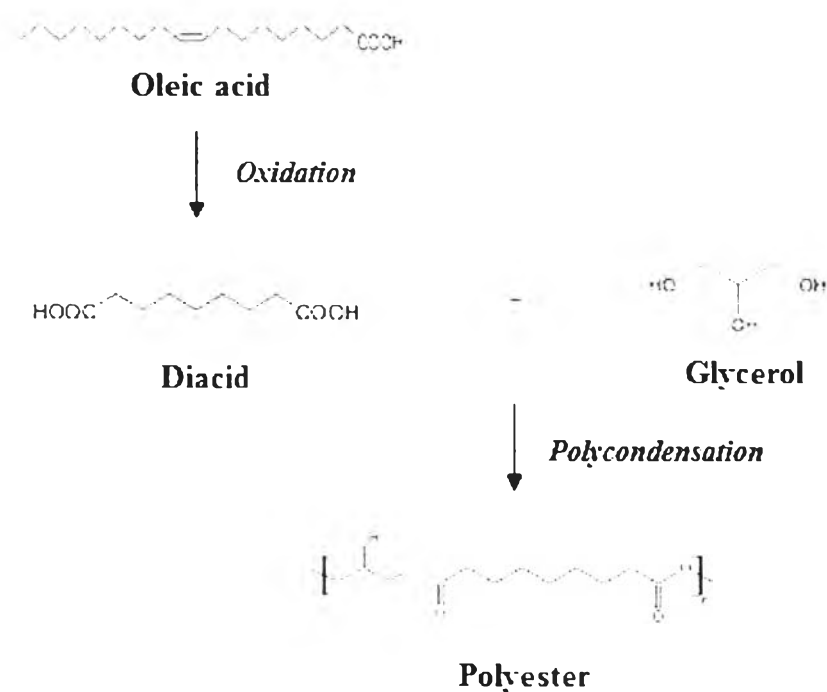


การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์ (Polyester) ทำผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชัน (Polycondensation) ระหว่างกรดและแอลกอฮอล์ที่เป็นสารตั้งต้นชีวมวลและน้ำมันสกัดจากพืช โดยการนำกลีเซอรอลซึ่งเป็นสารจำพวกไตรแอลกอฮอล์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่เหลือทิ้งจากการผลิตไบโอดีเซล และกรดอะซิลาอิก (Azelaic acid, $C_9H_{16}O_4$) ซึ่งเป็นไดแอซิด (Diacid) ที่ดัดแปรเชิงเคมีผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) จากกรดโอเลอิก (Oleic acid, $C_{18}H_{34}O_2$) ที่เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ได้จากน้ำมันสกัดจากพืช สังเคราะห์ได้เป็นพอลิเอสเตอร์แบบโคพอลิเมอร์ระหว่างกลีเซอรอลและไดแอซิดที่ผ่านการดัดแปรเชิงเคมีจากน้ำมันพืช ดังแสดงในรูปที่ 2.2 พอลิเอสเตอร์ที่สังเคราะห์ได้จะมีการทดสอบและพิสูจน์เอกลักษณ์ต่างๆ เช่น น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยและการกระจายตัว สมบัติเชิงความร้อน สมบัติเชิงกลพลวัต ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ เป็นต้น เพื่อเสนอแนวทางในการผลิตพอลิเมอร์ทางเลือกใหม่ที่ผลิตมาจากสารตั้งต้นฐานชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มาใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านพอลิเมอร์ต่าง ๆ เพื่อทดแทนพอลิเมอร์ฐานปิโตรเลียม



รูปที่ 2.2 การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์จากกลีเซอรอลและไดแอซิดที่ผ่านการดัดแปรเชิงเคมีจากกรดโอเลอิก

2.2 กรดไขมันในน้ำมันพืช [3]

น้ำมันพืช (Natural oil) ทุกชนิดจะมีสารจำพวกไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยสารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของเหลว (Liquid) ที่อุณหภูมิปกติ โดยสารจำพวกไตรกลีเซอไรด์เหล่านี้จะไม่ละลายกับน้ำ และเป็นสารจำพวกเอสเทอร์ (Ester) ที่สามารถแยกองค์ประกอบออกเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลได้ หนึ่งโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์จะมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 94-96 โดยกรดไขมันที่สามารถพบได้ทั่วไปในน้ำมันพืชจะเป็นดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะมีกรดไขมันอยู่ในรูปกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) นอกจากนี้ในน้ำมันพืชหนึ่งชนิดอาจพบกรดไขมันปะปนกันมากกว่าหนึ่งชนิดได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยงานวิจัยนี้เราสนใจศึกษาการดัดแปรโครงสร้างเชิงเคมีของกรดโอเลอิกที่พบมากในน้ำมันปาล์ม (Palm oil) และน้ำมันดอกทานตะวัน (Sunflower oil) ที่เป็นพืชเป็นที่เพาะปลูกและเป็นสินค้าทางการเกษตรและบริโภคในประเทศไทย

ตารางที่ 2.1 กรดไขมันบางชนิดที่พบในน้ำมันพืช

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	โครงสร้าง
กรดไมลิสติก	$C_{14}H_{28}O_2$	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
กรดปาล์มิติก	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
กรดปาล์มิโตเลอิก	$C_{16}H_{30}O_2$	$CH_3(CH_2)_2CH=CH(CH_2)_9COOH$
กรดสเตียริก	$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
กรดโอเลอิก	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_9COOH$
กรดลิโนเลอิก	$C_{18}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$
กรดลิโนเลนิก	$C_{18}H_{30}O_2$	$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_4COOH$
กรดแอลฟา-อีลิโอสเตียริก	$C_{18}H_{30}O_2$	$CH_3(CH_2)_2CH=CH-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2COOH$
กรดริซิโนเลอิก	$C_{18}H_{33}O_3$	$CH_3(CH_2)_2CH_2CH(OH)CH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$
กรดเวอโนลิก	$C_{18}H_{32}O_3$	$CH_3(CH_2)_4CH(OH)CH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$
กรดลิคานิก	$C_{18}H_{28}O_3$	$CH_3(CH_2)_2CH=CH-CH(OH)-CH=CH-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2COOH$



2698923261

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

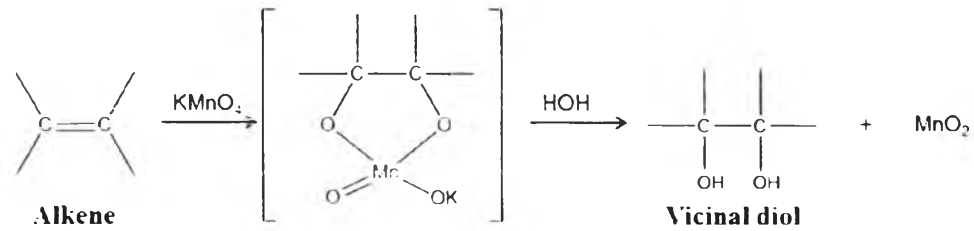
กรดไขมัน	ร้อยละ					
	น้ำมัน ระหุ่ง	น้ำมัน ลินสีด	น้ำมัน ปาล์ม	น้ำมัน เรพซิด	น้ำมัน ถั่วเหลือง	น้ำมันดอก ทานตะวัน
กรดปาล์มมิติก	1.5	5	39	4	12	6
กรดสเตียริก	0.5	4	5	2	4	4
กรดโอเลอิก	5	22	45	56	24	42
กรดลิโนเลอิก	4	17	9	26	53	47
กรดลิโนเลนิก	0.5	52	-	10	7	1
กรดริซิโนเลอิก	87.5	-	-	-	-	-
กรดลิคานิก	-	-	-	-	-	-
อื่น ๆ	-	-	2	2	-	-

2.3 การดัดแปรเชิงเคมีของกรดโอเลอิก [4, 5]

การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์ฐานชีวภาพในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้นำกรดโอเลอิกมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โดยตรง เนื่องจากไม่ต้องการโครงสร้างที่เป็นพันธะคู่ของกรดโอเลอิก และต้องการหมู่แอซิดที่มากกว่าหนึ่งหมู่เพื่อให้เกิดการต่อสายโซ่พอลิเมอร์ ดังนั้นจึงนำกรดโอเลอิกมาผ่านกระบวนการดัดแปรเชิงเคมีให้เป็นกรดอะซิติกซึ่งเป็นไดแอซิด โดยจะทำการดัดแปรโดยการตัดสายสายโครงสร้างพันธะคู่ (Double bond) ของกรดโอเลอิกให้กลายเป็นไดแอซิดและแอซิดอย่างละหนึ่งโมเลกุล ซึ่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการตัดสายโซ่พันธะคู่หรือจำพวกแอลคีน (Alkene) คือปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีตามชนิดของตัวออกซิไดส์ ดังต่อไปนี้

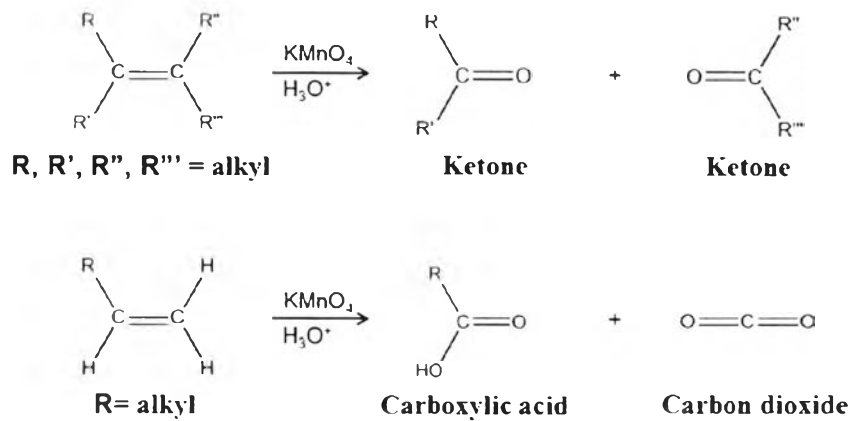
2.3.1 สารละลายต่างทับทิม [5]

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีนโดยใช้สารละลายต่างทับทิม (Potassium permanganate, KMnO_4) เป็นตัวออกซิไดส์ จะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยแอลคีนจะเปลี่ยนเป็นสารจำพวกวิซินัลไดออล (Vicinal diol) หรือ 1,2-ไดออล (1,2-diol) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) 2 หมู่ เกาะที่คาร์บอนเดิมที่เคยเป็นพันธะคู่ ซึ่งปฏิกิริยาสามารถสังเกตได้จากการจางหายไปของสีต่างทับทิม



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีน โดยใช้ด่างทับทิมเป็นตัวออกซิไดส์

ด่างทับทิมเมื่ออยู่ช่วงพีเอช (pH) ที่แตกต่างกันจะมีความแรงในการออกซิไดส์ที่ต่างกัน กล่าวคือจะเป็นตัวออกซิไดส์อ่อนเมื่ออยู่ในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกลาง และจะเป็นตัวออกซิไดส์ที่มีความแรงมากขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบส หรือภาวะที่มีการให้ความร้อน โดยการออกซิไดส์แอลคีนในขั้นต้นจะเกิดเป็นวิซินัลไดออกไซด์ก่อน ซึ่งถูกออกซิไดส์ต่อได้ง่าย ดังนั้นถ้าใช้ด่างทับทิมในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรด จะสามารถเกิดออกซิเดชันขั้นทำให้โมเลกุลแตกออกและเกิดเป็นสารชนิดต่าง ๆ ตามหมู่ฟังก์ชันที่อยู่คู่กับพันธะคู่ของแอลคีน เช่น คีโตน (Ketone) กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4

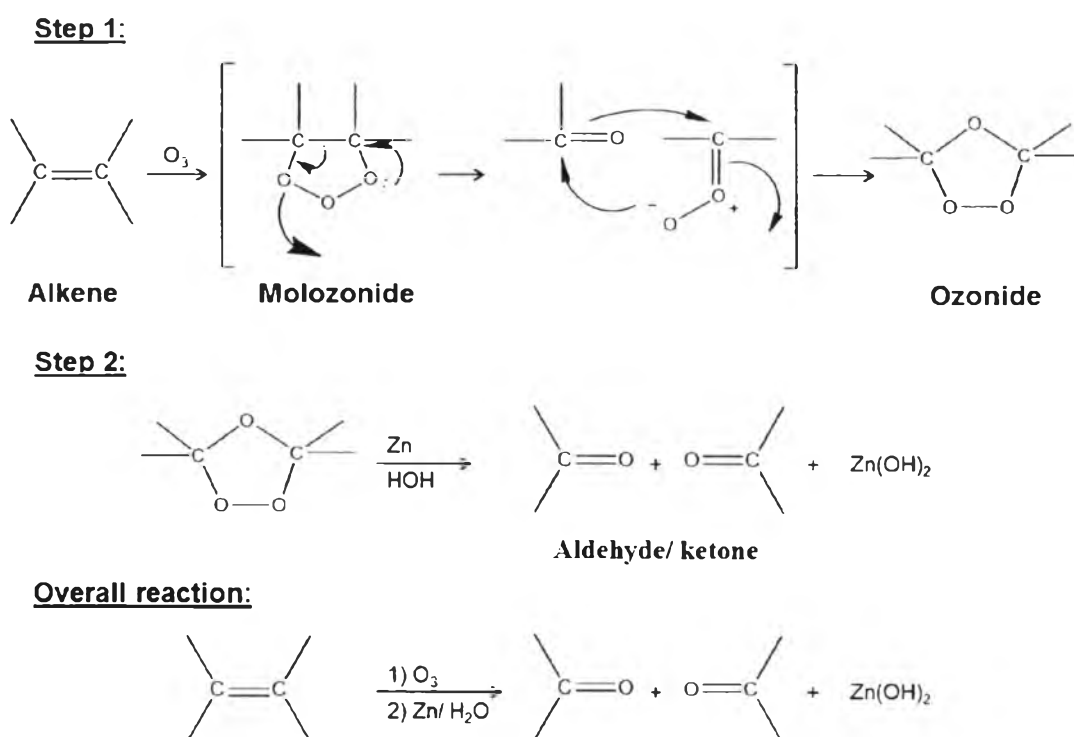


รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีน โดยใช้ด่างทับทิมเป็นตัวออกซิไดส์ ในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรด



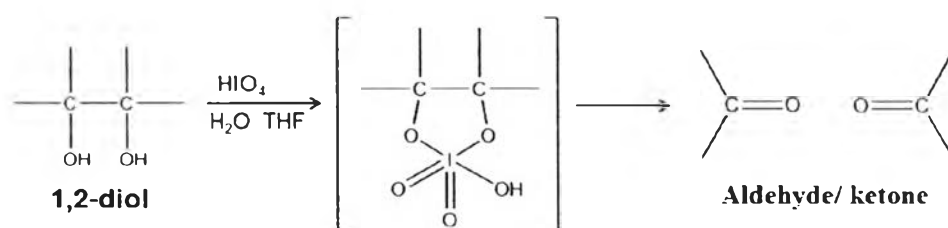
2.3.2 โอโซน [5]

