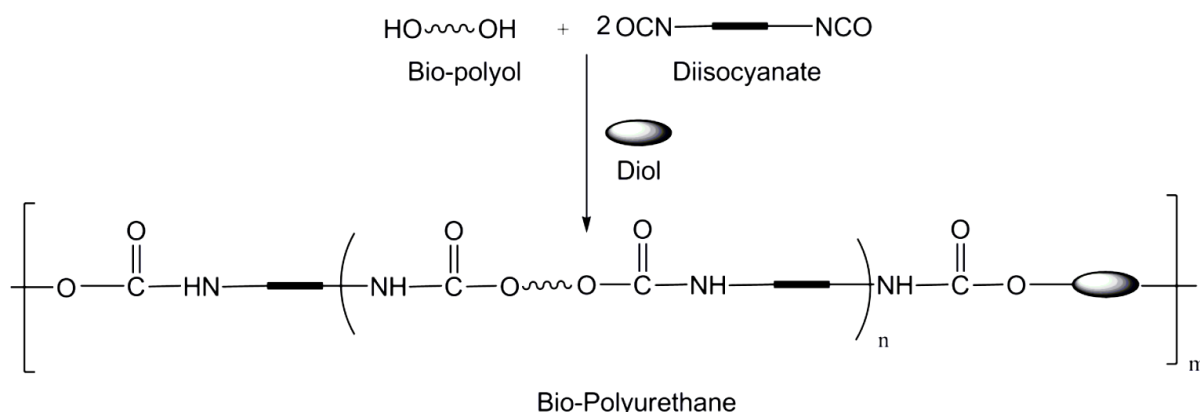


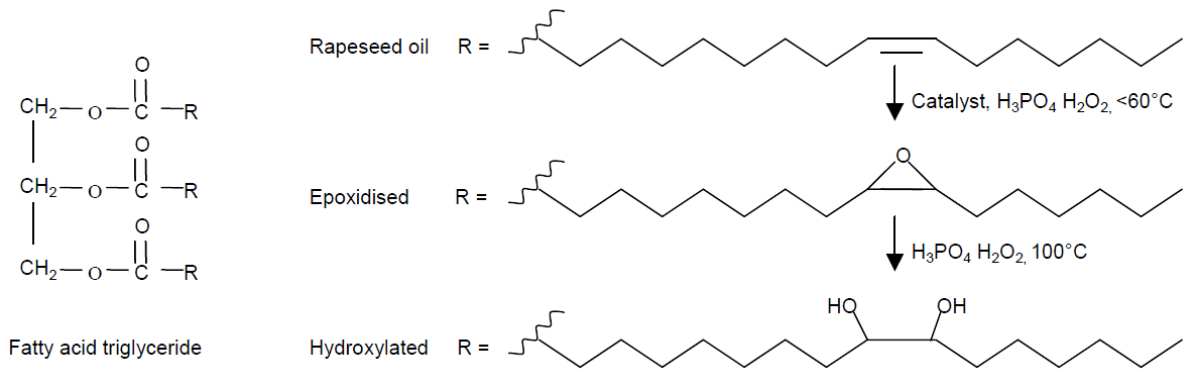
Manufacturers	Trade name
Urethane Soy System's	SoyOyl®
Dow Chemical's	Renuva™
Vertellus Performance Materials	Polycin®

การสังเคราะห์ Bio-PU นิยมสังเคราะห์จาก พอลิโออลชีวภาพและไดไอโซไซยาเนต (ภาพที่ 2) โดยกระบวนการสังเคราะห์พอลิโออลชีวภาพมี 3 วิธี ได้แก่ การผลิตพอลิโอเอเทอร์พอลิโออลจากแหล่งวัตถุดิบทางธรรมชาติ วิธีนี้เป็นการผลิตแบบเก่า คือผลิตจากการหมักพืช เช่น ข้าวโพด เพื่อให้ได้เป็นน้ำตาลซูโครส จากนั้นหมักต่อจนได้เป็นพอลิไตรเมทิลีน-อีเทอร์-ไกลคอล และได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นพอลิโอเอเทอร์พอลิโออลสายสั้น จึงนิยมใช้เป็น Bio-PU แบบโพนแข็ง^[4,5] การผลิตพอลิโอเอเทอร์พอลิโออลจากแหล่งวัตถุดิบทางธรรมชาติพอลิโอเอเทอร์พอลิโออลจัดเป็นกิ่งชีวภาพ สามารถผลิตได้จากกรดไดคาร์บอกซิลิก (Dicarboxylic acids) หมักกับกรดซักซินิก (Succinic acid) หรือกรดอะดิปิก (Adipic acid) ได้เป็นเอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) และพอลิโพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือพอลิโอเอเทอร์พอลิโออล ซึ่งวิธีนี้ยังไม่เป็นสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้^[6] และการผลิตพอลิโออลจากน้ำมันพืช

