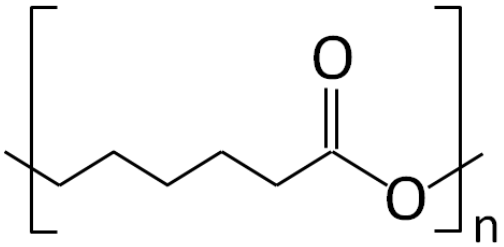
บทที่ 5 รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภท พอลิคาโปรแลคโตน (Polycaprolactone)

1. ข้อมูลทั่วไป

ในปจจุบันพอลิคาโปรแลคโตน (Polycaprolactone: PCL) ได้รับความสนใจอย่างมากในการพัฒนาพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบร้อยละ 45 ผสมกับ PCL ยังมีความแข็งแรงไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวเพียง 60 °C และเริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 40 °C ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใชงาน [1]

PCL จัดเป็นเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มพอลิเอสเทอร์ที่มีสายโซ่ตรง ที่สามารถสังเคราะห์ได้จากน้ำมันดิบผ่านกระบวนการทางเคมี ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Compostable polymer) โดยโครงสร้างของ PCL แสดงดังภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพเป็นสารกึ่งผลึก อุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ มีความหนาแน่นอยู่ที่ 1.14 g/cm^3 ความแข็งแรง ไม่เป็นพิษ และมีคุณสมบัติต้านทานคลอลีน โดยสมบัติของ PCL แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งการนำ PCL ไปใช้งานนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับเรซินเพื่อปรับปรุงสามารถขึ้นรูปได้ง่ายขึ้นและปรับปรุงคุณสมบัติอื่นๆ เช่น สมบัติการรับแรงกระแทก มีความยืดหยุ่น เนื่องจาก PCL สามารถเข้ากับวัสดุอื่นๆได้ง่าย [2]



ภาพที่ 1 โครงสร้างของ PCL

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของ PCL

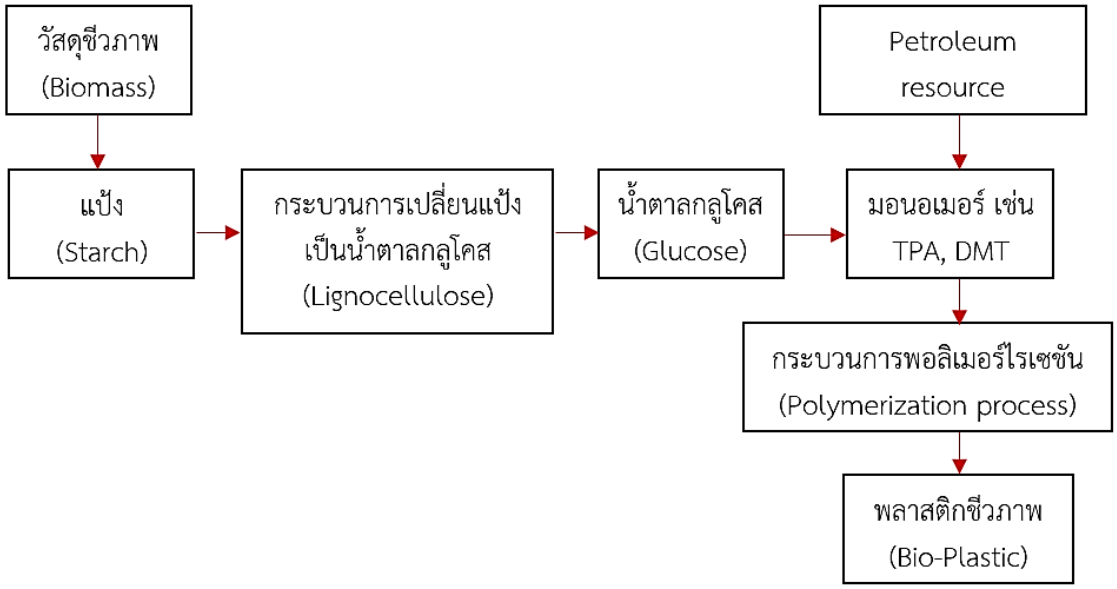
Properties	Range
Number average molecular weight (M_n/g mol^{-1})	530-630000
Density (ρ/g cm^{-3})	1.071-1.200
Glass transition temperature (T_g/°C)	(-65)-(-60)
Melting temperature (T_m/°C)	56-65
Decomposition temperature (/°C)	350
Inherent viscosity (η_{inh}/cm^3 g^{-1})	100-130
Inherent viscosity (η/cm^3 g^{-1})	0.9
Tensile strength (σ/Mpa)	4-785
Yong modulus (E/GPa)	0.21-0.44
Elongation at break (ϵ/%)	20-1000

PCL มีชื่อทางเคมี คือ Polycaprolactone และ Poly(caprolactone) ในส่วนของชื่อทางการค้าของ PCL จะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชื่อทางการค้า (Trade name) ของ PCL ตามบริษัทผู้ผลิต