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีนโดยใช้โอโซน (Ozone, O₃) เป็นตัวออกซิไดส์ หรือปฏิกิริยาโอโซนไลซิส (Ozonolysis) มีด้วยกัน 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างแอลคีนกับโอโซนได้เป็นโมโลโซน (Molozonide) เกิดขึ้น แต่สารดังกล่าวไม่เสถียรมากจึงมีการจัดโครงสร้างใหม่เป็นสารโอโซน (Ozonide) ที่มีความเสถียรมากกว่า อย่างไรก็ตามสารที่เกิดขึ้นนี้จัดเป็นสารประเภทเปอร์ออกไซด์ (Peroxide) ที่ไม่เสถียรมากและสามารถเกิดการระเบิดได้ จากเหตุดังกล่าวจึงต้องมีการทำปฏิกิริยาด้วยโลหะสังกะสีในน้ำในขั้นที่สองเพื่อรีดิวส์โอโซนให้เป็นสารจำพวกคาร์บอนิล (Carbonyl) ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสารจำพวกแอลดีไฮด์ (Aldehyde) และคีโตน ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาโอโซนไลซิสของแอลคีน

นอกจากปฏิกิริยาที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว เรายังสามารถเติมกรดเปอร์ไอโอดิก (Periodic acid, HIO_4) หรือโซเดียมเมตาเปอร์ไอโอดेट (Sodium-meta-periodate, NaIO_4) ลงไปในปฏิกิริยาการแตกพันธะโดยใช้ต่างทับทิมหรือไอโชน เพื่อให้เกิดการแตกพันธะอยู่ในรูป 1,2-ไดออล จากนั้นจึงเปลี่ยนโครงสร้างให้อยู่ในรูปสารจำพวกคาร์บอนิล ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จากนั้นจึงเติมกรดลงไปเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นกรดคาร์บอกซิลิกตามต้องการ



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการแตกพันธะของ 1,2-ไดออล โดยใช้กรดเปอร์ไอโอดิก

2.4 พอลิเมอร์ [4-6]

พอลิเมอร์จัดเป็นสารจำพวกไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) เกิดจากหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) ซ้ำกันหลาย ๆ หน่วยมาทำปฏิกิริยากัน พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยหรือมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันจัดเป็นโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) แต่ถ้ามีมอนอเมอร์ต่างกันมากกว่าหนึ่งชนิดจะจัดเป็นโคพอลิเมอร์ (Copolymer) พอลิเมอร์มีทั้งที่พบได้ในธรรมชาติ (Natural polymer) เช่น แป้ง โปรตีน เซลลูโลส หรือยางธรรมชาติ เป็นต้น และพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymer) เช่น พลาสติก เส้นใย โฟม หรือกาว เป็นต้น พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดมีประโยชน์และการใช้งานที่แตกต่างกันไปตามสมบัติที่ต่างกัน จึงทำหน้าที่หรือนำไปใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกันได้

2.4.1 โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์นั้นไม่ได้มีความแตกต่างมากมายกับโมเลกุลออร์แกนิกประเภทอื่น ๆ แม้ว่า จะมีโมเลกุลขนาดใหญ่แต่ก็มีโครงสร้างเชิงเคมีที่คล้ายคลึงไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลขนาดเล็ก ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เฉกเช่นเดียวกับกับสารโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น พันธะอะไมด์ (Amide linkage) ของไนลอนที่สามารถถูกไฮโดรไลต์ด้วยสารละลายเบสเช่นเดียวกับกับสารจำพวกอะไมด์ (Amide) เป็นต้น แต่สิ่งที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีความแตกต่าง

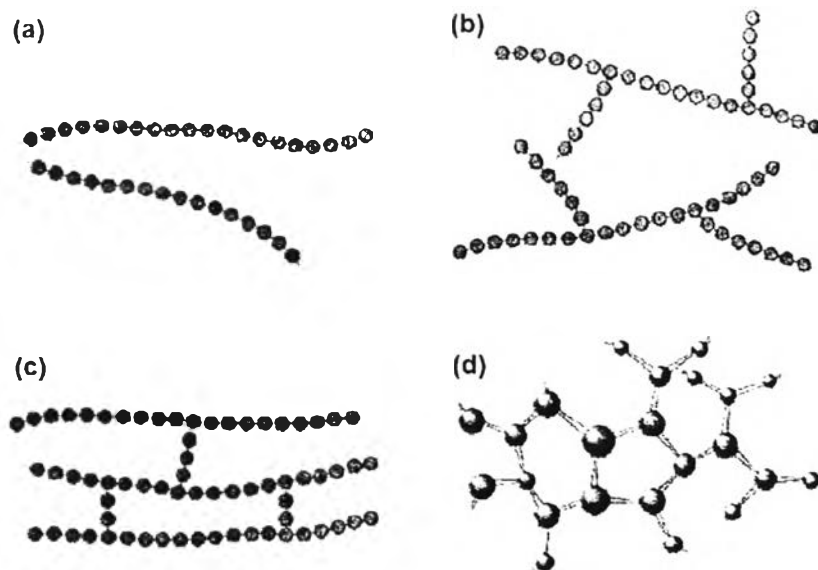
กันนั้นคือ สมบัติทางกายภาพ เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene) ที่มีความเป็นผลึกสูง มีความแข็งแรง และทนทาน เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการหลอมเหลวเป็นวัสดุอสัณฐาน (Amorphous material) ซึ่งแตกต่างกับพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly(methyl methacrylate)) ที่เป็นพอลิเมอร์แบบอสัณฐานที่ไม่มีความเป็นผลึกที่เมื่อได้รับความร้อนจะไม่เกิดการหลอมเหลว แต่พอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงจะมีความอ่อนและยืดหยุ่นขึ้น เป็นต้น

2.4.2 รูปร่างของโมเลกุลพอลิเมอร์ [7, 8]

รูปร่างของโมเลกุลพอลิเมอร์ (Structural shape of polymer molecules) มีด้วยกัน 4 ประเภทดังนี้

- 2.4.2.1 พอลิเมอร์แบบเส้น (Linear polymer) คือพอลิเมอร์ที่มีรูปร่างโมเลกุลเป็นสายยาว (รูปที่ 2.7(a)) สายโซ่จะมีความแข็งแรง ชุ่มและเหนียว และอาจมีแรงแวนเดอร์วาลส์หรือพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ ตัวอย่างของพอลิเมอร์แบบเส้นเช่น PVC, PS, Nylon, Polymethylmethacrylate (PMMA) และ High density PE (HDPE) เป็นต้น
- 2.4.2.2 พอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน (Branched polymer) คือพอลิเมอร์ที่มีกิ่งก้านยื่นออกมาจากสายโครงสร้างหลัก (รูปที่ 2.7(b)) ส่งผลให้โมเลกุลไม่สามารถจัดเรียงตัวได้แน่น มีความยืดหยุ่น ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ลดลง และเกิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่น และจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น Low density PE (LDPE) เป็นต้น
- 2.4.2.3 พอลิเมอร์แบบเชื่อมขวาง (Crosslinked polymer) คือสายโซ่พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมกันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ด้วยพันธะโคเวเลนต์ (รูปที่ 2.7(c)) โดยทั่วไปแล้ว การสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบเชื่อมขวางสามารถทำได้โดยการเติมอะตอมหรือโมเลกุลตัวเติมเพื่อให้เกิดพันธะโคเวเลนต์กับสายโซ่และมักกระทำที่ภาวะอุณหภูมิสูง เช่น กระบวนการวัลคาไนเซชันของยาง เป็นต้น นอกจากนี้ถ้ามีพันธะที่เชื่อมระหว่างโซ่หลักเพียงเล็กน้อย จะมีความยืดหยุ่นและอ่อนตัว แต่ถ้ามีการเชื่อมโยงระหว่างโซ่หลักมาก จะแข็งแรงไม่สามารถยืดหยุ่นได้ พอลิเมอร์แบบนี้มีจุดหลอมเหลวสูง เมื่อผ่านการขึ้นรูป จะไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง หรือหลอมเหลว
- 2.4.2.4 พอลิเมอร์แบบโครงข่าย (Network polymer) คือพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบสามมิติ (รูปที่ 2.7(d)) พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมขวางสูงอาจจัดเป็นพอลิเมอร์แบบโครงข่ายได้เช่นเดียวกัน ตัวอย่างของพอลิเมอร์ประเภทนี้เช่น Epoxy resin, Phenol-formaldehyde resin เป็นต้น





