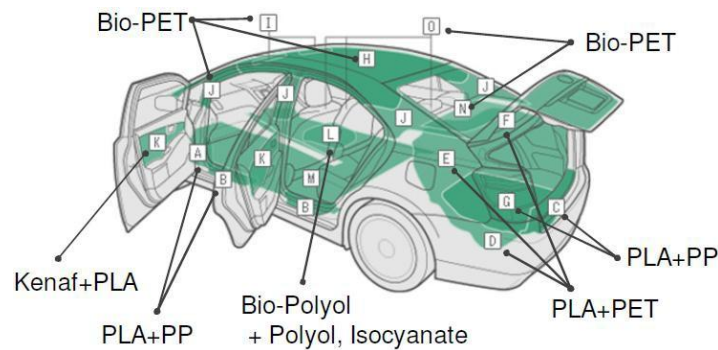


ภาพที่ 4 ตัวอย่างสิ่งทอที่ผลิตจาก Bio-PET [23,24]

เส้นใย ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Fiber spinning

4.3 อุตสาหกรรมยานยนต์

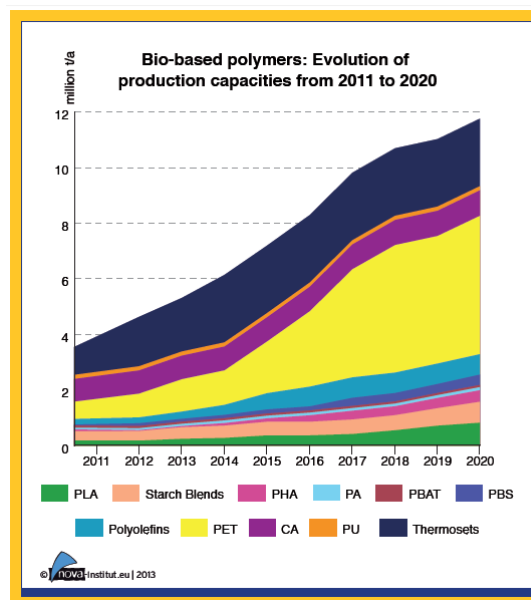
Bio-PET สามารถผลิตเป็นชิ้นส่วนหรืออะไหล่รถยนต์ เช่น เบาะที่นั่ง (Seat trims), เครื่องกรองอากาศ (Air filter), พรมปูพื้น (Floor carpets) เป็นต้น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัท Toyota Tsusho Corporation ที่ผลิตจาก Bio-PET [2]

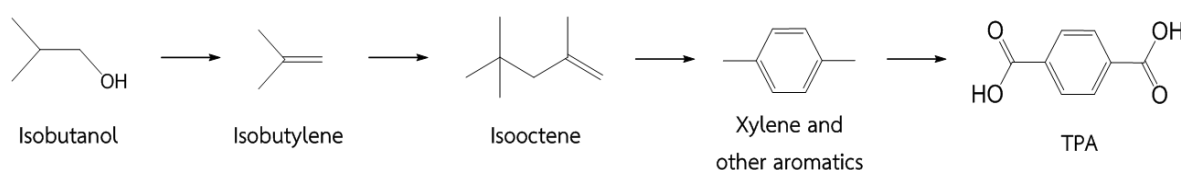
5. ความรู้และข่าวสารใหม่ๆ

สำหรับประเทศไทย บริษัท SCG Chemicals ถือเป็นกลุ่มผู้ผลักดันการใช้ Bio-PET ภายในประเทศไทย และยังได้รับการยอมรับคุณภาพมาตรฐานจากสถาบันชั้นนำ เช่น Japan-Food and Drug Association อีกด้วย ดังนั้นจึงคาดการณ์ว่าจะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก Bio-PET แทนการใช้ PET ได้ในอนาคต และปัญหาใหญ่ที่ทั่วโลกให้ความสนใจคือ การเกิดภาวะโลกร้อน ส่งผลให้มนุษย์หันมาให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น โดยจะเน้นการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบจากธรรมชาติหรือวัตถุดิบที่ทดแทนใหม่ได้ เช่น พลาสติกชีวภาพ (Bio-based polymers) จากดังภาพที่ 6 สังเกตว่าแนวโน้มการขยายตัวของพลาสติกชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2011-2020 และ Bio-PET เป็นพลาสติกชีวภาพที่คาดการณ์ว่าจะขยายตัวเป็นอันดับ 1 นั้นเอง [25]