Company	Trade name
The dow chemical.	Tone™
Perstorp Polyols, Inc.	CAPA®
Chemtura.	Vibrathane®
Orfit Industries NV.	Orfilight®
Daicel chemical industries	Celgreen PH และ Placcel®
Ethicon Inc (USA)	Monocryl™

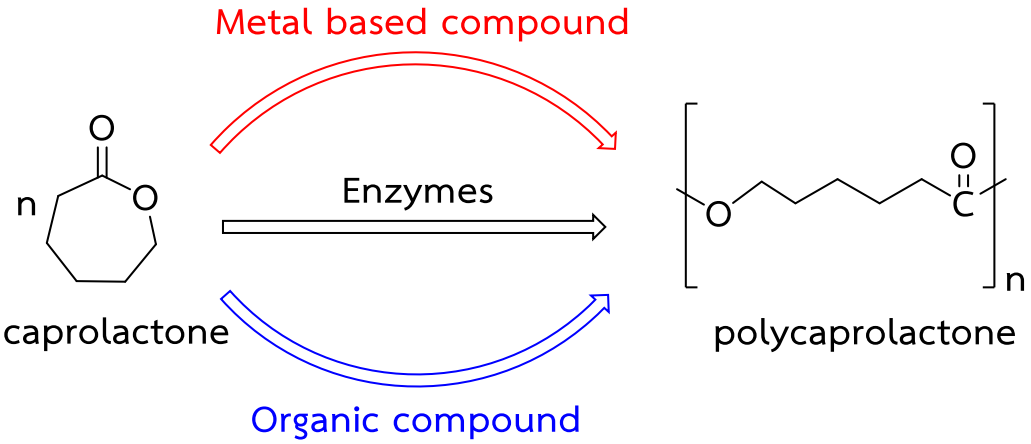
PLC ผลิตได้จากกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากปิโตเคมีโดยการหมักแป้งจากข้าวโพดเพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคส จากนั้นนำกลูโคสที่ได้ผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation Process) เพื่อทำให้กลูโคสแตกตัวเป็นมอนอเมอร์โดยในที่นี้จะได้มอนอเมอร์ในกลุ่มของโพแพนไดแอล (1,3 Propanediol: PDO) จากนั้นจึงเติมสารละลายกรดเทเรฟทาเลต (Terephthalate acid: TPA) หรือ ไดเมธิวเทเรฟทาเลต (Dimethyterephthalate: DMT) ซึ่งเป็นสารที่ได้จากน้ำมันปิโตรเลียมเพื่อทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) จากนั้นจึงนำมาเข้ากระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization process) เพื่อเปลี่ยนมอนอเมอร์ให้เป็นพอลิเมอร์คือ PLC โดยกระบวนการสังเคราะห์แสดงดังภาพที่ 2-4



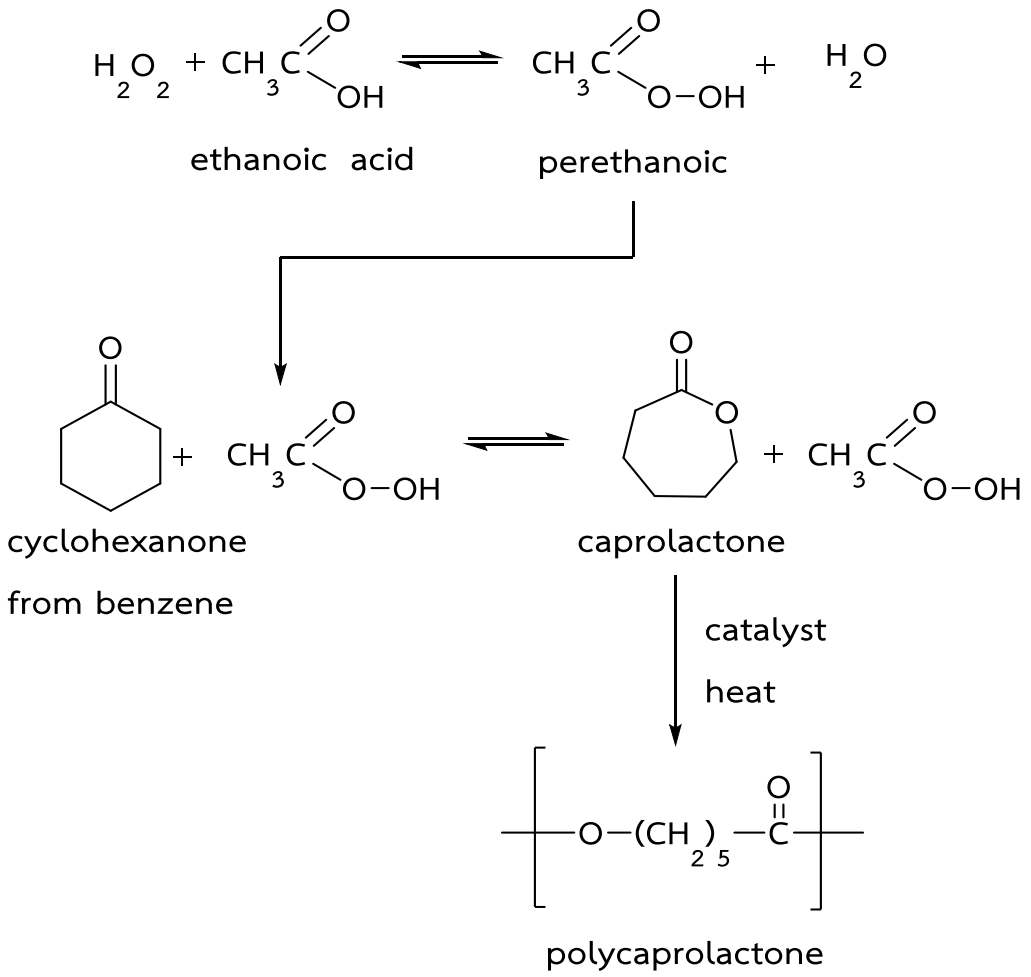
ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [3]