รูปที่ 2.7 รูปร่างของโมเลกุลพอลิเมอร์แบบ (a) เส้น (b) กิ่งก้าน (c) เชื่อมขวาง และ (d) โค้งซ้ำ

2.4.3 การจัดเรียงตัวของโมเลกุล [8]

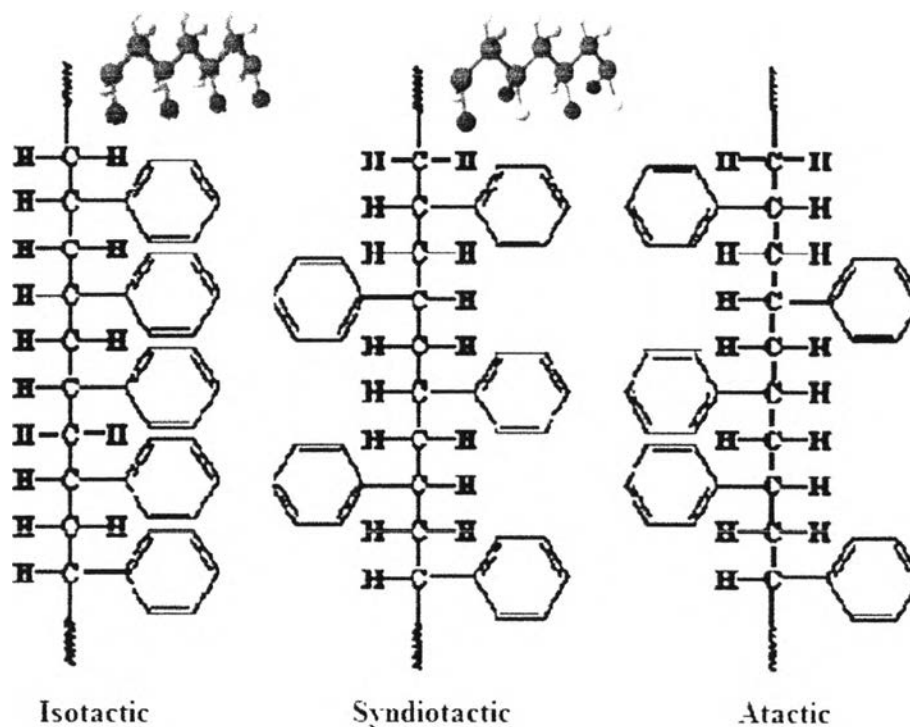
การจัดเรียงตัวของโมเลกุล (Molecular configuration) ของพอลิเมอร์สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทคือ สเตอริโอไอโซเมอริซึม (Stereoisomerism) และจีโอเมตริกัลไอโซเมอริซึม (Geometrical isomerism)

2.4.3.1 สเตอริโอไอโซเมอริซึม (Stereoisomerism) คือลักษณะการจัดโครงสร้างทางสเตอริโอของหมู่ข้างเคียงในระนาบแกนกลางตลอดสายโซ่โมเลกุลเรียกพอลิเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีการจัดตัวของโครงสร้างต่างกันว่า สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomer) ตัวอย่างเช่น พอลิเมอร์แบบเส้นที่สังเคราะห์ได้จากไวนิลพอลิเมอร์ ($\text{CH}_2=\text{CHR}$) จะมีหมู่แอลคิล (R) ต่อกับอะตอมของคาร์บอนได้ 3 แบบ (รูปที่ 2.8) ดังนี้

1. อะแทคติกสเตอริโอไอโซเมอร์ (Atactic stereoisomer): หมู่ R ต่อคละกันไปบนสายโซ่คาร์บอนอย่างไม่สม่ำเสมอ
2. ไอโซแทคติกสเตอริโอไอโซเมอร์ (Isotactic stereoisomer): หมู่ R ทุกหมู่ต่ออยู่บนด้านเดียวกันของสายโซ่คาร์บอนอย่างสม่ำเสมอ



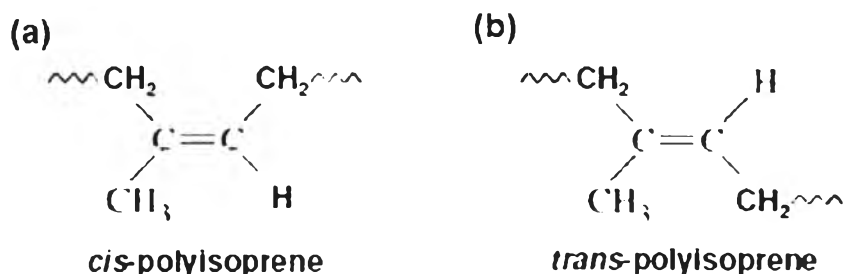
3. ซินดิโอแทคติกสเตอริโอไอโซเมอร์ (Syndiotactic stereoisomer):
หมู่ R ต่อกันสลับข้างกันบนสายโซ่คาร์บอนอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.8 สเตอริโอไอโซเมอร์ทั้งสามแบบของพอลิเมอร์

Isotactic และ Syndiotactic เป็นโครงสร้างที่สม่ำเสมอ (Regularity) จึงเรียกว่ามีสเตอริโอเรกูลาริตี (Stereoregularity) ทำให้พอลิเมอร์มีแนวโน้มที่จะเกิดผลึกได้ ส่วน atactic เป็นโครงสร้างไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้มักเป็นพอลิเมอร์อสัณฐาน โดยปกติแล้วพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนแบบอนุกรมผลึกจะสามารถผลิตได้แต่พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบ Atactic เนื่องจากควบคุมตำแหน่งการเกาะของหมู่ R ได้ยาก แต่ต่อมาได้มีการคิดค้นวิธี Metallocene catalysis vinyl polymerisation ที่สามารถสังเคราะห์พอลิสไตรีนที่มีโครงสร้างแบบ Syndiotactic ที่มีสมบัติเป็นผลึก และมีอุณหภูมิหลอมเหลวสูงถึง 270 องศาเซลเซียส

2.4.3.2 จีโอเมตริกัลไอโซเมอริซึม (Geometrical isomerism) คือการจัดเรียงตัวของอะตอมหรือโมเลกุลบนสายโซ่หลักที่ตำแหน่งต่างกัน เช่น โมเลกุลของพอลิไอโซพรีน (รูปที่ 2.9) พิจารณาอะตอม H และโมเลกุล CH₃ ในรูปที่ 2.9(a) H และ CH₃ อยู่ฝั่งเดียวกันของสายโซ่ เราเรียกรูปการจัดเรียงตัวแบบนี้ว่า *cis*-structure ส่วนในรูปที่ 2.9(b) H และ CH₃ อยู่คนละฝั่งของสายโซ่ เราเรียกรูปการจัดเรียงตัวแบบนี้ว่า *trans*-structure พอลิเมอร์เดียวกันแต่มีการจัดเรียงตัวต่างกันจะส่งผลต่อสมบัติที่ต่างกัน เช่น ยางที่มีโครงสร้างเป็น *cis*-polyisoprene จะมีความนิ่มมากกว่า สามารถนำไปใช้เป็นยางรถยนต์ ส่วน *trans*-polyisoprene จะมีความแข็งและเหนียวมากกว่า สามารถนำไปใช้ทำเปลือกหุ้มลูกกอล์ฟ เป็นต้น



