

10th
ANNIVERSARY
OF NARESUAN UNIVERSITY
PUBLISHING HOUSE

ORGANIC CHEMISTRY OF POLYMER

เคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์

พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุง)

เมธา รัตนากรพิทักษ์



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

เมธา รัตนกรพิทักษ์.

เคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์ (ฉบับปรับปรุง) = Organic Chemistry of Polymer.--พิมพ์ครั้งที่ 3.--พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564. 262 หน้า.

1. โพลีเมอร์โรเซชัน. 2. โพลีเมอร์. 3. อินทรีย์เคมี. I. ชื่อเรื่อง

547.28

ISBN (e-book) 978-616-426-227-0

สพน. 94

ราคา 320 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2560

พิมพ์ครั้งที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2563

พิมพ์ครั้งที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2564



สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามการลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่ 1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สาขา ศาลาพระเกี้ยว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000-3
สยามเสแควร์ อาคารวิทยกิตติ์ กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-9881, 0-2255-4433
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-5
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 044-216131-2
มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (ร.จ.ปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 037-393-023, 037-393-036
จัดสรรจามจุรี กรุงเทพฯ โทร. 0-2160-5301
มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0-5446-6799, 0-5446-6800
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร. 044-922662-3
สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จุฬาฯ โทร. 0-2218-3979
สาขาหัวหมาก โทร. 02-374-1378

2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-0113

3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์
แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2613-3899, 0-2623-6493

- สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4990-1
ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0-7428-2980, 0-74282981
ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา โทร. 0-7329-9980

4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา
จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5596-8833 ถึง 8836

กองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ออกแบบปก

สรญา แสงเย็นพันธ์

ออกแบบรูปเล่ม

สรญา แสงเย็นพันธ์

พิมพ์ที่

บริษัท กู๊ดเฮด พรินต์ติ้ง แอนด์ แพคเกจจิ้ง กรุ๊ป จำกัด 6/1 นิคมอุตสาหกรรมบางชัน ซอยเสรีไทย 58 แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
<http://www.thaibooksociety.com>



พิมพ์บน
กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ
กระดาษจากสมาคมนักพิมพ์

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

☎ nuph@nu.ac.th

📘 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

☎ 0 5596 8833-8836

📧 nu_publishing



คำนำ

หนังสือเรื่องเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์ได้รวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาการพอลิเมอไรเซชันแบบต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บท บทที่ 1 จะกล่าวถึงบทนำที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ส่วนบทที่ 2 มีเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น โดยจะเน้นปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ และได้แทรกเนื้อหาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยานี้ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจว่าทำไมพอลิเมอร์ที่เตรียมด้วยวิธีนี้จึงมีการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลอย่างช้า ๆ ในช่วงแรกของปฏิกิริยาและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของปฏิกิริยา รวมถึงทฤษฎีการเกิดเป็นตาข่ายพอลิเมอร์ ในบทที่ 3 เป็นปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ โดยได้มีการแทรกเนื้อหาเกี่ยวกับจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาเพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยาและปริมาณของมอนอเมอร์ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาและต่อน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชันด้วย ส่วนเนื้อหาในบทที่ 4 บทที่ 5 และบทที่ 6 จะกล่าวถึงปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบไอออนิก แบบโคออร์ดิเนชันและแบบเปิดวง ตามลำดับ โดยเน้นรายละเอียดของกลไกการเกิดปฏิกิริยาพร้อมทั้งยกตัวอย่าง พอลิเมอร์ที่สำคัญที่สังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเหล่านี้ ในบทที่ 7 จะเป็นการประยุกต์ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีอินทรีย์เพื่อเพิ่มและดัดแปรหมู่ฟังก์ชันในโซ่พอลิเมอร์ รวมทั้งเทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบกลุ่มและพอลิเมอร์แบบต่อกิ่งและมีเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมีอินทรีย์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสารชีวโมเลกุลบนโซ่พอลิเมอร์ นอกจากนี้ยังได้แทรกบทความจากงานวิจัยที่น่าสนใจและที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในแต่ละส่วนด้วยผู้แต่งหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ และสามารถนำไปประยุกต์และต่อยอดในการศึกษาและการวิจัยในระดับที่สูงขึ้นไป