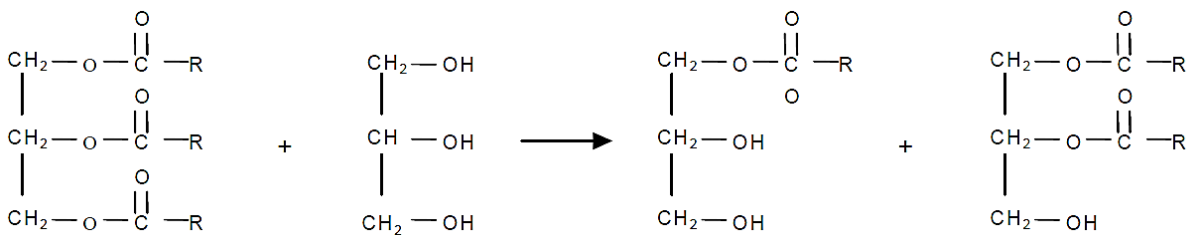


ภาพที่ 2 การสังเคราะห์ Bio-PU

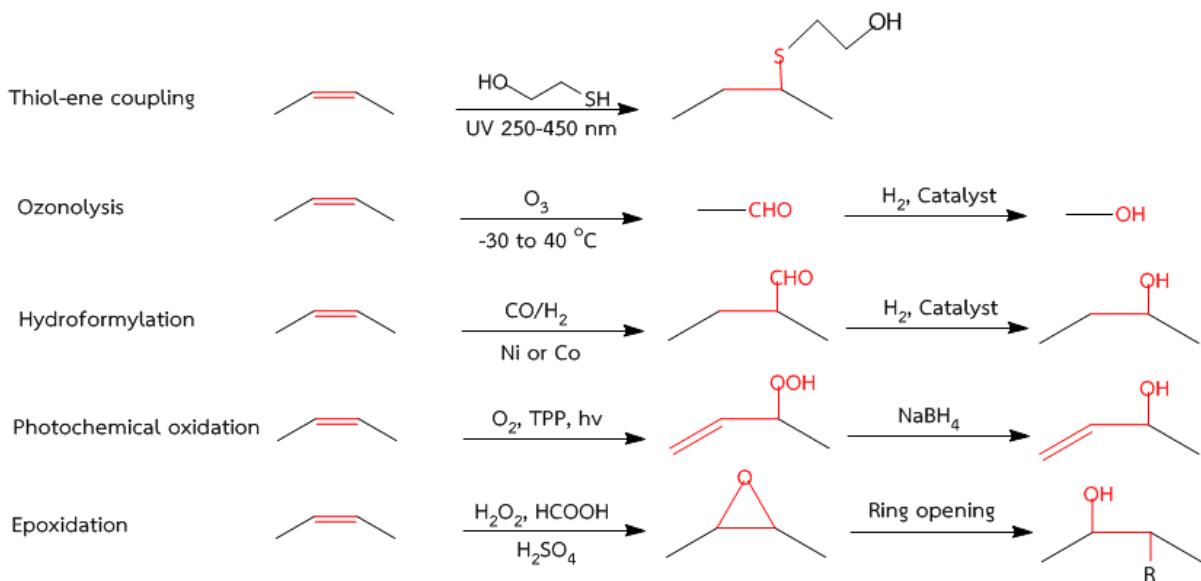
การสังเคราะห์พอลิโออลจากน้ำมันพืชประกอบไปด้วย 4 ปฏิกิริยา ได้แก่ ออกซิเดชันและอีพอกซิเดชัน (Oxidation and epoxidation) เป็นการเปิดวงแหวนของกรดไขมันด้วยแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ หรือการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) (ภาพที่ 3)^[6] เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Esterification) (ภาพที่ 4) ไฮโดรฟอมิลเลชัน (Hydroformylation) ขั้นนี้เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชและก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโรเดียม (Rhodium) หรือ โคบอลต์คาร์บอนิล (Cobalt carbonyls) ได้เป็นหมู่อัลดีไฮด์ จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นหมู่ไฮดรอกซีด้วยปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation)^[6] และสุดท้ายโอโซนไลซิส (Ozonolysis) เป็นปฏิกิริยาการผลิตพอลิโออลโดยตรงทำให้ได้หมู่ไฮดรอกซีที่ปลายสายโซ่^[7] มีนักวิจัยหลายกลุ่มสนใจสังเคราะห์พอลิโออลจากน้ำมันพืชโดยใช้ปฏิกิริยาที่ต่างกัน ตัวอย่างปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิโออลจากน้ำมันพืชทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 5 Miao S. และคณะ ผลิต Bio-PU จากพอลิโออลโดยใช้ปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันและการเปิดวง โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาแสดงดังภาพที่ 6