รูปที่ 2.9 จีโอเมตริกัลไอโซเมอร์ของพอลิไอโซพรีน (a) ซิส-พอลิไอโซพรีน (b) ทรานส์-พอลิไอโซพรีน

2.5 ประเภทของพอลิเมอร์ [4, 8]

โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งพอลิเมอร์ได้ออกเป็น 4 กลุ่มหลักตามลักษณะทางกายภาพ คือ เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) อีลาสโตเมอร์ (Elastomer) และเทอร์โมเซตติงเรซิน (Thermosetting resin) ซึ่งพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะมีสมบัติและการนำไปใช้ที่แตกต่างกันดังนี้

2.5.1 เทอร์โมพลาสติก

พอลิเมอร์ชนิดนี้จะมีอุณหภูมิการเกิดสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, T_g) สูง ที่ภาวะอุณหภูมิห้องจะมีความแข็ง และจะมีความอ่อนตัวและความเหนียวมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน จากสมบัติเหล่านี้ทำให้สามารถเทอร์โมพลาสติกไปขึ้นรูปเป็น

ของใช้ได้หลากหลาย เช่น ของเล่น ลูกบิด โทรศัพท์ เป็นต้น ตัวอย่างของเทอร์โมพลาสติกที่สำคัญ คือ พอลิเอธิลีน ไนลอน หรือพอลิเอธิลีนเทอพาทาเลต (Poly(ethylene terephthalate), PET) ที่ใช้ในการผลิตขวดน้ำดื่ม เป็นต้น

2.5.1.1 ตัวอย่างของเทอร์โมพลาสติก

1. Polyethylene (PE) ที่ใช้งานมากมีสองประเภทคือ Low density PE (LDPE) ซึ่งเป็นโมเลกุลแบบกิ่งก้าน และ high density PE (HDPE) ซึ่งเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ทั้งนี้เนื่องจากมีราคาถูก มีความแข็งแรงพอสมควร เหนียว ทนการสึกกร่อน ไม่มีกลิ่นและรส นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุ ฉนวนไฟฟ้า สายพลาสติก ขวด และฟิล์มห่อของ เป็นต้น
2. Ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE) คือ Linear PE ที่มีค่าน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าความต้านทานการกระแทกและการสึกกร่อนที่สูงมาก นอกจากนี้ยังมีสมบัติที่อุณหภูมิต่ำที่ดีมาก สามารถดูดซับเสียงและพลังงานได้ดีมาก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนต่อสารเคมีได้ดีมาก การนำไปใช้งานเช่น เสื้อเกราะกันกระสุน แขนลูกกอล์ฟ รางโบว์ลิ่ง และอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Biomedical prostheses) เป็นต้น
3. Polypropylene (PP) เป็นพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงมากกว่าแต่อ่อนตัวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ PE โดยหมู่ CH_3 - ในโครงสร้างจะทำให้อุณหภูมิการเกิดสถานะคล้ายแก้ว (T_g) และอุณหภูมิการหลอมเหลว (Melting temperature, T_m) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทนต่อสารเคมีและความร้อน ไม่ดูดความชื้น ความหนาแน่นต่ำ มีราคาถูก และมีความใสมากเมื่อมีการเรียงตัวแบบ Biaxial นิยมใช้ทำถุง หรือบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความสวยงาม
4. Polystyrene (PS) เป็นพอลิเมอร์ที่ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่เปราะ มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี นอกจากนี้ยังมีความคงตัวด้านขนาดและความร้อน (Dimensional and thermal stability) ที่ดี การใช้งานเช่น ทำอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน ของเล่น กล้องแบดเตอร์ เป็นต้น
5. Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) มีสมบัติเด่นคือสามารถทนแรงกระแทกได้ดี มีความแข็งแรงดี และง่ายต่อการขึ้นรูป ABS ประกอบด้วยพอลิเมอร์สามประเภทคือ 1) อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) ประมาณ 15-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีหน้าที่ให้ความทนทานต่อความร้อนและสารเคมีและให้ความเหนียว 2) บิวตาไดอีน (Butadiene) ประมาณ 5-30 เปอร์เซ็นต์ มีหน้าที่ให้ความทนทานต่อ



แรงกระแทก แต่มีความเสถียรต่ำ และ 3) สไตรีน (Styrene) ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ มีหน้าที่ให้ความแข็ง และทำให้ผิวชิ้นงานเป็นมัน นอกจากนี้ยังสามารถนำ ABS ไปผสมกับยางสังเคราะห์บิวตาไดอินเพื่อเพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทก แต่ความแข็งแรงและความทนต่อความร้อนลดลง ใช้ทำพวกท่อ ส่วนประกอบรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ที่บูประตูดุ่ยเย็น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ เครื่องคิดเลข อุปกรณ์กันการรบกวนของแม่เหล็กไฟฟ้าและความถี่วิทยุ เป็นต้น

6. Polymethyl methacrylate (PMMA) เป็นพอลิเมอร์ที่มีความแข็งใส ไม่ยืดหยุ่น ความหนาแน่นต่ำ มีน้ำหนักเบา ทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี และแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจก สามารถขึ้นรูปได้ง่าย เช่น กระจกอะคริลิก (Acrylic glass) หรือ Plexiglas สำหรับทำกระจกหน้าต่าง เป็นต้น

2.5.2 อีลาสโตเมอร์

อีลาสโตเมอร์เป็นพอลิเมอร์ชนิดอสัณฐานที่มีความสามารถในการยืดออกและกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ พอลิเมอร์กลุ่มนี้จะมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วต่ำ และมีปริมาณการเชื่อมขวาง (Crosslinking) สายโซ่ของอีลาสโตเมอร์จะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนเพื่อป้องกันการผลึก ตัวอย่างของอีลาสโตเมอร์ที่สำคัญคือ ยางธรรมชาติ (Natural rubber) ที่มีสายโซ่ยาวและการเชื่อมขวางบางส่วนเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น และมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนเพื่อไม่ให้เกิดผลึกในสายโซ่

2.5.2.1 ตัวอย่างของอีลาสโตเมอร์

1. Styrene-butadiene rubber คือยางสังเคราะห์ที่มีสไตรีนประกอบอยู่ประมาณ 20-23 เปอร์เซ็นต์ มีราคาถูกกว่ายางธรรมชาติ อีกทั้งสามารถทนต่อการสึกหรอและความร้อนสูง แต่มีข้อเสียคือดูดกลืนตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ได้ดี จึงทำให้ยางเกิดการบวมตัวเมื่อสัมผัสน้ำมันได้
2. Polychloroprene หรือ Neoprene เป็นยางสังเคราะห์ที่มีอะตอมคลอรีนในโครงสร้าง คลอรีนจะทำหน้าที่ป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โอโซน ความร้อน แสง ยางชนิดนี้จึงมีความทนทานตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ได้ดี และมีความแข็งแรงกว่ายางธรรมชาติ แต่สามารถทนความร้อนได้ต่ำกว่า และอ่อนตัวน้อยกว่า ทั้งยังมีราคา



แพงกว่ายางธรรมชาติ ทำให้ถูกนำไปใช้ในงานที่ค่อนข้างเฉพาะ เช่น ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ท่อ สายพาน วัสดุปลูกเก็บสารเคมี เป็นต้น

3. ยางไนไตรล์ (nitrile rubber) เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างบิวตาไดเอิน (butadiene) 55–82 เปอร์เซ็นต์ และอะคริโลไนไตรล์ (acrylonitrile) 18–45 เปอร์เซ็นต์ หากมีปริมาณหมู่นิไตรล์มากจะทำให้ยางมีความทนทานต่อน้ำมันและตัวทำละลายได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทนต่อการสึกหรอและความร้อนได้ดี แต่อาจทำให้ความอ่อนตัวของยางลดลง เหมาะกับการใช้ทำสายยางน้ำมัน หรือชิ้นงานที่ต้องสัมผัสกับน้ำมัน