รองศาสตราจารย์ ดร.เมธา รัตนารพิตักษ์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือเรื่องเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์ จะสำเร็จไม่ได้เลยถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลากหลาย ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญจิรา รัตนกรพิทักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย วิชัย อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำปรึกษาและตรวจแก้หนังสือฉบับนี้ ขอคุณนิสิตปริญญาโทและปริญญาเอกทุกคน จากห้องปฏิบัติการของข้าพเจ้าที่มีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์ผลงานวิจัยตลอดระยะเวลา 16 ปี ซึ่งนอกจากจะผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพแล้ว ยังเป็นแรงบันดาลใจและกำลังใจให้ข้าพเจ้าทำงานอย่างเต็มที่อย่างต่อเนื่อง

ข้าพเจ้าหวังว่าหนังสือเรื่องเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์นี้ จะเป็นแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจเนื้อหาเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ และจะสามารถเป็นแรงบันดาลใจให้นักเคมีพอลิเมอร์ได้สร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อไปได้

รองศาสตราจารย์ ดร.เมธา รัตนกรพิทักษ์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

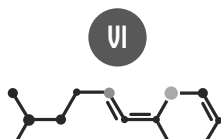
บทที่ 1	บทนำเกี่ยวกับพอลิเมอร์	1
	การแบ่งประเภทของพอลิเมอร์	4
	การแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ตามปฏิกิริยาการสังเคราะห์.....	4
	การแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ตามชนิดของมอนอเมอร์ในโซ่ของพอลิเมอร์.....	5
	การแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ตามสมบัติของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน.....	6
	โครงสร้างของพอลิเมอร์	6
	การจัดเรียงตัวของหน่วยซ้ำในโซ่พอลิเมอร์	7
	การพิจารณาการจัดเรียงโครงสร้างแบบสองมิติ	7
	การพิจารณาการจัดเรียงโครงสร้างแบบสามมิติ.....	8
	น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์	13
	น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยจำนวน	13
	น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยน้ำหนัก.....	14
	เอกสารอ้างอิง	16
บทที่ 2	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น	17
	การแบ่งประเภทของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น	18
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้นระหว่างมอนอเมอร์ AA และมอนอเมอร์ BB.....	18
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้นของมอนอเมอร์แบบ AB.....	19
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้นของมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่าสองหมู่.....	20
	กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น	21
	ปฏิกิริยาการแทนที่แบบนิวคลีโอฟิลิกของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิกแอซิดและอนุพันธ์.....	21
	ปฏิกิริยาการกำจัดน้ำของสารไดออล	23
	ปฏิกิริยาการเพิ่มของพันธะคู่.....	24
	ปฏิกิริยาการเพิ่มแบบนิวคลีโอฟิลิกของอีพอกไซด์.....	25
	ปฏิกิริยาการแทนที่แบบอิเล็กโตรฟิลิกของสารประกอบอะโรมาติก.....	26
	จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น	26



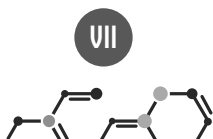
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเร่งตัวเอง.....	27
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเร่งด้วยกรดอื่น	30
ระดับขั้นการเกิดพอลิเมอไรเซชันเฉลี่ยโดยจำนวนและการเกิดเป็นตาข่ายพอลิเมอร์	33
ระดับขั้นการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเฉลี่ยโดยจำนวน	33
การเกิดเป็นตาข่ายพอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น.....	39
ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น	42
พอลิเอสเทอร์.....	43
พอลิเอไมด์	54
พอลิคาร์บอเนต	56
พอลิยูรีเทน	58
เรซินฟีนอลิก	64
เรซินอะมีโน	66
เรซินอีพอกซี	68
พอลิไซลอคเซน	69
พอลิอีไมด์	70
เอกสารอ้างอิง	72

บทที่ 3 ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ.....75

กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ	80
จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ	90
ระดับขั้นการเกิดพอลิเมอไรเซชันเฉลี่ยโดยจำนวน	94
ปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ	95
องค์ประกอบของพอลิเมอร์ร่วมในปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ	95
ผลของอัตราส่วนความว่องไวของมอนอเมอร์ต่อองค์ประกอบของพอลิเมอร์ร่วม	100
การหาค่าอัตราส่วนความว่องไวของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์.....	105
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระแบบคอนโทรล/ลิฟวิ่ง.....	106
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระถ่ายโอนอะตอม	108
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเสถียรด้วยสารไนโตรอกไซด์	109
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันการถ่ายโอนโซ่ด้วยการเพิ่มและแตกออกแบบย้อนกลับได้.....	111
เอกสารอ้างอิง	114