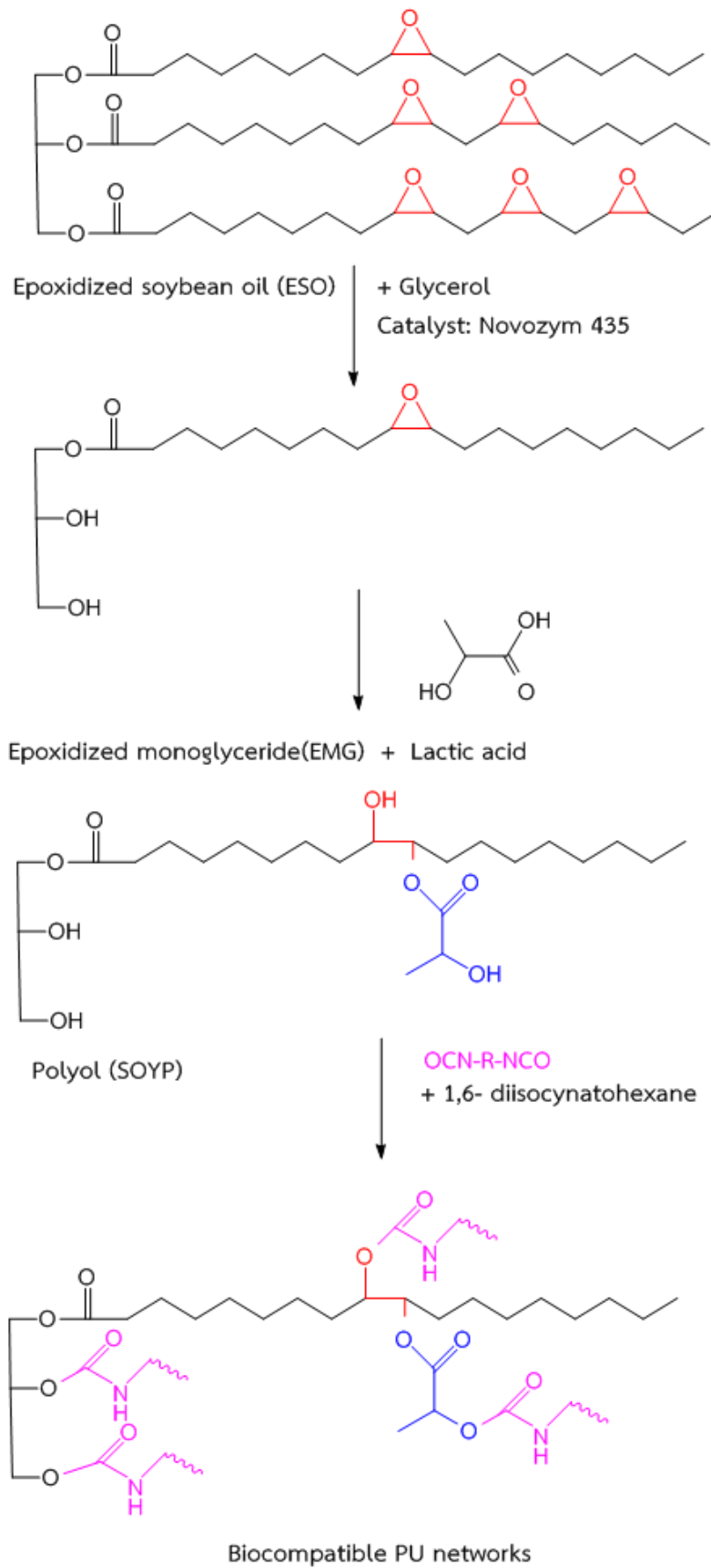
ภาพที่ 3 ปฏิกริยาอีพอกซีเลชันและการเปิดวงของน้ำมันเพื่อผลิตพอลิโออล [8]



ภาพที่ 4 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเพื่อผลิตพอลิโออล [8]



ภาพที่ 5 ปฏิกริยาการสังเคราะห์พอลิโออลจากน้ำมันพืช [9]



ภาพที่ 6 กลไกการสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์โดยใช้ปฏิกิริยาอีพอกไซด์และกรดแลคติกและการเปิดวง [10]

2. กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

พลาสติกชีวภาพสามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่างๆ เหมือนกับเทอร์โมพลาสติกทั่วไป เช่น กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection molding) กระบวนการหลอมอัดรีด (Extrusion) และกระบวนการกดอัดด้วยความร้อน (Compression molding) เป็นต้น โดยแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการขึ้นรูปแบบฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection molding)

กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ของ Bio-PU มีขั้นตอนและกระบวนการเหมือน PU และเทอร์โมพลาสติกทั่วไป แต่อาจมีความแตกต่างกันที่สภาวะสำหรับกระบวนการฉีด ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและเกรดของพอลิเมอร์นั่นเอง โดยในปัจจุบัน Bio-PU กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายด้าน ตัวอย่างเกรดที่ใช้ขึ้นรูปแบบฉีดเข้าแม่พิมพ์ เช่น เกรด ECO D12T80 และ ECO D12T90 ของ Pearlthane[®] ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในกระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ของ Bio-PU ^[11]

Injection properties	Pearlthane [®] ECO D12T80	Pearlthane [®] ECO D12T90	Elastollan [®] 1154D
Feed temperature (°C)	40.0	40.0	-
Nozzle temperature (°C)	210	205 - 215	210 - 225
Zone 1 (°C)	190	190 - 200	190 - 220
Zone 2 (°C)	200	195 - 205	
Zone 3 (°C)	200	200 - 210	
Zone 4 (°C)	-	200 - 210	
Dry time (hour) at 100 °C	3.00	3.00	-

2.2 กระบวนการขึ้นรูปแบบการหลอมอัดรีด (Extrusion)