2.5.3 เทอร์โมเซตติงเรซิน

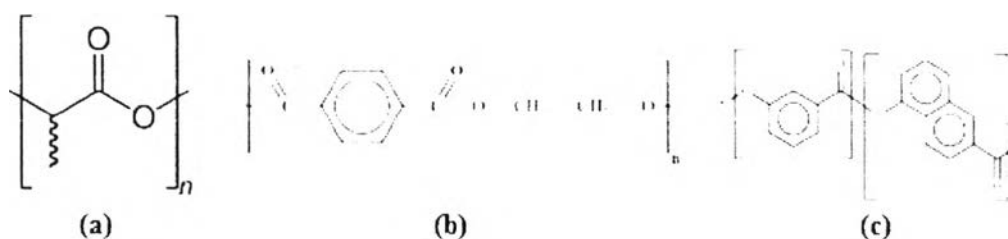
เทอร์โมเซตติงเรซินเป็นพอลิเมอร์ที่มีปริมาณการเชื่อมขวางสูง มีความแข็งแรงสูง และไม่เกิดละลายหรือหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างของเทอร์โมเซตติงที่สำคัญคือ เบกาไลต์ (Bakelite) ซึ่งสังเคราะห์มาจากฟีนอล (Phenol) กับฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ที่นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในงานด้านการขึ้นรูป การยึดเกาะ การเคลือบผิว และการใช้งานที่ทนต่อความร้อนสูง เช่น ชิ้นส่วนของมิสไซล์ เป็นต้น

2.5.3.1 ตัวอย่างของเทอร์โมเซตติงเรซิน

1. อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) เป็นวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมี มีสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า หรือใช้เคลือบเพื่อป้องกันการขีดข่วนหรือกรดต่าง เช่น ตัวถังรถยนต์ เครื่องมือต่างๆ อุปกรณ์ไฟฟ้านอกจากนี้สามารถใช้ร่วมกับพวกเส้นใยหรือทำเป็นคอมโพสิตแบบ laminate ได้อีกด้วย
2. อะมิโนเรซิน (Amino Resin) เป็นเรซินที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบกลั่นตัว (Condensation) ระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) กับสารประกอบที่มีหมู่อะมิโน ($-NH_2$) เช่น ยูเรีย ได้เป็นยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งมีราคาถูก สามารถใช้ผสมกับพวกเซลลูโลสสำหรับทำผนังห้อง หรือทำกาวยึดเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น
3. พอลิเอสเทอร์ (Polyester) เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีและมีราคาถูก สามารถใช้งานได้ดีในภาวะอุณหภูมิปกติหรืออุณหภูมิสูง โดยทั่วไปแล้วมักนำไปเสริมแรงด้วยเส้นใย ยกตัวอย่างการใช้งานเช่น ทำหมวกนิรภัย แก้วอิ หรือตัวถังรถยนต์ เป็นต้น

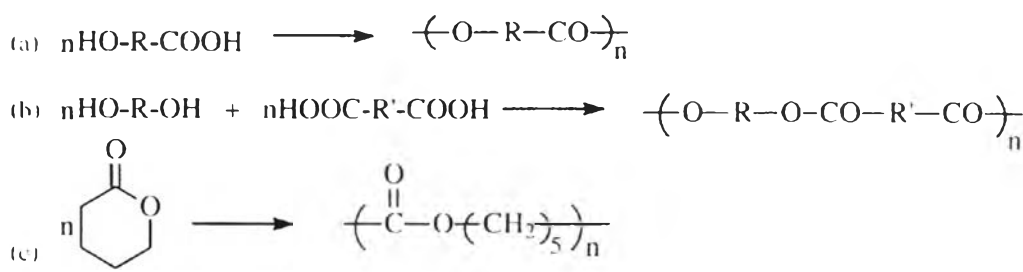
2.6 พอลิเอสเทอร์ [3]

พอลิเอสเทอร์ (Polyester) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยหมู่เอสเทอร์ ($-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-$) อยู่ในสายโซ่ของพอลิเมอร์ โดยพอลิเอสเทอร์แบ่งได้ออกเป็น 3 ชนิด คือ พอลิเอสเทอร์ชนิดอะลิฟาติก พอลิเอสเทอร์ชนิดเฮมิอะโรมาติกส์ และพอลิเอสเทอร์ชนิดอะโรมาติกส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชนิดของพอลิเอสเทอร์ (a) พอลิเอสเทอร์ชนิดอะลิฟาติก (b) พอลิเอสเทอร์ชนิดเฮมิอะโรมาติกส์ และ (c) พอลิเอสเทอร์ชนิดอะโรมาติกส์

การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์สามารถสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาได้ 3 รูปแบบ คือ การสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของไฮดรอกซิลแอซิด การสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของไดออลและไดแอซิด และการสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงอะโรมาติกส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

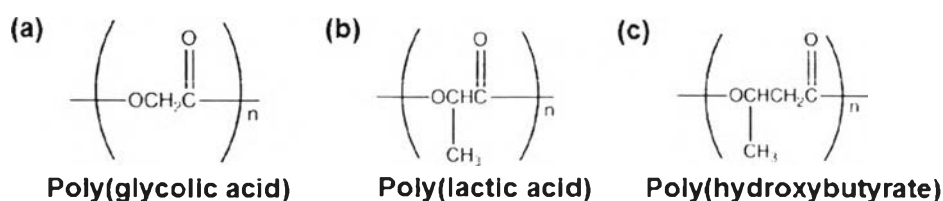


รูปที่ 2.11 การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์ (a) ปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของไฮดรอกซิลแอซิด (b) ปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของไดออลและไดแอซิด (c) ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงอะโรมาติกส์



2.7 พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ [4]

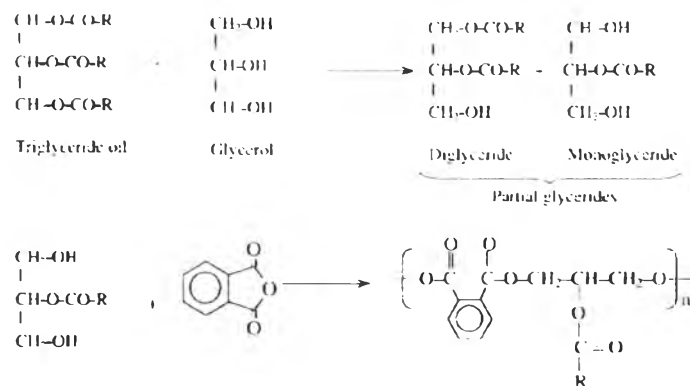
พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradable polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น การฝังกลบดิน พอลิเมอร์ชนิดนี้คิดค้นและสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาของเสียพอลิเมอร์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ แม้ว่าจะมีนำพอลิเมอร์เหล่านี้มาผ่านการรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่ก็ตาม ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพที่สำคัญคือ พอลิไกลคอลลิกแอซิด (Poly(glycolic acid), PGA) พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) และพอลิไฮดรอกซีบิวทิเลต (Poly(hydroxybutyrate), PHB) ซึ่งจัดเป็นพอลิเอสเทอร์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ที่พันธะเอสเทอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 นอกจากนี้พอลิเมอร์เหล่านี้ยังสามารถสลายตัวและดูดซึมโดยร่างกายภายใน 90 วันหลังจากใช้ในการรักษาอีกด้วย



รูปที่ 2.12 โครงสร้างพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ (a) พอลิไกลคอลลิกแอซิด (b) พอลิแลคติกแอซิด และ (c) พอลิไฮดรอกซีบิวทิเลต

2.7.1 ตัวอย่างการสังเคราะห์ไบโอพอลิเอสเทอร์ [3]