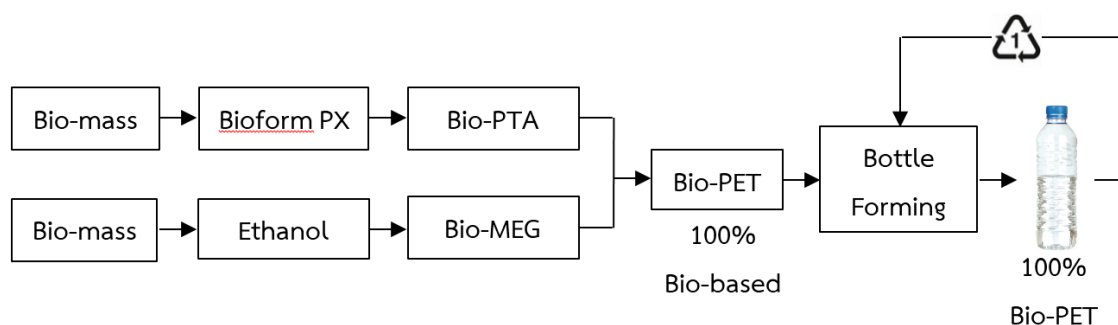


ภาพที่ 6 แนวโน้มการขยายตัวของ Bio-based polymer ตั้งแต่ปี 2011-2020 [25]

สำหรับบรรจุภัณฑ์พลาสติกและขวดเครื่องดื่มที่ผลิตจาก Bio-PET ในปัจจุบันส่วนมากผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติเพียง 30% เท่านั้น ดังนั้นบริษัท Coca-Cola Company จึงมีเป้าหมายที่จะผลิตขวดพลาสติกจากวัตถุดิบทางธรรมชาติ 100% ให้ได้มากกว่า 1 ล้านตันต่อปี ภายในปี 2020 โดยขั้นตอนการผลิตขวดพลาสติก 100% Bio-PET จะใช้วัตถุดิบทางธรรมชาติ เช่น ไอโซบิวทานอล (Isobutylene) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) หรือไลโมนีน (Limonene) เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิต ไซลีน (xylene) หรือพาราไซรีน (Paraxylene) ผ่านกระบวนการ Bio-Forming เพื่อผลิตเป็น Bio-PTA แทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แสดงกระบวนการสังเคราะห์ดังภาพที่ 7 จากนั้น Bio-PTA จะเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันกับ Bio-MEG เพื่อสังเคราะห์เป็น Bio-PET ที่มีความบริสุทธิ์ 100% ดังภาพที่ 8 และยังคงคาดการณ์ว่า Bio-PET จะถูกนำไปผลิตเป็นขวดน้ำดื่มมากกว่า 5 ล้านตัน ในปีค.ศ. 2020 ^[13,26,27]



ภาพที่ 7 กระบวนการสังเคราะห์ PTA จากวัตถุดิบทางธรรมชาติ



ภาพที่ 8 แผนผังกระบวนการผลิตขวดพลาสติกจาก 100% Bio-based ^[27]

เอกสารอ้างอิง

- [1] Japu, C., de Ilarduya, A. M., Alla, A., & Muñoz-Guerra, S. (2014). Bio-based poly (ethylene terephthalate) copolyesters made from cyclic monomers derived from tartaric acid. *Polymer*, 55(10), 2294-2304.
- [2] TBiA (2014). "Bioplastics: Plastics for a sustainable choice" Auditorium
- [3] Shen, L., Haufe, J., & Patel, M. K. (2009). Product overview and market projection of emerging bio-based plastics PRO-BIP 2009. *Report for European polysaccharide network of excellence (EPNOE) and European bioplastics*, 243.