กระบวนการหลอมอัดรีด เป็นกระบวนการผสมพอลิเมอร์และสารตัวเติมชนิดต่างๆ ให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยจะเริ่มจากการป้อนเม็ดพลาสติกเข้าสู่ส่วนบ่อน (Hopper) แล้วถูกลำเลียงไปด้านหน้า จึงได้รับความร้อน แรงเฉือนและความดันที่สูงขึ้น ทำให้พอลิเมอร์เกิดการหลอมเหลวและไหลไปด้านหน้า ก่อนจะดันออกสู่หัวดายน์ (Die) ที่มีรูปร่างแตกต่างกัน ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะแตกต่างกันตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น ผลิตตัวคลุมสายเคเบิล (Cable jacketing) เป็นต้น ตัวอย่างเกรดเม็ดพลาสติก Bio-PU สำหรับกระบวนการหลอมอัดรีด เช่น Estane[®] 58202 TPU ของบริษัท Lubrizol, Elastollan[®] 1154D ของบริษัท BASF ได้ทดลองหลอมอัดรีดเม็ดพลาสติกเกรดดังกล่าวโดยใช้เครื่องหลอมอัดรีดแบบเกลียวทวนเดี่ยว (Single screw extruder) พบว่าอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของช่องทางการไหล (L/D ratio) เท่ากับ 25-30 แล้วหลอมอัดรีดที่สภาวะดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในกระบวนการหลอมอัดรีดของ Bio-PU ^[12]

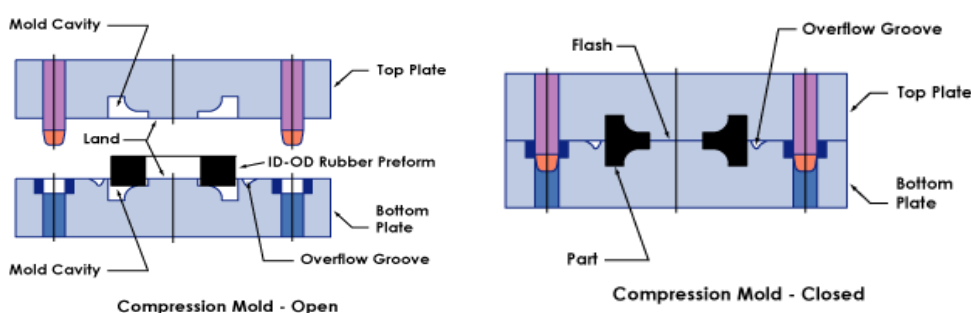
Elastollan [®] Hardness	Cylinder	Adapter	Die head	Nozzle
60A to 70A	140 - 175	160 - 175	165 - 170	160 - 165
75A to 85A	160 - 200	175 - 200	175 - 205	170 - 205
90A to 98A	170 - 210	200 - 220	195 - 215	190 - 210

ตารางที่ 4 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในกระบวนการหลอมอัดรีดของ Bio-PU

Estane® 58202	Extrusion				Adapter	Die	
	Zone 1	Zone 2	Zone3	Zone 4		Zone 1	Zone 2
Temperature (°C)	174	179	185	188	188	188	188

2.3 กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดด้วยความร้อน (Compression molding)

การขึ้นรูป Bio-PU ด้วยกระบวนการกดอัดด้วยความร้อน เริ่มจากใส่ผง Bio-PU บดละเอียด (สามารถทำให้มีคุณสมบัติกลับคืนได้ถึง 100%) ใส่ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นกดอัดด้วยแรงดันและให้ความร้อน แล้วจึงทำการหล่อเย็นเพื่อให้ได้ชิ้นงานแข็งตัว จากนั้นจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ [13]



ภาพที่ 7 เครื่องกดอัดด้วยความร้อน

3. บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

3.1 บริษัทผู้ผลิต Bio-PU

3.1.1 ภายในประเทศ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Bio-PU ภายในประเทศ

บริษัทผู้ผลิต	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท บีเอสเอสเอฟ (ไทย) จำกัด	อาคารเอ็มโพเรียม ทาวเวอร์ 622 ชั้น 23 ถนนสุขุมวิท 24 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	02-624-1999	ประเทศไทย	https://www.basf.com/th/en.html
บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด	3 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง 21130	03-869-8800	ประเทศไทย	http://factory.rayongz.com/31224/

บริษัทผู้ผลิต	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท ดาว เคมีคอล ประเทศไทย จำกัด	4 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซอยจี 2 ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง 21150	03-868-7400, 03-868-3824	ประเทศไทย	http://www.dow.com/thailand/
บริษัทฮิตาชิ เคมีคัล ออโตโมทีฟโปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด	สยามอีสเทิร์นอินดัสตรีพาร์ค 60/11 หมู่ 3, ตำบลมาบยางพร อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง 21140	038-891-397	ประเทศไทย	http://www.hitachi-chem.co.jp/english/company/group_thailand.html
บริษัท เอ.ยู.ที. จำกัด	95/20 ซอยลาดพร้าว 41 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	02-541-8626	ประเทศไทย	http://www.aut.co.th/urethane/th/index.php
บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด อาคารไบเออร์เซ็นเตอร์	130/1 ถนนสาทรเหนือ สี่ลม บางรัก กรุงเทพฯ 10500	02-232-7000	ประเทศไทย	https://bayer.co.th/th/index.php

3.1.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Bio-PU ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
MITSUI CHEMICALS ASIA PACIFIC, LTD.	3 HarbourFront Place #10-01 HarbourFront Tower 2 Singapore 099254	+65-6534-2611	Singapore	http://ap.mitsui-chem.com/index.htm
RAMPF Group, Inc	49037 Wixom Tech Drive Wixom, MI 48393 USA	+1.248.295.0223	USA	WWW.RAMPF-GROUP.COM
Johnson Controls	5757 N. Green Bay Ave. P.O. Box 591Milwaukee, WI 53201	+1-414-524-1200	USA	www.johnsoncontrols.com