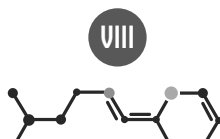


บทที่ 4	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ไอออนิก	117
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แอนไอออนิก.....	118
	กลไกของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แอนไอออนิก	119
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลิฟวิ่งแอนไอออนิก.....	124
	จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แอนไอออนิก.....	127
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แคทไอออนิก.....	134
	กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบแคทไอออนิก.....	134
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลิฟวิ่งแคทไอออนิก.....	138
	จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แคทไอออนิก.....	141
	เอกสารอ้างอิง	149
บทที่ 5	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชัน.....	151
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบซิกเกลอร์-แนททา.....	153
	ลักษณะทั่วไปของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบซิกเกลอร์-แนททา.....	153
	ประเภทของตัวเร่งปฏิกิริยาซิกเกลอร์-แนททา.....	154
	กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบซิกเกลอร์-แนททา	155
	จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบซิกเกลอร์-แนททา	157
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเมทัลโลซีน.....	160
	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเมทาธีซิส.....	162
	เอกสารอ้างอิง	165
บทที่ 6	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง	167
	กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง	169
	ตัวอย่างปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง	170
	อีเทอร์.....	170
	แลคโตน.....	175
	แลคแทม.....	177
	ไซลอกเซน.....	180
	แอนไฮไดรต์.....	182
	ออกซาโซลีน.....	183





ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงอื่น ๆ	184
ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงด้วยอนุมูลอิสระ	184
ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงเมทาธีซิส.....	185
เอกสารอ้างอิง	188
บทที่ 7 หัวข้อพิเศษทางเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์	191
ปฏิกิริยาการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์.....	192
การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบขั้น	192
การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ	193
การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบแอนไอออนิก.....	195
การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบแคทไอออนิก.....	196
การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบกลุ่มและแบบตอกิ่ง.....	197
พอลิเมอร์ร่วมแบบกลุ่ม.....	197
พอลิเมอร์ร่วมแบบตอกิ่ง.....	203
การเชื่อมต่อสารชีวโมเลกุลบนโซ่พอลิเมอร์	209
ปฏิกิริยาการเชื่อมต่อสารชีวโมเลกุลบนโซ่พอลิเมอร์	209
ตัวอย่างการเชื่อมต่อของสารชีวโมเลกุลบนโซ่พอลิเมอร์	224
เอกสารอ้างอิง	233
คำถามกบกว.....	238
ดัชนี.....	246



The background features several molecular models composed of spheres of varying sizes connected by thin lines, representing chemical structures. These models are rendered in a light gray, semi-transparent style and are scattered across the page, with some appearing more prominent than others. The overall aesthetic is clean and scientific.

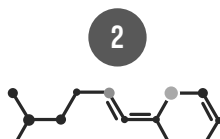
บทที่ 1

บทนำเกี่ยวกับพอลิเมอร์



ในปัจจุบันมนุษย์มีการใช้วัสดุประเภทต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานและเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต รวมทั้งเพื่อเป็นส่วนประกอบร่วมในการรักษาโรคและการดูแลสุขภาพ ซึ่งวัสดุที่มีการนำมาใช้มากที่สุด คือ **พลาสติก** โดยประชากรของโลกหนึ่งคน มีการใช้พลาสติกส่วนใหญ่ในรูปแบบวัสดุบรรจุภัณฑ์และอุปกรณ์เครื่องใช้ในครัวเรือนมากถึง 35 กิโลกรัมต่อปี [1] ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติหลากหลายสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ได้ เช่น สมบัติที่แข็งแรง สมบัติการยืดหด สมบัติด้านความขุ่นและความใส สมบัติการนำไฟฟ้า สมบัติการดูดซับน้ำ สมบัติด้านความร้อนและการขยายตัว เป็นต้น [2] โดยพลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของสารในกลุ่ม **พอลิเมอร์** ซึ่งมีทั้งพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติและพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น พอลิแซ็กคาไรด์ ยางธรรมชาติ เป็นต้น พอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น พอลิเมอร์เพื่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องทนการกัดกร่อนและทนต่อสารเคมี พอลิเมอร์เพื่อใช้ในการแพทย์ที่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการและต้องทนต่ออุณหภูมิสูงได้เพื่อทำการฆ่าเชื้อ [3] ดังนั้น การเข้าใจเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์จะทำให้เราทราบได้ว่า พอลิเมอร์ที่อยู่รอบตัวเราเกิดขึ้นได้อย่างไร เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ประเภทใด และมีสมบัติแบบใด รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกัน

โดยทั่วไปนิยามของพอลิเมอร์ คือ โมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์แบบซ้ำ ๆ จนเกิดเป็นโซ่พอลิเมอร์ โดยโมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดปฏิกิริยาต่อกันเป็นโซ่นี้เรียกว่า **มอนอเมอร์** การเขียนสูตรทั่วไปของพอลิเมอร์สามารถเขียนได้โดยการเขียนหน่วยซ้ำในวงเล็บโดยส่วนใหญ่แล้วการอ่านชื่อพอลิเมอร์จะมีคำว่าพอลิ นำหน้าชื่อของมอนอเมอร์ ตาราง 1.1 แสดงตัวอย่างการอ่านชื่อและโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์



The background features several molecular models composed of spheres and connecting lines, rendered in a light gray, semi-transparent style. These models are scattered across the page, with some appearing more prominent than others, creating a scientific and modern aesthetic.

บทที่ 2

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น

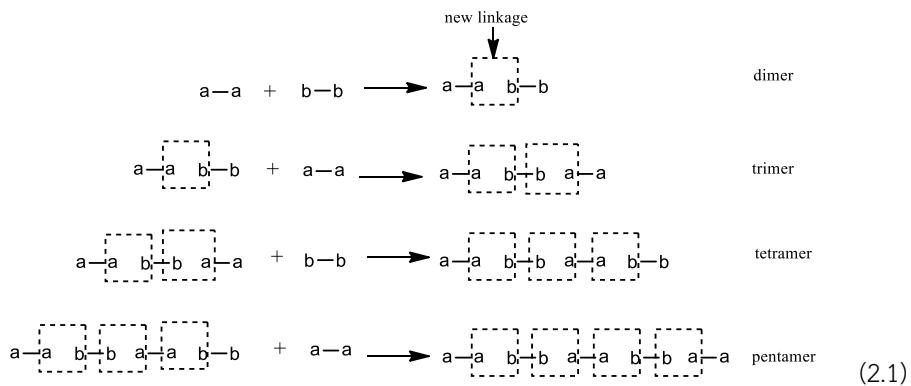


ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น คือ ปฏิกิริยาที่มีการขยายโซ่และเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์เป็นแบบขั้นบันได เกิดจากการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ของมอนอเมอร์ที่มีฟังก์ชันมากกว่าหนึ่งหมู่ขึ้นไป และจะทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันใหม่ขึ้น ในกรณีที่ปฏิกิริยา มีการใช้มอนอเมอร์แบบสองฟังก์ชัน (difunctional monomer) เท่านั้น จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์แบบโซ่ตรง ในกรณีที่มีมอนอเมอร์แบบหลายฟังก์ชัน (multifunctional molecule) ผสมอยู่ในปฏิกิริยาดังนี้ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งหรือตาข่ายเกิดขึ้น

การแบ่งประเภทของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น

1. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้นระหว่างมอนอเมอร์แบบ AA และมอนอเมอร์แบบ BB

ปฏิกิริยาประเภทนี้ เป็นปฏิกิริยาของมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน โดยที่มอนอเมอร์แต่ละชนิดจะมีอยู่สองหมู่ฟังก์ชันที่เหมือนกัน และหมู่ฟังก์ชันของมอนอเมอร์ทั้งสองสามารถเกิดปฏิกิริยาเชื่อมต่อกันเป็นพันธะโควาเลนต์ได้ เช่น มอนอเมอร์แบบ AA มีหมู่ฟังก์ชันสองหมู่เป็น a-a และมอนอเมอร์แบบ BB มีหมู่ฟังก์ชันสองหมู่เป็น b-b การเชื่อมต่อนี้ระหว่างมอนอเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ด้วยพันธะโควาเลนต์เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชัน a และหมู่ฟังก์ชัน b ดังปฏิกิริยาในสมการ (2.1) เกิดเป็นสารไดเมอร์ ไตรเมอร์ เตตระเมอร์ เพนตะเมอร์ ซึ่งหากเกิดการขยายโซ่แบบขั้นอย่างต่อเนื่อง จะเกิดเป็นโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ต่อไป