- [4] Toyota Tsusho, Toyota Tsusho Expanding its New Plant-Derived Plastic Brand GLOBIO®-Decision made to use GLOBIO for Suntory Natural Mineral Water bottles- [Online] 2013. Available from: http://www.toyota-tsusho.com/english/press/detail/130326_001840.html.
- [5] Gironi, F., & Piemonte, V. (2011). Life cycle assessment of polylactic acid and polyethylene terephthalate bottles for drinking water. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 30(3), 459-468.
- [6] Lucchetti, C., De Simone, G., Galli, G., & Tuccimei, P. (2016). Evaluating radon loss from water during storage in standard PET, bio-based PET, and PLA bottles. *Radiation Measurements*, 84, 1-8.
- [7] Polyethylene terephthalate Key Properties [Online] 2008. Available from: <http://www.phoenixtechnologies.net/media/371/PET%20Properties%202008.pdf>
- [8] M. Thielen (2014). “Bioplastics” Federal ministry of food and agriculture
- [9] Jacques lightfoot-Plastics (2016). “Bioplastics in south africa” Report compiled by Jacques Lightfoot-Plastics.
- [10] R. Narayan (2017). “Chapter 2 Biodegradable and Biobased Plastics: An Overview” Modern Agriculture, Green Chemistry and Sustainable Technology : 23-34
- [11] Bioplastics magazine [Online] 2009. Available from: <https://issuu.com/bioplastics/docs/bioplasticsmagazine>
- [12] H. Storz and K.D. Vorlop (2013). “Bio-based plastics: status, challenges and trends” Appl Agric Forestry Res 63 : 321-332
- [13] Han, J. H. (Ed.). (2005). *Innovations in food packaging*. Academic Press.
- [14] Birgit, G. (2014). Dossier – Bioplastics as food contact materials. *Food Packaging Forum*
- [15] C.T.Peng (2012). “ECO Friendly PET” Far eastern new century corporation 1-22
- [16] Globio™ Bio-PET, Globio™ Bio-PET Product details [Online] 2016. Available from: <http://omnexus.specialchem.com/product/t-toyota-tsusho-globio-bio-pet.html>.
- [17] Ingeo™ Biopolymer 7032D Technical Data Sheet [Online] 2017. Available from: http://www.natureworkslc.com/~media/Files/NatureWorks/Technical-Documents/Technical-Data-Sheets/TechnicalDataSheet_7032D_bottles_.pdf

- [18] Coca-Cola's 100% Plant-Based Bottle, United States of America [Online] 2017. Available from: <http://www.packaging-gateway.com/projects/-coca-cola-plant-based-bottle/-coca-cola-plant-based-bottle1.html>
- [19] A. Held (2014). "Bioproducts and biofuels – growing together!"
- [20] Indorama ventures, RAMAPET N1B [Online] 2016. Available from: http://www.indoramaventures.com/pdf/OB/PET_Asia/Specialty/Bottle/RAMAPET_N1B.pdf
- [21] Indorama ventures, RAMAPET N2B [Online] 2016. Available from: http://www.indoramaventures.com/pdf/OB/PET_Asia/Specialty/Bottle/RAMAPET_N2B.pdf
- [22] Indorama ventures, RAMAPET E1 [Online] 2016. Available from: http://www.indoramaventures.com/pdf/OB/PET_Asia/Specialty/Bottle/RAMAPET_E1.pdf
- [23] From PET to R-PET to Bio-PET [Online]. Available from: http://www.sidel.com/media/2919953/sidel_inline_6_from_pet_to_r-pet_to...pdf
- [24] Bioplastics magazine [Online] 2011. Available from: <https://issuu.com/bioplastics/docs/bioplasticsmagazine>
- [25] A.S. Mirabal, L. Scholz, et al., (2013). "Bio-based Polymers in the World Capacities, Production and Applications: Status Quo and Trends towards 2020" nova institute
- [26] G.J. Gruter (2015). "PEF, a 100% bio-based polyester: Synthesis, Properties & Sustainability" Euronanoforum
- [27] D. Komula (2011). "Completing the Puzzle: 100% Plant-Derived PET" bioplastics MAGAZINE