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Biobased Technologies	3333 Pinnacle Hills Parkway, Suite 400 Rogers, Arkansas (USA) 72758	706-229-7531	USA	http://www.biobased.net
Palmer International, Inc.	2036 Lucon Road P.O. Box 315 Skippack, PA 19474 USA	610-584-4241	USA	http://www.palmerint.com
Rhino Linings	9747 Businesspark Ave San Diego, CA 92131 USA	858-450-0441	USA	http://www.rhinolinings.com
Metzeler Schaum	3421 Barcelona St Denton, Texas 76207-3448 United States	(817) 576-4408	USA	http://www.metzeler-schaum.de/en/
Urethane Soy System's	100 Caspian Avenue Volga, SD 57071-9006 United States	605-627-6406	USA	www.soyoyl.com
Cargill	Incorporated PO Box 9300 Minneapolis, MN 55440-9300 US	800-227-4455	USA	https://www.cargill.com
Vertellus Performance Materials	2110 High Point Road Greensboro, NC 27403 United States	336-834-4962	USA	http://www.vertellus.com/

3.2 บริษัทผู้จัดจำหน่าย

3.2.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PU ภายในประเทศ

บริษัทผู้จำหน่าย	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท บีเอเอส เอพ (ไทย) จำกัด	อาคารเอ็มโพเรียม ทาวเวอร์ 622 ชั้น 23 ถนนสุขุมวิท 24 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	02-624-1999	ประเทศไทย	https://www.basf.com/th/en.html

บริษัทผู้จำหน่าย	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด	3 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรม เอเชีย ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัด ระยอง 21130	03-869- 8800	ประเทศไทย	http://factory.rayongz.com/31224/
บริษัท ดาว เคมี คอล ประเทศไทย จำกัด	4 นิคมอุตสาหกรรมมาบ ตาพุด ซอยจี 2 ตำบลมาบ ตาพุด อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง 21150	03-868- 7400, 03- 868-3824	ประเทศไทย	http://www.dow.com/thailand/
บริษัทฮิตาชิ เคมี คัล ออโตโมทีฟ โปรดักส์ (ประเทศ ไทย) จำกัด	สยามอีสเทิร์นอินดัสเตรียล พาร์ค 60/11 หมู่ 3, ตำบลมาบยางพร อำเภอปลวกแดง จังหวัด ระยอง 21140	038-891- 397	ประเทศไทย	http://www.hitachi-chem.co.jp/english/company/group_thailand.html
บริษัท เอ.ยู.ที. จำกัด	95/20 ซอยลาดพร้าว 41 ถนนลาดพร้าว แขวงจันท เกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	02-541- 8626	ประเทศไทย	http://www.aut.co.th/urethane/th/index.php
บริษัท ไบเออร์ ไทย จำกัด อาคาร ไบเออร์เซ็นเตอร์	130/1 ถนนสาทรเหนือ สีลม บางรัก กรุงเทพฯ 10500	02-232- 7000	ประเทศไทย	https://bayer.co.th/th/index.php

3.2.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PU ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
MITSUI CHEMICALS ASIA PACIFIC, LTD.	3 HarbourFront Place #10-01 HarbourFront Tower 2 099254	+65-6534- 2611	Singapore	http://ap.mitsuchem.com/index.htm
RAMPF Group, Inc	49037 Wixom Tech Drive Wixom, MI 48393	+1.248.295. 0223	USA	WWW.RAMPF-GROUP.COM
Johnson Controls	5757 N. Green Bay 591Milwaukee, WI 53201	+1-414- 524-1200	USA	www.johnsoncontrols.com

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Biobased Technologies	3333 Pinnacle Hills Parkway, Suite 400 Rogers, Arkansas (USA) 72758	706-229-7531	USA	http://www.biobased.net
Palmer International, Inc.	2036 Lucon Road P.O. Box 315 Skippack, PA 19474 USA	610-584-4241	USA	http://www.palmerint.com
Rhino Linings	9747 Businesspark Ave San Diego, CA 92131 USA	858-450-0441	USA	http://www.rhinolinings.com
Metzeler Schaum	3421 Barcelona St Denton, Texas 76207-3448 United States	(817) 576-4408	USA	http://www.metzeler-schaum.de/en/
Urethane Soy System's	100 Caspian Avenue Volga, SD 57071-9006 United States	605-627-6406	USA	www.soyoyl.com
Cargill	Incorporated PO Box 9300 Minneapolis, MN 55440-9300 US	800-227-4455	USA	https://www.cargill.com
Vertellus Performance Materials	2110 High Point Road Greensboro, NC 27403 United States	336-834-4962	USA	http://www.vertellus.com/

4. การประยุกต์ใช้ Bio-PU ในอุตสาหกรรม

4.1 ผลิตภัณฑ์พลาสติกทางการก่อสร้าง

การใช้งาน Bio-PU ในงานก่อสร้างเป็นที่นิยมอย่างมาก นิยมนำมาผลิตเป็นพื้นภายใน พื้นภายนอก และสีเคลือบ เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 8



พื้นเคลือบ Bio-PU ^[14]