บทที่ 3

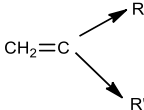
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน
แบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ



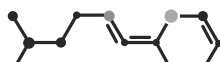


ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่จัดเป็นปฏิกิริยาการเพิ่ม โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยานี้มีหลายประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของโมเลกุลว่องไว เช่น อนุมูลอิสระ แคทไอออน แอนไอออน และโคออร์ดิเนชัน เป็นต้น โดยในกรณีที่ปฏิกิริยาใช้มอนอเมอร์ชนิดมอนอเมอร์ไวนิล จะสามารถทำนายแนวโน้มของกลไกการเกิดปฏิกิริยาโดยการพิจารณาหมู่แทนที่ว่ามีสมบัติการเป็นหมู่ให้อิเล็กตรอนหรือหมู่ดึงอิเล็กตรอน ซึ่งจะมีผลต่อความหนาแน่นของอิเล็กตรอนที่หมู่ไวนิลของมอนอเมอร์ดังแสดงในตาราง 3.1 [1-2]

ตาราง 3.1 แนวโน้มของกลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยการพิจารณาจากหมู่แทนที่ของมอนอเมอร์ไวนิล [1-2]

ผลของหมู่แทนที่	ประเภทกลไก	ชนิดมอนอเมอร์	หมู่แทนที่ (หมู่ R, R')
	แคทไอออนิก	ไอโซบิวทิลีน	R = CH ₃ , R' = CH ₃
		ไวนิลอีเทอร์	R = H, R' = OR
	แอนไอออนิก	สไตรีน	R = H, R' = C ₆ H ₅
		ไอโซพรีน	R = H, R' = C(CH ₃)=CH ₂
		1,3-บิวตะไดอีน	R = H, R' = CH=CH ₂
		อะคริโลไนไตรล์	R = H, R' = CN
หมู่ R มีสมบัติกึ่งกลาง	อนุมูลอิสระ	ไวนิลอะซีเตต	R = H, R' = OCOCH ₃

กรณีที่มอนอเมอร์มีหมู่แทนที่เป็นหมู่ให้อิเล็กตรอน ซึ่งอาจเกิดจากผลของการเหนี่ยวนำอิเล็กตรอนผ่านพันธะ (inductive effect) หรือผลของการเรโซแนนซ์ (resonance effect) ส่งผลให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนที่หมู่ไวนิลมากขึ้นและทำให้มอนอเมอร์มีแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาแบบแคทไอออนิก ทั้งนี้เนื่องจากในกลไกปฏิกิริยาแบบแคทไอออนิก มอนอเมอร์จะทำหน้าที่เป็นนิวคลีโอไฟล์และเข้าทำปฏิกิริยากับตัวริเริ่มในขั้นแรกของปฏิกิริยา (รายละเอียดของปฏิกิริยาแบบแคทไอออนิกอยู่ในบทที่ 4) ตัวอย่างเช่น ไอโซบิวทิลีนมีหมู่แทนที่เป็นหมู่เมทิล ซึ่งมีสมบัติเป็นหมู่ให้อิเล็กตรอนแก่หมู่ไวนิลเนื่องจากผลของการเหนี่ยวนำอิเล็กตรอนผ่านพันธะ ดังแสดงในรูป 3.1 ส่วนมอนอเมอร์ประเภทไวนิลอีเทอร์มีหมู่อัลคอกไซด์ (-OR) เป็นหมู่แทนที่ ซึ่งอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว



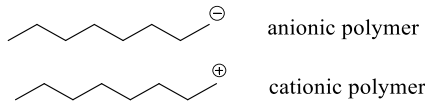
The background features several molecular models composed of spheres and connecting lines, rendered in a light gray, semi-transparent style. These models are scattered across the page, with some appearing more prominent than others, creating a scientific and technical atmosphere.