กระบวนการสังเคราะห์ PCL มีหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น ผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization) ของกรดแอนไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกและกรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (Ahydroxycarboxylic acid และ 6-hydroxyhexanoic acid) จากนั้นนำมาผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง (Ring opening polymerization) ของคาโปรแลคโตน ∈-caprolactone ร่วมกับการใช้ตัวเร่ง

ปฏิกิริยาอินทรีย์ ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะหรือเอนไซม์ เป็นต้น[2] การเตรียม ϵ-caprolactone ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ของ PCL สามารถเตรียมได้จากกรดเปอเอทาโนอิก (Perethanoic acid) ทำปฏิกิริยากับไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone) จากเบนซีน (Benzene)



ภาพที่ 3 การสังเคราะห์ PCL จาก ϵ-caprolactone

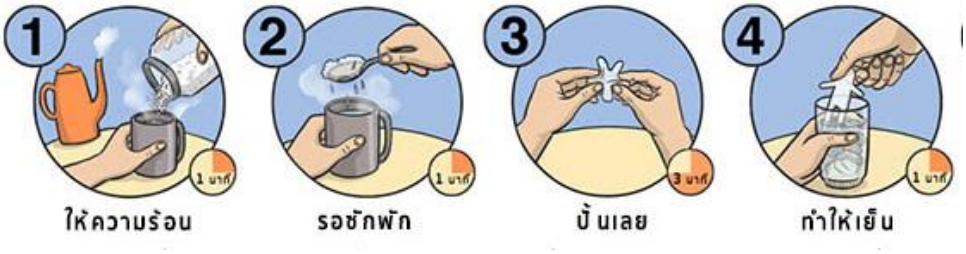


ภาพที่ 4 กลไกการสังเคราะห์ PCL [4]

2. กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยมือ (Hand lay-up)

กระบวนการขึ้นรูป PCL ด้วยมือ สามารถทำได้โดยนำเม็ดพลาสติกลงในน้ำร้อนที่ 60 °C (140 °F) ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที เมื่อเม็ดพลาสติกจะเริ่มนิ่ม ลักษณะของเม็ดพลาสติกจะกลายเป็นเม็ดใส จึงนำเม็ดพลาสติกที่ได้มาขึ้นรูปหรือปั้นเป็นสิ่งของต่างๆ ตามความต้องการ จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำเย็นหรือปล่อยทิ้งไว้ให้ชิ้นงานเย็นตัวเอง [5]



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยมือ [5]

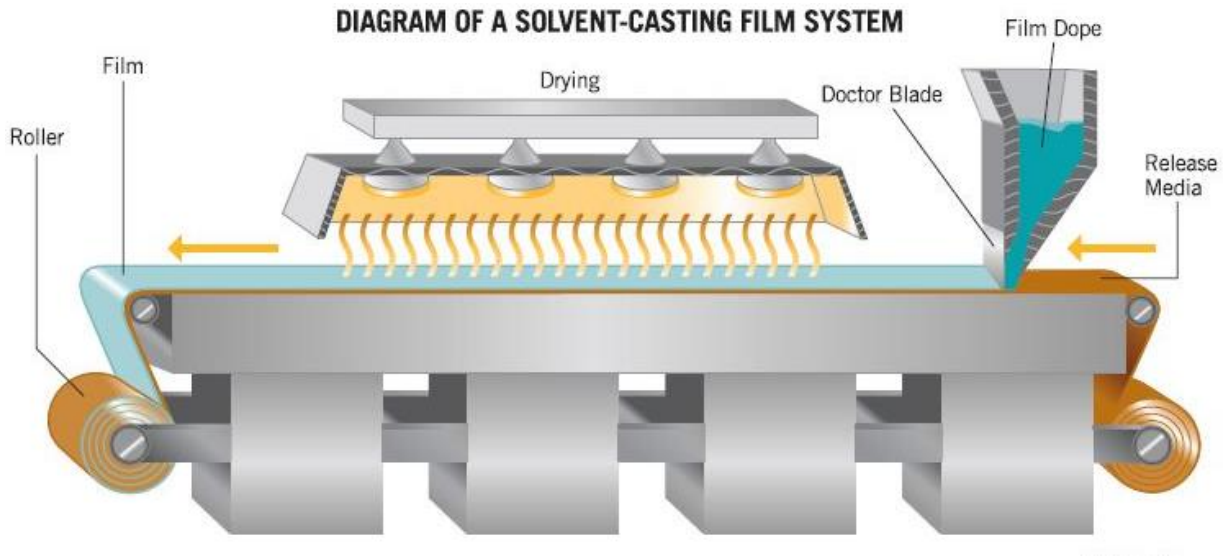
2.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้แม่พิมพ์ (Mold casting)