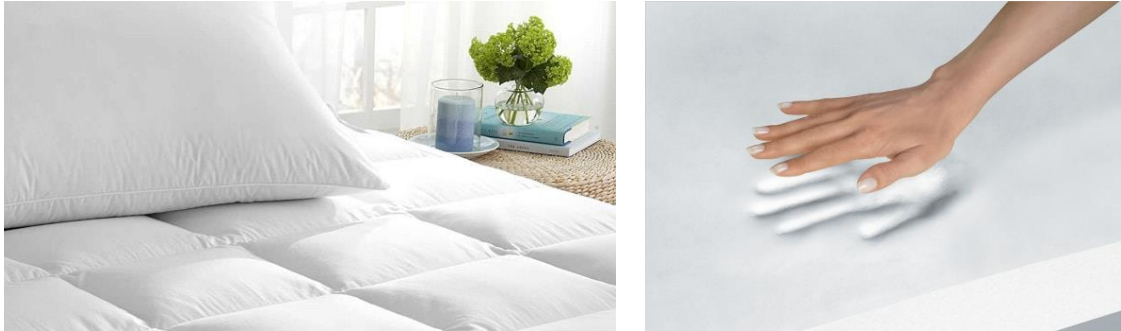


ถุงมือทนสีและสารเคมี ^[15]

ภาพที่ 8 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพทางการก่อสร้างที่ผลิตจาก Bio-PU

4.2 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องใช้ในบ้าน

Bio-PU สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพสำหรับเครื่องใช้ในบ้านได้หลากหลาย ที่มีการนำมาใช้มากที่สุดคือ ที่นอนที่สามารถเก็บความเย็นได้และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ที่นอน Bio-PU ที่สามารถเก็บความเย็นได้และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี ^[16]



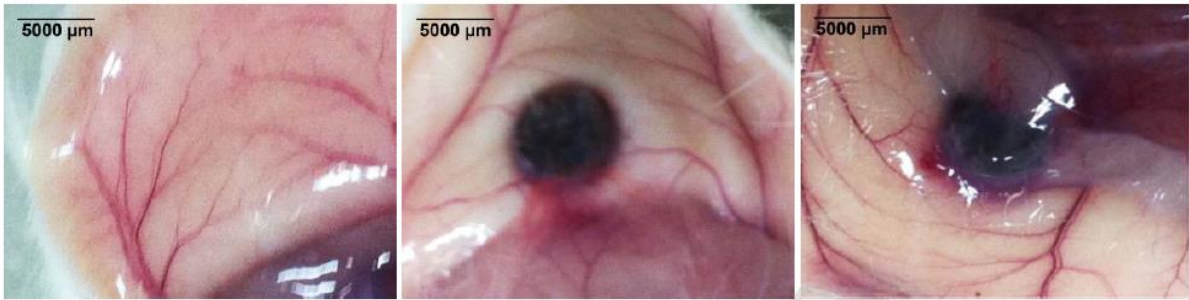
ภาพที่ 10 หมอน Bio-PU (Feather-fil® Pillow 18" x 18") ^[17]

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของ Bio-PU (BiOH®) เพื่อใช้สำหรับเครื่องใช้ภายในบ้าน ^[18,19]

Brand Name	Hydroxyl Value	Water (ppm)	cPs at 25°C	Mn	Fn
BiOH® 5000	56	500	3200	1700	2.0
BiOH® 5100	40	356	820	1330	3.1
BiOH® 5300	117	1600	5500	1500	3.1
BiOH® 5450	158	1000	3300	1065	3.0
BiOH® 2300	160	1300	4000	1335	3.7
BiOH® 2828	29	660	502	933	0.6

4.3 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์

Bio-PU สามารถนำมาผลิตเป็นเนื้อเยื่อเทียมได้ ตัวอย่างงานวิจัยผลิต Bio-PU เป็นเนื้อเยื่อวิศวกรรมแสดงดังภาพที่ 11 และสภาวะการผลิตแสดงดังตารางที่ 10



ภาพที่ 11 การใช้เนื้อเยื่อเทียมจาก Bio-PU [20]

ตารางที่ 10 สภาวะการขึ้นรูปเนื้อเยื่อเทียมจาก Bio-PU/HA

First step	
Mixing polyol and HDB	
Heating rate (°C/min)	10 (up to 75°C)
Stirring (rpm)	100
Second step	
Temperature (°C)	75 to 120

4.4 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุปกรณ์กีฬา

Bio-PU สามารถนำมาผลิตเป็นรองเท้ากีฬา ตัวอย่างเช่น Adidas ผลิตรองเท้ากีฬาจาก Bio-PU โดยคุณสมบัติสามารถทนความล้า (Fatigue) ได้ถึง 5 รอบต่อนาที และสามารถทนความดันได้ถึง 250 kPa หลังจากได้รับแรง 40,000 รอบ ความหนาลดลง 3 mm (จาก 40 mm เหลือเพียง 37 mm) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 รองเท้า Bio-PU (บริษัท Adidas) [21]