การสังเคราะห์ไบโอพอลิเอสเทอร์นั้นยังมีงานวิจัยที่ทำการศึกษานำน้ำมันพืช หรือกลิเซอรอลมาใช้เป็นสารตั้งต้น เช่น Güner และคณะ [3] ได้เสนอตัวอย่างของการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์จากไตรกลีเซอไรด์ โดยการนำไตรกลีเซอไรด์มาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกับกลีเซอรอลได้ออกมาเป็นมอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ จากนั้นนำมอนอกลีเซอไรด์ไปทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่ต้องการ เช่น พทาสิกแอนไฮไดรด์ ได้ออกมาเป็นไบโอพอลิเอสเทอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์จากไตรกลีเซอไรด์

2.8 การย่อยสลายพอลิเมอร์ [9, 10]

2.8.1 การย่อยสลายด้วยแสง

การย่อยสลายพอลิเมอร์ดังกล่าวจะใช้ได้กับพอลิเมอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งประกอบอยู่ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงไปทำลายโครงสร้างของพอลิเมอร์และเติมสารเติมแต่งกระตุ้นให้เกิดการแตกสลาย ทำให้แป้งที่ร่วมตัวอยู่กับพอลิเมอร์ละลาย ชั้นฉนวน แยกตัวออกไปกลายเป็นพอลิเมอร์ที่แตกและตกค้างเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

2.8.2 การย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การย่อยสลายดังกล่าวจะทำการเติมโลหะหนักเข้าไปผสมกับพอลิเมอร์เพื่อกระตุ้นให้อนุมูลอิสระที่อยู่ในพอลิเมอร์เกิดการย่อยสลาย ซึ่งวิธีดังกล่าวจะได้พอลิเมอร์ที่แตกตกค้างเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกันกับการย่อยสลายด้วยแสง

2.8.3 การย่อยสลายทางชีวภาพ

การย่อยสลายดังกล่าวจะใช้เชื้อจุลินทรีย์และการไฮโดรไลซิสของน้ำในการย่อยสลายพอลิเมอร์ ซึ่งวิธีดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้กับพอลิเมอร์ชนิดอะลิฟาติก โดยการนำไปฝังดินเพื่อให้เกิดการย่อยสลายที่ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมคือ สลายอยู่ในรูปน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



2898823261

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bruggeman และคณะ [11] สังเคราะห์พอลิออลเซบาเคตเพื่อนำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรมทางการแพทย์ด้านการรักษาด้วยการสร้างเนื้อเยื่อทดแทน พบว่าพอลิเมอร์ดังกล่าวจะมีสมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเชื่อมขวางที่มีจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นหรือเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยเอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ให้ผลการสลายตัวใกล้เคียงกับพอลิแลคติกโคกลีเซอรอลที่เป็นพอลิเมอร์ที่ใช้งานทั่วไปด้านการแพทย์

Chen และคณะ [12] ศึกษาการสังเคราะห์พอลิกลีเซอรอลซีบาเคตผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันระหว่างกลีเซอรอลและกรดซีบาซิก และทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ถึงความเหมาะสมในการใช้ทดแทนเนื้อเยื่อของผนังหัวใจ โดยทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อกรดซีบาซิกเท่ากับ 1:1 ภายใต้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 110 120 และ 130 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีความเค้นลดลง แต่จะมีความเครียดเพิ่มมากขึ้น หรือพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ด้วยอุณหภูมิต่ำจะมีความเป็นอิลาสโตเมอร์ที่สูงกว่าพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้เมื่อทำการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพโดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พบว่าพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้อุณหภูมิต่ำจะสามารถถูกย่อยสลายได้รวดเร็วและมากกว่าพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้อุณหภูมิสูง โดยพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ด้วยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เมื่อถูกย่อยสลายไป 14 วัน จะเกิดการสูญเสียความแข็ง (Stiffness) เหลือเพียงร้อยละ 10 ของค่าเริ่มต้น ซึ่งถือว่าถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า

Chrissafis และคณะ [13] ศึกษาการสลายตัวทางความร้อนของพอลิเอสเทอร์ที่สามารถย่อยสลายทางธรรมชาติ 2 ชนิด คือ พอลิโพรพิลีนซีบาเคต และพอลิโพรพิลีนแอสีเลต ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยใกล้เคียงกันประมาณ 25000 กรัมต่อโมล พบว่าพอลิโพรพิลีนแอสีเลตจะมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีกว่าพอลิโพรพิลีนซีบาเคต โดยมีค่าอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนเริ่มต้นอยู่ที่ 347.8 และ 293.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนด้วยอัตราสูงสุดที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 411.3 และ 413.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Liu และคณะ [14] ศึกษาการสังเคราะห์เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ของพอลิกลีเซอรอลซีบาเคตจากพรีพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน พบว่าอิลาสโตเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน ปริมาณสัดส่วนโซลมากและความหนาแน่นการเชื่อมขวางต่ำจะทำให้พอลิเมอร์มีโครงสร้างของผลึกที่มีความเป็นต่อกระบวนการขึ้นรูปทางความร้อน พันธะไฮโดรเจนที่อยู่ในโครงสร้างของส่วนโซลและเจลจะทำให้เกิดผลึกและการเชื่อมขวางของอิลาสโตเมอร์ นอกจากนี้ปริมาณสัดส่วนโซลและกรดซีบาซิกที่มากเกินไปจะทำให้หน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอริให้กับอิลาสโตเมอร์ซึ่งมีความสำคัญในการปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของอิลาสโตเมอร์ รวมไปถึงการย่อยสลายในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่จะย่อยสลายได้ดีเมื่อความหนาแน่นการเชื่อมขวางต่ำ



Migneco และคณะ [15] ศึกษาสมบัติเชิงกลและการย่อยสลายทางชีวภาพของเทอร์โมเซตพอลิเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากกลีเซอรอลและกรดโตนิกโคเคนโดโออิก พบว่าที่อุณหภูมิปกติพอลิเอสเทอร์จะมีสมบัติแบบพลาสติก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 37 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์พอลิเอสเทอร์จะแสดงสมบัติแบบอีลาสโตเมอร์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการนำไปใช้ในร่างกายของมนุษย์ที่จะต้องไม่มีความแข็งมากเกินไป และมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อของร่างกาย นอกจากนี้จากย่อยสลายทางชีวภาพในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พบว่าพอลิเอสเทอร์ดังกล่าวจะมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 16 เดือน

Mitsak และคณะ [16] ศึกษาการสังเคราะห์พอลิกลีเซอรอลซีบาเคตผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันระหว่างกลีเซอรอลและกรดซีบาซิก และทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาและการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีค่าความเค้นลดลง ทำให้พอลิเมอร์มีความเหนียว และสมบัติการคงรูปเพิ่มขึ้น แต่มีความเป็นอีลาสโตเมอร์ลดลง เมื่อทดสอบมอดูลัสของพอลิเมอร์ในภาวะแห้งและเปียก พบว่าภาวะดังกล่าวไม่มีผลต่อค่ามอดูลัสแต่อย่างใด มีเพียงการเพิ่มอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาเท่านั้นที่ส่งผลให้ค่ามอดูลัสมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