กระบวนการขึ้นรูป PCL โดยการใช้แม่พิมพ์คล้ายกับกระบวนการขึ้นรูปด้วยมือ กล่าวคือ ทำโดยนำเม็ดพลาสติกลงในน้ำร้อนที่ 60 °C (140 °F) ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที เมื่อเม็ดพลาสติกจะเริ่มนิ่ม ลักษณะของเม็ดพลาสติกจะกลายเป็นเม็ดใส จึงนำเม็ดพลาสติกออกจากน้ำร้อนแล้วนำมาใส่แม่พิมพ์เพื่อทำการขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการ จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำเย็นหรือปล่อยทิ้งไว้ให้ชิ้นงานเย็นตัวเอง [6]

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์ [6]

2.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบหล่อโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent casting)

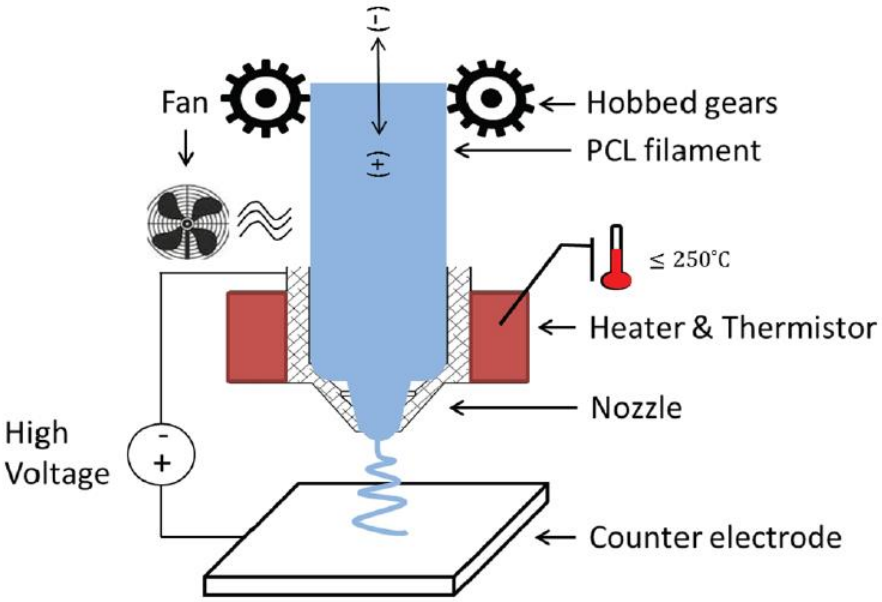
การขึ้นรูปแบบหล่อโดยใช้ตัวทำละลายสามารถขึ้นรูปได้เป็นแบบแผ่นหนาและแผ่นบาง โดยคุณสมบัติของฟิล์มชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการและในการกำจัดตัวทำละลายออกนั้น แผ่นฟิล์มจะได้รับความร้อนด้วยทำให้เกิดการคลายความเค้นภายใน โดยขั้นตอนการผลิตเริ่มจากผสม PCL ในตัวทำละลาย จากนั้นของผสมจะเคลื่อนที่ผ่านรางเลื่อนที่มีการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยจากนั้นจึงได้เป็นแผ่นฟิล์มและถูกม้วนเก็บต่อไป แต่การเทคนิคนี้ไม่นิยมนำมาใช้ขึ้นรูปเนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้มีพิษ ส่งผลให้กำจัดได้ยาก ตัวอย่างตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการหล่อโดยใช้ตัวทำละลาย ได้แก่ คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เททระไฮโดรฟิวราน (Tetrahydrofuran) อะซิโตน (Acetone) และเอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate) เป็นต้น [7,8]



ภาพที่ 7 การขึ้นรูปแบบหล่อโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent casting) [7,8]