4.5 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุปกรณ์ยานยนต์

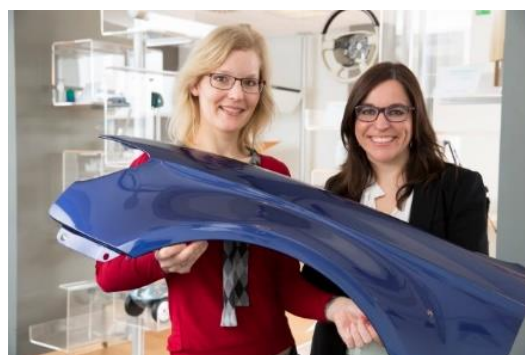
อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใช้ Bio-PU มากที่สุด นิยมใช้เป็นเบาะรถยนต์ พนักพิงศีรษะภายในรถยนต์ และแผงควบคุม เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 13 และ 14



ภาพที่ 13 เบาะรองนั่งภายในรถยนต์ (บริษัท Cargill) [22]

ตารางที่ 11 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เบาะรองนั่งภายในรถยนต์ของบริษัท Cargill

Brand Name	Hydroxyl Value	Water (ppm)	cPs at 25°C	Mn	Fn
BiOH [®] 2100	230	3650	10,000	1100	4.87
BiOH [®] 2828	29	660	502	933	0.6



ภาพที่ 14 ชิ้นส่วนรถยนต์ที่เคลือบด้วย Bio-PU (Desmodur[®]) [22]

5. ความรู้และข่าวสารใหม่ๆ

ปัจจุบันผู้ผลิตพอลิยูรีเทนสังเคราะห์รายใหญ่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับการนำวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นั่นคือวัตถุดิบจากชีวภาพมาใช้แทนพอลิยูรีเทนสังเคราะห์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม นอกจากนี้จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาดว่าสามารถเพิ่มความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและความทนทานของพอลิยูรีเทน แต่อัตราการเติบโตของตลาด Bio-PU อาจมีความก้าวหน้าช้าเนื่องจากมีการใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนและต้นทุนการผลิตสูง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาแพง การพัฒนาความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีจึงถูกพัฒนาควบคู่ไปกับการขยายกำลังการผลิตในประเทศเศรษฐกิจ เพื่อให้ Bio-PU สามารถใช้งานอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งการใช้งาน Bio-PU จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างมากที่สุด คิดเป็นหนึ่งในสามของการใช้ Bio-PU ทั่วโลก รองลงมาคืออุตสาหกรรมการผลิต Bio-PU เพื่อใช้เป็นวัสดุทนต่อแรงกระแทก (Impact-resistant materials) เช่น แผงฉนวนกันความร้อน (Insulation panels) โดยเฉพาะประเทศเศรษฐกิจเกิดใหม่ เช่น จีน อินเดีย และบราซิล เป็นต้น และในอุตสาหกรรมยานยนต์คาดว่ามีความต้องการ Bio-PU สูงกว่าพลาสติกชีวภาพชนิดอื่นๆ คาดว่าอีก 6 ปีข้างหน้าความต้องการ Bio-PU ในตลาดชีวภาพจะใช้ผลิต เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ทำความสะอาด บรรจุภัณฑ์ และฉนวนกันความร้อน เพิ่มขึ้น [22,23]

จากการวิจัยของ บริษัท แกรนด์วิวรีเสิร์ช (Grand View Research, Inc.) คาดการณ์ว่า ในปี 2020 ตลาด Bio-PU ทั่วโลกจะมีมูลค่าถึง 37.5 ล้านเหรียญสหรัฐ คาดว่าจะมีส่วนช่วยผลักดันให้ตลาดชีวภาพชีวภาพทั่วโลกมีการเติบโต ซึ่งการเติบโตของตลาด Bio-PU คาดว่าจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมรองเท้า แต่จากที่กล่าวไว้ข้างต้น อุตสาหกรรมเหล่านี้จะต้องมีการแข่งขันในเรื่องของกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนและต้นทุนการผลิตสูง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นปัจจัยหลักในการแข่งขันของตลาด Bio-PU ซึ่งจากการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ 1) จากตลาดของ Bio-PU โลก ในปี 2013 มีการใช้ Bio-PU ปริมาณ 1,634.0 ตัน และคาดว่า ปี 2020 จะมีการใช้ Bio-PU ปริมาณ 2,546.6 ตัน 2) อุตสาหกรรมก่อสร้างถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้ Bio-PU กว้างขวางที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 35% ของปริมาณการใช้ Bio-PU ทั้งหมดในปี 2013 ในการนำไปใช้งานการก่อสร้างตึกจากวัสดุทางชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการวัสดุทางชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น การใช้โฟม Bio-PU ในการพ่น การเคลือบ และการยึดติด เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยในการขับเคลื่อนตลาดของ Bio-PU 3) อุตสาหกรรมยานยนต์มีการหันมาใช้ Bio-PU มากขึ้น คาดว่ามีการเจริญเติบโตคิดเป็น 7% จากปี 2013 ถึง 2020 โดย Bio-PU ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์มักเป็นแบบโฟมยืดหยุ่นใช้ผลิตเป็น เบาะรถยนต์ (Car seats) พนักพิงศีรษะ (Headrests) และแผงควบคุม (Dashboard) จากระเบียบของคณะกรรมการยุโรปเรื่องการลดน้ำหนักของรถเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาดว่าจะส่งต่อตลาด Bio-PU ให้มีการผลิตเพิ่มสูงขึ้น 4) เอเชียแปซิฟิก (Asia Pacific) เป็นตลาดระดับภูมิภาคที่ใหญ่ที่สุด ในปี 2013 มีปริมาณการจำหน่าย Bio-PU มากกว่า 30% ของปริมาณทั้งหมด โดยสาเหตุที่จะช่วยผลักดัน Bio-PU ให้มีอัตราการใช้งานมากยิ่งขึ้น คือ การจัดหาน้ำมันธรรมชาติจากแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การสนับสนุนจากรัฐบาลในรูปแบบของสิทธิประโยชน์ทางภาษี และสิ่งจูงใจทางการเงินในประเทศต่างๆ เช่น จีน และ อินเดีย เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงคาดว่าจะผลักดันให้ Bio-PU มีอัตราการเจริญเติบโตขึ้นเฉลี่ย 8.4% จากปี 2014 ถึง 2020 และ 5) ผู้ผลิตพอลิยูรีเทนสังเคราะห์รายใหญ่ได้มุ่งเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้ผลิตรายอื่นร่วมมือกับบริษัทด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