บทที่ 4

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน
แบบลูกโซ่ไอออนิก



ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ไอออนิก เป็นปฏิกิริยาที่มีพอลิเมอร์ว่องไวเป็นประจุลบหรือประจุบวกอยู่ที่ปลายโซ่ดังรูป 4.1 ดังนั้นปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ไอออนิก แบ่งเป็น 2 ประเภทตามชนิดของประจุที่ปลายโซ่ดังนี้



รูป 4.1 พอลิเมอร์ที่มีปลายโซ่เป็นประจุลบและประจุบวก

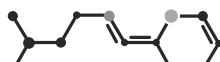
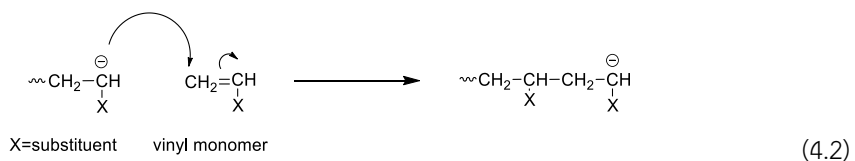
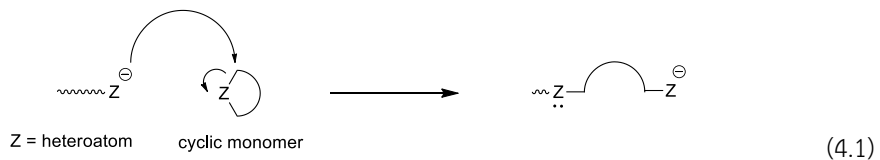
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แอนไอออนิก

ปฏิกิริยานี้เป็นการเกิดพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ที่มีหมู่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเป็นประจุลบหรือแอนไอออนว่องไว (active anion) สามารถเกิดปฏิกิริยาการแผ่โซ่ได้ 2 แบบ คือ

1. การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์วงที่มีเฮเทอโรอะตอม (heterocyclic monomer) ทำให้เฮเทอโรอะตอมเกิดเป็นแอนไอออนอยู่ที่ปลายโซ่พอลิเมอร์ เช่น การเกิดเป็นออกไซด์แอนไอออน (oxide anion) เป็นต้น ดังปฏิกิริยาในสมการ (4.1)

2. การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ไวนิล ทำให้การเกิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีแอนไอออนชนิดคาร์แบนไอออน (carbanion) อยู่ที่ปลายโซ่พอลิเมอร์ดังปฏิกิริยาในสมการ (4.2)

ในบทนี้จะเน้นปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แอนไอออนิกของมอนอเมอร์ไวนิลเท่านั้น ส่วนปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์วงที่มีเฮเทอโรอะตอมนั้นมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 6 ในหัวข้อเรื่องปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง





บทที่ 5

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน
แบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชัน





ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นโลหะทรานซิชันที่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไพออิเล็กทรอนิกส์ (π-electron) ของมอนอเมอร์ จุดเด่นของปฏิกิริยานี้คือเป็นปฏิกิริยาที่สามารถควบคุมการจัดเรียงโครงสร้างสามมิติ (stereoregularity) ของพอลิเมอร์ได้ ขณะที่ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระและแบบไอออนิกไม่สามารถควบคุมการจัดเรียงโครงสร้างสามมิติของพอลิเมอร์ได้ แต่ข้อด้อยของปฏิกิริยาแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชัน คือพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะมีค่า PDI อยู่ในช่วง 4-40 [1-2] ซึ่งแสดงถึงการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลที่กว้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระและแบบไอออนิก นอกจากนี้พอลิเมอร์ที่เตรียมด้วยปฏิกิริยาแบบโคออร์ดิเนชัน ยังอาจมีโลหะทรานซิชันที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ จึงอาจไม่เหมาะในการนำพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยานี้ไปใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัย เช่น วัสดุบรรจุอาหารหรือวัสดุที่เกี่ยวข้องกับทางการแพทย์ การสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชันมีหลายประเภท ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกันดังแสดงในตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชัน [3]