2.4 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบใช้การปั่นเส้นใยด้วยระบบไฟฟ้าสถิต (Electrospinning)

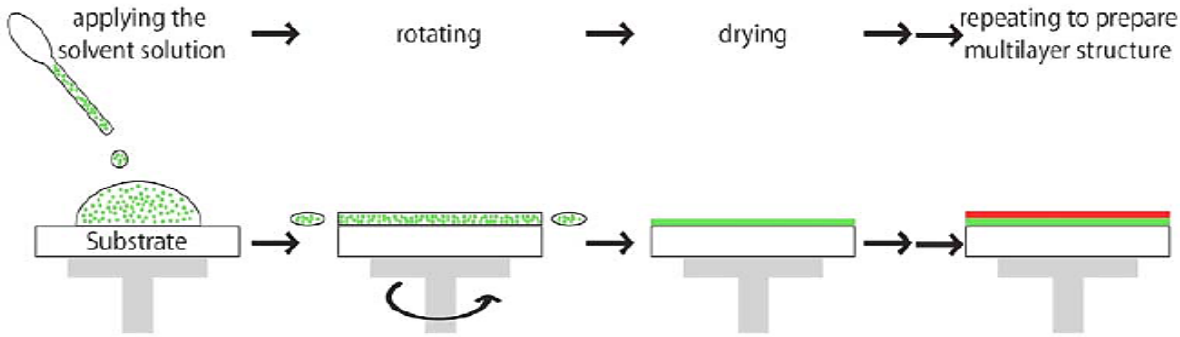
การปั่นเส้นใยด้วยระบบไฟฟ้าสถิต เป็นเทคโนโลยีใหม่อาศัยประโยชน์จากแรงทางไฟฟ้าสถิตในการผลิตเส้นใยนาโนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 nm ถึง 10 μm เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน ได้รับการจดลิขสิทธิ์เมื่อปี ค.ศ. 1934 เป็นทางเลือกที่ตรงไปตรงมาและประหยัด กระบวนการขึ้นรูปแบบการปั่นเส้นใยด้วยระบบไฟฟ้าสถิตเพื่อขึ้นรูปเส้นใย PCL เริ่มจากนำ PCL มาหลอมที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นใช้แรงดันไฟฟ้า 10-20 kV จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เพื่อทำละลายเรซิน จากนั้นใช้อุณหภูมิการทำงานให้ช่วง 110-250°C ในส่วนของการตั้งอุปกรณ์ฉีด จะจัดวางให้ระยะห่างระหว่าง หัวฉีด (Nozzle) กับฉากรองรับ (Counter electrode) ห่างกันประมาณ 2-5 cm ในขั้นตอนการฉีดจะ PCL หลอมเหลวจะถูกฉีดผ่านหัวฉีดที่มีการควบคุมให้ได้ขนาดของเส้นใยตามต้องการ และสามารถควบคุมปริมาณของ PCL ที่จ่ายออกมาได้จากมอเตอร์ (Motor) และควบคุมอุณหภูมิได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermistor) [9] โดยกระบวนการขึ้นรูปแบบการปั่นเส้นใยด้วยระบบไฟฟ้าสถิตแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การขึ้นรูปแบบการปั่นเส้นใยด้วยระบบไฟฟ้าสถิต [10]

2.5 กระบวนการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง

การเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง เป็นวิธีการเคลือบอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการผลิตฟิล์มบาง โดยการหยดสารเคลือบซึ่งอยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวลงบนจุดศูนย์กลางของวัสดุฐานและเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง ความเร่งสู่ศูนย์กลางทำให้สารเคลือบกระจายไปทั่วแผ่นรอง สุดท้ายจะเกิดฟิล์มบางเคลือบบนวัสดุ ความหนาและสมบัติอื่นๆของฟิล์มบางจะขึ้นอยู่กับสมบัติของสารเคลือบ เช่น ความหนืด (Viscosity) อัตราการทำให้แห้ง (Rate of drying) เปอร์เซ็นต์ของแข็ง (Percentage of solid) และแรงตึงผิว (Surface tension) โดยปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของฟิล์มในกระบวนการหมุนเหวี่ยง คือ ความเร็วของการหมุน เวลาในการหมุน ปริมาณของสารเคลือบ ตัวอย่างการนำเทคนิคนี้ไปใช้งานเช่น การเคลือบผิวแบบหมุนเหวี่ยงถูกใช้ในการผลิตพอลิสไตรีนผสมพอลิคาโปแลคโตน (PS/PCL) ผสานเข้ากับฟิล์มบาง ๆ ซึ่งทำให้ศักยภาพของวัสดุดีขึ้นอีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านวัสดุชีวภาพได้ [11] โดยกระบวนการการเคลือบฟิล์มบางด้วยเทคนิคการหมุนเหวี่ยงแสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การเคลือบฟิล์มบางด้วยเทคนิคการหมุนเหวี่ยง [11]

3. บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

3.1 บริษัทผู้ผลิต PCL

3.1.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต PCL ภายในประเทศ

บริษัทผู้ผลิต	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
พีทีที โกลบอล เคมิคอล	555/1 ศูนย์เอนเนอร์ยี่คอมเพล็กซ์ อาคาร เอ ชั้น 14-18 ถนน วิภาวดีรังสิต แขวง จตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร	02-265-8400	ประเทศไทย	http://www.pttgcgroup.com/th/home
BASF (Thai) LTD.	แขวง คลองตัน เขต คลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110	02 259 0531	ประเทศไทย	https://www.basf.com/th/en.html

3.1.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต PCL ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Web site
Perstorp Polyols, Inc.	Neptunigatan 1 211 20 Malmö Box 597 201 25	+46 435 380 00	Sweden	https://www.perstorp.com/
ZIBO JIASHITAI CHEMICAL TECHNOLOGY CO.,LIMITED.	No.2, Huaguang Road, ZHANGDIAN DISTRICT, ZIBO CITY, SHANDONG PROVINCE.	+86-533-3121112	CHINA	http://www.jstchemical.com
Chemtura Manufacturing UK Limited	Regional Center Tenax Road Trafford Park United Kingdom	+44-161 872 2323	United Kingdom	http://www.chemtura.com
ORFIT INDUSTRIES ASIA PACIFIC LIMITED	Room 2004, 20/F., Centre Point Wanchai Hong Kong	+32 (0)490 45 09 26	Hong Kong	https://www.orfit.com/about/

Manufacturers	Address	Contact	Country	Web site
Shandong Dianmei International Trade Co., Ltd.	Rm. 07, Floor 16, Xinyuan Mingjia Complex Building, Southwest Corner Of Crossing Of Lishan North Road	18660184253	CHINA	http://www.dm-in.com

3.2 บริษัทผู้จัดจำหน่าย PCL

3.2.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย PCL ภายในประเทศ

บริษัทผู้จัดจำหน่าย	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
S.M. Chemical Supplies Co Ltd	3/1-2 ตึก SMC, ถนนลาดพร้าว101 คลองจันทร์, บางกะปิ กรุงเทพ 10240	66-2-196 1013	ไทย	http://www.smchem.co.th
Chemical Express Co., Ltd.	111/5 หมู่ 5 ถนนศรีนครินทร์ ตำบลบางม่วง อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10270	+66 (0)2-7404271-6	ไทย	https://smelink.net/company/chemical-express-co-ltd.html
A.C.S. Xenon Limited Partnership	9-11 ซอยจันทร์ 6 ถนนจันทร์ กรุงเทพ 10120	66-2-286 6264	ไทย	http://www.acsxenon.co.th/

3.2.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย PCL ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Web site
Simagchem Corp.	UNIT 2107 HUALONG OFFICE BLDG, NO.6 HUBIN EAST ROAD,XIAMEN 361000	0086-592-2680277,13806087780	China (Mainland)	http://www.simagchem.com/

Manufacturers	Address	Contact	Country	Web site
Polysciences, Inc	400 Valley Road Warrington, PA 18976	1 (800) 523-2575 **or** (215) 343-6484	United states	http://www.polysciences.com/
Shenzhen Esun Industrial Co., Ltd.	Wuhan University Building A403-I, No.6 Yuexing 2 Road, Nanshan Distric	86-755-26031978	China	http://www.esun3d.net
TAIWAN POLY-URETHANE INDUSTRIAL CO., LTD.	3F-1, NO.9, WU-CHUAN 1ST ROAD, SINJHUANG DISTRICT, NEW TAIPEI CITY, TAIWAN, R.O.C.	886-02-2299166	Taiwan	http://www.taiwanpu.com
Taian Health Chemical Co., Ltd.	No.96 Great Wall Road,Tai'an city 271000	+86-538-8997076	China	http://www.healthchemical.com

4. การนำไปประยุกต์ใช้ PCL ในอุตสาหกรรม [12]

PCL เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่มีจุดหลอมเหลว 60 °C ซึ่งหมายความว่าสามารถนำมาขึ้นรูปได้เองตามต้องการ โดยการนำไปแช่ในน้ำร้อน 2-3 นาที นอกจากนี้เมื่อ PCL แข็งตัวจะมีสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่น คือ มีความแข็งแรง แตกหักยาก น้ำหนักเบา ยืดหยุ่นได้ สามารถยึดติดเข้ากับวัสดุหลากหลายประเภทและสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งโดยการนำกลับมาแช่ในน้ำร้อนเพื่อปรับรูปร่างใหม่ ตัวอย่างการนำไปใช้งานเช่น ใช้สร้างแบบจำลองและการสร้างต้นแบบ สามารถใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับการทำสำเนา นอกจากนี้ยังสามารถทำเครื่องประดับ ของเล่น หรือใช่ซ่อมแซมอุปกรณ์ สิ่งของต่างๆได้อีกมากมาย และสามารถนำไปใช้งานเกี่ยวกับร่างการมนุษย์ได้อีกด้วย