เพื่อผลิต Bio-PU เช่น BASF SE, Bayer MaterialScience, The Dow Chemical Company, Biobased Technologies และ Mitsui Chemicals เป็นต้น ^[24]

เอกสารอ้างอิง

- [1] Adam, N., Avar, G., Meyer-Ahrens, S. (2005) 7. Foams, in Chapter "Polyurethanes". In: Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry. 7th edition, online version 2007. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. DOI: 10.1002/14356007.a21_665.pub2
- [2] Friederichs, W. (2005) Introduction, Basic Reaction, Starting Materials, Structure and Morphology, and Production of Polyurethane in Chapter "Polyurethanes". In: Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry. 7th edition, online version 2007. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. DOI: 10.1002/14356007.a21_665.pub2
- [3] วราภรณ์ ตันรัตนกุล, ชวนพิศ ขาวคง, กมลธรรม อ่ำสกุล, แก้วตา แก้วตาทิพย์ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “การผลิตพอลิยูรีเทนย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มียางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบ” สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2554.
- [4] Sherman, L.M. (2007) Polyurethanes Bio-based materials capture attention Plastics Technology (www. PTOonline. com) Featured Article, <http://www.ptonline.com/articles/200712fa4.html>
- [5] Sunkara, H., Ng, H. (2006) DuPont Cerenol (TM): A new family of high Performance Bio-based Polymers. DuPont
- [6] Petrovic, Z.S. (2008) Polyurethanes from vegetable oils. *Polymer Reviews* **48**: 1 109-155 <http://www.scopus.com/scopus/inward/record.url?eid=2-s2.0-38949184208&partnerID=40&rel=R8.0.0>
- [7] Petrovic, Z.S., Zhang, W., Javni, I. (2005) Structure and properties of polyurethanes prepared from triglyceride polyols by ozonolysis. *Biomacromolecules* **6** 713-719
- [8] Clark, A. (2001) Low-cost synthesis and evaluation of polymers prepared from oilseed rape and Euphorbia Lagas-cae oils. Report No. OS47, University of Warwick, HGCA Project Report, March 2001, Warwick, UK
- [9] Noreen, A., Zia, K. M., Zuber, M., Tabasum, S., & Zahoor, A. F. (2016). Bio-based polyurethane: An efficient and environment friendly coating systems: A review. *Progress in Organic Coatings*, *91*, 25-32.
- [10] S. Miao, L. Sun, P. Wang, R. Liu, Z. Su, S. Zhang, Eur. J. Lipid. Sci. Technol. 114(2012) 1165–1174.
- [11] Elastollan_ 1154D Elastollan® TPU Technical Data Sheet.
- [12] Estane® 58202 is an 85A Polyether-Type Thermoplastic Polyurethane (TPU).
© 2014 The Lubrizol Corporation. All rights reserved. All marks are the property of

- The Lubrizol Corporation • www.lubrizol.com/engineeredpolymers
- [13] http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=compression_molding_of_polymers
- [14] <https://www.basf.com/en/company/news-and-media/news-releases/2015/08/p-15-324.html>
- [15] <http://global.rakuten.com/en/store/iromeki/item/komaki0986/>
- [16] <http://www.sleepjunkie.org/how-does-plant-based-memory-foam-compare-to-traditional/>
- [17] <https://purpatents.com/tag/memory-foam/page/2/>
- [18] <https://www.cargill.com/bioindustrial/bedding-polyols>
- [19] <https://www.cargill.com/bioindustrial/furniture-polyols>
- [20] La'is P. Gabriel, Maria Elizabeth M. dos Santos, André L. Jardini, Gilmara N.T. Bastos, Carmen G.B.T. Dias, Thomas J. Webster, Rubens Maciel Filho. (2016) Bio-based polyurethane for tissue engineering applications: how hydroxyapatite nanoparticles influence the structure, thermal and biological behavior of polyurethane composites. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine* 1-24.
- [21] <http://www.plastics.gl/exhibit/basf-puts-a-spring-in-adidas-step/>
- [22] <https://www.cargill.com/bioindustrial/automotive-polyols>
- [23] <https://greenchemicalsblog.com/2015/04/27/100-bio-based-polyurethane-in-the-market/>
- [24] <http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-bio-based-polyurethane-industry>