Nagata และคณะ [17] สังเคราะห์และศึกษาผลการสลายตัวทางชีวภาพด้วยเอนไซม์ของอะลิฟาติกพอลิเอสเทอร์ที่มีความยาวของสายโซ่ที่แตกต่างกันจากจำนวนคาร์บอนอะตอมของไดเอซิดที่แตกต่างกันในช่วง 4-14 อะตอม พบว่าพอลิเอสเทอร์ที่มีไดเอซิดคาร์บอนอะตอม 8-10 อะตอม จะมีอัตราการสลายตัวด้วยเอนไซม์สูงที่สุด เนื่องจากพอลิเอสเทอร์ที่มีสายโซ่สั้นการดูดซึมของเอนไซม์เข้าไปโครงสร้างเล็กจะทำได้ยากกว่า ส่วนพอลิเอสเทอร์ที่มีไดเอซิดคาร์บอนอะตอม 12-14 อะตอมการย่อยสลายลดลงเนื่องมาจากมีอุณหภูมิการคงรูปทางความร้อนที่สูงกว่าซึ่งทำให้โครงสร้างของพอลิเอสเทอร์มีความแข็งแรงมากกว่านั่นเอง

Patel และคณะ [18] ศึกษาการสังเคราะห์พอลิกลีเซอรอลซีบาเคตโคพอลิเอทิลีนไกลคอล พบว่าการเพิ่มสัดส่วนพอลิเอทิลีนไกลคอลในสายโซ่โคพอลิเมอร์ จะทำให้โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์มีความเป็นซอพออีลาสโตเมอร์เพิ่มมากขึ้น ดังเห็นได้จากการลดลงของค่ามอดูลัสของยัง และความแข็งของพอลิเมอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากพอลิเอทิลีนไกลคอลจะไปลดปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้การเชื่อมขวางของพอลิเมอร์มีค่าลดลง นอกจากนี้พบว่าพอลิเอทิลีนไกลคอลมีส่วนช่วยให้พอลิเมอร์มีสมบัติในการคงรูปมากขึ้นเมื่อถูกหักหรืองอ และเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิกลีเซอรอลซีบาเคตที่ไม่มีการเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล ซึ่งสมบัติดังกล่าวนี้เองทำให้พอลิเมอร์ดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานทางด้านทางการแพทย์ในการสร้างเนื้อเยื่อทดแทนร่างกาย

Slivniak และ Domb [19] ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของโคพอลิเอสเทอร์ระหว่างกรดแลกติกกับกรดรีซินโนลิกที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันโดยใช้สารตั้งต้นที่แตกต่างกันในการทำปฏิกิริยา พบว่าการใช้มอนอเมอร์ของกรดแลกติกกับกรดรีซินโนลิกสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันจะให้พอลิเอสเทอร์ที่มีลักษณะการต่อสายโครงสร้างแบบสุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับค่า degree of randomness ที่มีค่ามากกว่า 1 และค่า average block length ของพอลิแลกติกแอซิดที่มีค่าต่ำกว่าการสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและปฏิกิริยาโรพอลิเมอไรเซชัน ส่วน



การใช้มอนอเมอร์ของกรดรีซินโอเลอิกกับพอลิแลกติกแอซิดสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและปฏิกิริยารีพอลิเมอไรเซชันจะให้พอลิเมอร์ที่มีลักษณะการต่อสายโครงสร้างแบบบล็อก ซึ่งสอดคล้องกับค่า degree of randomness ที่มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า average block length ของพอลิแลกติกแอซิดที่มีค่ามากกว่าการสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชัน

Tang และคณะ [20] ศึกษาการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพจากกรดซีบาชิก โกลคอล และกลีเซอรอล พบว่าพรีพอลิเมอร์แบบเส้นตรงจะเตรียมได้กรดซีบาชิกและโกลคอล ส่วนพอลิเอสเทอร์เอสเทอร์ที่มีการเชื่อมขวางจะเกิดขึ้นจากการนำพรีพอลิเมอร์และกลีเซอรอลมาทำปฏิกิริยากัน โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณกลีเซอรอลในโครงสร้างของพอลิเอสเทอร์จะทำให้สมบัติเชิงกล อุณหภูมิการเกิดสถานะคล้ายแก้ว และการสลายตัวด้วยเอนไซม์ของพอลิเอสเทอร์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้พบว่ากรดย่อยสลายด้วยเอนไซม์จะเกิดขึ้นได้ดีถ้าบริเวณพื้นผิวของพอลิเอสเทอร์มีปริมาณหมู่ฟังก์ชัน -COOC- มาก

Tsai และคณะ [21] ศึกษาผลของจำนวนคู่-คี่ของคาร์บอนอะตอมบนสายโซ่หลักที่มีต่อพอลิเอสเทอร์ โดยศึกษาผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของกรดซักซินิก 1,3-โพรเพนไดออล และเอทิลีนไกลคอล พบว่าพอลิเอสเทอร์ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมบนสายโซ่หลักเป็นจำนวนคี่จะมีอัตราในการเกิดผลึกได้ช้ากว่าพอลิเอสเทอร์ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมบนสายโซ่หลักเป็นจำนวนคู่ ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นผลึกของพอลิเอทิลีนซักซิเนตที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมบนสายโซ่หลักเป็นจำนวนคู่ที่จะมีความเป็นผลึกมากกว่าพอลิไตรเมทิลีนซักซิเนตที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมบนสายโซ่หลักเป็นจำนวนคี่ ทำให้โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีความเป็นผลึกลดลงตามปริมาณของ 1,3-โพรเพนไดออลที่เพิ่มขึ้น

Umare และคณะ [22] ศึกษาและวิเคราะห์การย่อยสลายทางชีวภาพของพอลิเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จาก 1,3-โพรเพนไดออล ผ่านกระบวนการพอลิคอนเดนเซชัน พบว่าพอลิเอสเทอร์ดังกล่าวสามารถถูกย่อยสลายผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสโดยใช้ฟอสเฟต และมีอัตราการย่อยสลายสูงขึ้นในภาวะที่มีความเป็นเบสสูง อีกทั้งยังสามารถเกิดการย่อยสลายโดยการนำไปฝังดิน ซึ่งเป็นการย่อยสลายที่เกิดจากเชื้อรา จุลินทรีย์ และแบคทีเรียต่างๆ ภายในดิน พอลิเอสเทอร์ที่มีความเป็นผลึกต่ำและจุดหลอมเหลวต่ำจะเกิดการย่อยสลายได้ดีและรวดเร็ว โดยสังเกตจากการเปราะแตกเกิดขึ้นภายในเนื้อของวัสดุ และมวลโมเลกุลเฉลี่ยลดลงอย่างชัดเจน เช่น พอลิโพรพิลีนซักซิเนตที่ผ่านการย่อยสลายด้วยการฝังดินจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยเชิงจำนวนจาก 4190 เหลือเพียง 750 กรัมต่อโมลภายในเวลา 70 วัน เป็นต้น

Yang และคณะ [23] ศึกษาการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์โอเลอิกไดแอซิด-โค-กลีเซอรอล (poly(oleic diacid-co-glycerol)) ผ่านปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันระหว่างโอเลอิกไดแอซิดกับกลีเซอรอล โดยใช้โคปิวทิลทินออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างโอเลอิกไดแอซิดกับกลีเซอรอลเท่ากับ 1:1 ได้พอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยเชิงจำนวนและค่า polydispersity index เท่ากับ 3200 กรัมต่อโมล และ 9.8 ตามลำดับ ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง พอลิเมอร์จะประกอบด้วยโครงสร้างที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันบนโมเลกุลของกลีเซอรอล 1 2 และ 3 ตำแหน่ง โดยมีร้อยละของการเกิดเท่ากับ 27 52 และ 16 ตามลำดับ เมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วน

ระหว่างโอเลอิกไดแอซิดกับกลีเซอรอลเป็น 1.3:1.0 และ 1.5:1.0 ส่งผลให้พอลิเมอร์มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น และทำให้เกิดการต่อสายโซ่และการเกิดหมู่คาร์บอกซิลิกในสายโซ่พอลิเมอร์มากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากค่าสัดส่วนของการเกิดพอลิคอนเดนเซชันบนกลีเซอรอลเพิ่มมากขึ้น จาก 1.90 เป็น 2.18