4.1 ผลิตภัณฑ์พลาสติกทางการก่อสร้าง

PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือทางการก่อสร้างซ่อมแซม เช่น ไขควง อีกทั้งยังสามารถเป็นตัวเชื่อมประสานได้ เช่น ตัวยึดขาเก้าอี้กับแผ่นรองนั่ง และตัวยึดไม้กับปูน เป็นต้น

ไขควง ตัวยึดขาเก้าอี้กับแผ่นรองนั่ง ตัวยึดไม้กับปูน

ภาพที่ 10 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกทางการก่อสร้างที่ทำจาก PCL

ไขควง	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up
ตัวยึดขาเก้าอี้กับแผ่นรองนั่ง	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up
ตัวยึดไม้กับปูน	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up

4.2 ผลิตภัณฑ์พลาสติกบรรจุภัณฑ์

PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น กระบอกวางแปรงสีฟัน และที่แขวนแก้วน้ำติดรถจักรยาน เป็นต้น

กระบอกวางแปรงสีฟัน ที่แขวนแก้วน้ำติดรถจักรยาน

ภาพที่ 11 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกบรรจุภัณฑ์ทำจาก PCL

กระบอกวางแปรงสีฟัน	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting
แก้วน้ำติดรถจักรยาน	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting

4.3 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับของเล่น

PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นของเล่นได้หลากหลาย เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่ายโดยการปั้นด้วยมือ เช่น หน้ากาก ตุ๊กตา และ โมเดล เป็นต้น

หน้ากาก

ตุ๊กตา

โมเดลของเล่น

ภาพที่ 12 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับของเล่นทำจาก PCL

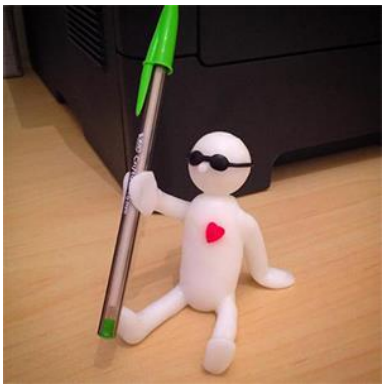
หน้ากาก	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting และ Hand lay-up
ตุ๊กตา	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting และ Hand lay-up
โมเดล	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting และ Hand lay-up

4.4 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องใช้ในบ้าน

PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นของใช้ภายในบ้านเพื่ออำนวยความสะดวกและซ่อมแซมได้หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ที่แขวนผ้า ที่แขวนหูฟัง ที่วางปากกา ที่วางสบู่ และแว่นตา เป็นต้น

ที่แขวนผ้า

ที่แขวนหูฟัง



ที่วางปากกา

ที่วางสบู่

แว่นตา

ภาพที่ 13 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องใช้ในบ้านทำจาก PCL

ที่แขวนผ้า	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up
ที่แขวนหูฟัง	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting
ที่วางปากกา	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up
ที่วางสบู่	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up
แว่นตา	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up

4.5 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า

PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวเชื่อมที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ เช่น สายไฟ ชาร์จแบตเตอรี เป็นต้น

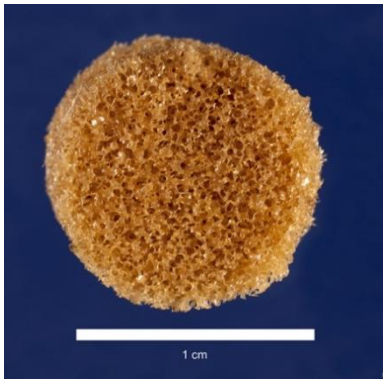
สายไฟชาร์จแบตเตอรี

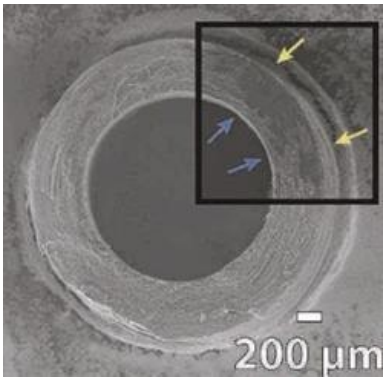
ภาพที่ 14 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทำจาก PCL

สายไฟชาร์จแบตเตอรี	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Hand lay-up

4.6 ผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์

PCL ได้รับการยอมรับจาก Food and Drug Administation (FDA) ด้านการนำไปใช้งานเกี่ยวกับร่างกายมนุษย์ เนื่องจาก PCL มีคุณสมบัติที่น่าสนใจ คือ สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ สามารถขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำ และมีการสลายตัวทางชีวภาพที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษ อีกทั้ง PCL มีสมบัติเชิงกลและการเข้ากันได้กับเซลล์ จึงมีการนำ PCL ไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ เช่น พอลิเมอร์ฟองน้ำจากวัสดุ PCL ใช้รักษาเมื่อกระดูกหัก[13] อาจใช้รักษาสำหรับคนเพดานโหว่ หรือในกรณีที่ผ่าตัดเอาเนื้องอกออกจากกระดูกและต้องการเติมช่องว่างบริเวณกระดูก การนำ PLC ผสมกับ ไคโตซานที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติสามารถพบได้ที่เปลือกของสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง (Crustacean) นำมาทำเป็นท่อนำเส้นประสาท เพื่อนำทางเส้นประสาทที่ขาดจากกันให้เชื่อมต่อกันได้[14] เป็นต้น





รถเข็นสำหรับผู้ป่วย พอลิเมอร์ฟองน้ำใช้รักษากระดูกหัก ท่อนำเส้นประสาท

ภาพที่ 15 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์ทำจาก PCL [13,14]

รถเข็นสำหรับผู้ป่วย	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Mold casting
พอลิเมอร์ฟองน้ำใช้รักษากระดูกหัก	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Electrospinning
ท่อนำเส้นประสาท	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Electrospinning

5. ความรู้และข่าวสารใหม่ๆ

ปัจจุบัน PCL สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้านโดยเฉพาะทางด้านการแพทย์ เนื่องจาก PCL เป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ไม่เป็นพิษ มีความแข็งแรง ยืดหยุ่นดี อีกทั้งสามารถเข้ากับเซลล์อื่นๆได้ดี ล่าสุดงานวิจัยของบริษัท Tissue Regeneration Systems ได้ผ่านการอนุมัติจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐฯ ให้สามารถผลิตสินค้าแบรนด์ Cranial Bone Void Filler ซึ่งเป็นนวัตกรรมเพื่อการศัลยกรรมตกแต่งกะโหลกศีรษะด้วยฟิลเลอร์ นับเป็นเทคโนโลยีทางการแพทย์ชิ้นแรกของ Universities of Michigan and Wisconsin ที่ได้รับการจดสิทธิบัตรฟิลเลอร์ที่ใช้สร้างกระดูกเทียมเป็นวัสดุชีวภาพจาก PCL ซึ่งสามารถผ่าตัดเพื่อนำออกจากร่างกายได้ง่ายกว่าโลหะผนวกกับการเคลือบเนื้อกระดูกเทียมด้วยวัสดุพิเศษที่ช่วยส่งเสริมให้กระดูกแท้ฟื้นตัวได้ดีขึ้น โดยทางบริษัทได้ออกแบบให้โครงกระดูกเทียมชนิดนี้ตอบสนองต่อแสงเลเซอร์ได้ดี เพื่อกระตุ้นการสร้างโครงข่ายภายในโพรงกระดูก ทั้งนี้การเลือกใช้พลาสติกชีวภาพชนิด PCL แทน PLA (Polylactic acid) เนื่องจาก PCL มีความแข็งแรงและมีราคาถูกกว่า PLA [15]

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.nia.or.th/download/document/chapter3.pdf

[2] นางสาวไผ่ ทิมาศาสตร์ (2555) : การเตรียมและการศึกษาวัสดุเสริมองค์ประกอบระหว่างพอลิเมอร์ผสมและ Bioglass สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมเยื่อกระดูก

[3] file:// Downloads/ Fulltext% 232_15645% 20(3). pdf (ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

[4] http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/degradable-plastics.html

[5] http://dd.lnwfile.com/_/dd/_raw/e9/yk/1f.jpg

[6] https://www.materialsampleshop.com/products/polycaprolactone

[7] Domokos Bartis and Judit Pongrácz (2011) Three dimensional tissue cultures and tissue engineering. University of Pécs.

[8] Tang ZG., Black RA., Curran JM., Hunt JA., Rhodes NP., Williams DF., (2004) Surface properties and biocompatibility of solvent-cast poly[-caprolactone] films. Biomaterials (19):4741-8.

[9] http://www.km.itfd.rmutp.ac.th/wp-content/uploads/2010/10/ab5.pdf

[10] Junghyuk Ko., Vahid Ahsani., Selina Xiangxiao Yao., Nima K Mohtaram., Patrick C Lee., Martin B G Jun. (2017) Fabricating and controlling PCL electrospun microfibers using filament feeding melt electrospinning technique. Micromech. Microeng. 27:1-11.

[11] Natthapong M (2011) Development of Nano TiO2 Coating Materials on Stainless Steel

[12] https://www.molastic.com/example/

[13] http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=10970

[14] https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-science-technology-news/938-ข่าววิทยาศาสตร์-รักษาเส้นประสาทที่บาดเจ็บด้วยเส้นใยลูกผสม-เปลือกสัตว์ทะเลกับพอลิเอสเทอร์

[15] http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=9078