ประเภทของปฏิกิริยา	ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยา
ซิกเกลอร์-แนททา	$TiCl_4 + AlR_3$
เมทัลโลซีน	$R_2Si(C_9H_6)_2ZrCl_2$
เมทาลิซีนของมอนอเมอร์วง	$(Cy_3P)_2Ru(Cl_2)CHPH^*$
เมทาลิซีนของอะไซคลิกไดอีน	$(ArO)_2WCl_3$
สารประกอบเชิงซ้อนของโลหะทรานซิชันกับหมู่อัลลิล	$(\pi-C_4H_7)_2Ni$
ออกไซด์ของโลหะทรานซิชัน	ออกไซด์ของโลหะ เช่น V, Ti, Cr, Ni, W
การฉายแสง	รังสีเอ็กซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (γ -ray)

หมายเหตุ: * Cy คือ ไซโคลเฮกซิล (cyclohexyl)

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่โคออร์ดิเนชันแบ่งออกเป็นหลายประเภท ในบทนี้จะกล่าวถึงปฏิกิริยาแบบโคออร์ดิเนชัน 3 ประเภทที่น่าสนใจ ดังนี้



The background features several molecular models composed of spheres of varying sizes connected by lines, representing chemical structures. These models are rendered in a light gray, semi-transparent style and are scattered across the page, with some appearing more prominent than others.

บทที่ 7

**หัวข้อพิเศษทางเคมีอินทรีย์
ของพอลิเมอร์**



บทนี้จะกล่าวถึงหัวข้อทางเคมีอินทรีย์ของพอลิเมอร์ที่น่าสนใจ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีอินทรีย์เพื่อเพิ่มและดัดแปรหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์ เพื่อออกแบบโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์และเพื่อเชื่อมต่อโมเลกุลที่สนใจลงบนโซ่พอลิเมอร์ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางเคมีอินทรีย์ผนวกกับความรู้ทางด้านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์ให้ได้สมบัติตามต้องการ โดยมีหัวข้อ ดังนี้

ปฏิกิริยาการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์ กล่าวถึง รายละเอียดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีเพื่อเพิ่มและดัดแปรหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์ โดยหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาต่อได้ เช่น ใช้ในการตรึงสารอินทรีย์หรือสารชีวโมเลกุลที่สนใจบนโซ่พอลิเมอร์ได้ หรือใช้ในปฏิกิริยาการเชื่อมโยงตาข่ายพอลิเมอร์ได้ เป็นต้น

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบกลุ่มและแบบตอกิ่ง ซึ่งทำได้หลายแนวทางโดยแต่ละแนวทางจะมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ที่แตกต่างกัน

การเชื่อมต่อสารชีวโมเลกุลบนโซ่พอลิเมอร์ เป็นการเชื่อมต่อทั้งแบบพันธะโควาเลนต์ (covalent bonding) และแบบไม่ใช้พันธะโควาเลนต์ (non-covalent bonding) โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อสารชีวโมเลกุลนี้เรียกว่า ไบโอบีคอนจูเกต (bioconjugate)

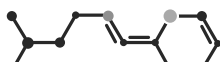
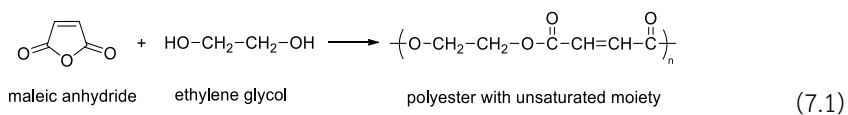
ปฏิกิริยาการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์

การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนโซ่พอลิเมอร์สามารถเตรียมได้หลายแนวทาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบขั้นเป็นปฏิกิริยาของมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันสองหมู่ เช่น สารไดออลกับสารไดคาร์บอกซิลิกแอซิด โดยหลักการแล้วหากต้องการพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะต้องใช้สัดส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นทั้งสองใกล้เคียงกัน โดยสารตั้งต้นชนิดที่มีจำนวนโมลมากกว่าจะเกิดเป็นหมู่ฟังก์ชันที่ปิดปลายของโซ่ ดังรายละเอียดในบทที่ 2 [1]

นอกจากนี้การเพิ่มหมู่ฟังก์ชันในโซ่พอลิเมอร์ อาจทำได้โดยการใช้นอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล เช่น ปฏิกิริยาระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดรด์และเอทิลีนไกลคอลจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไม่อิ่มตัวในทุก ๆ หน่วยซ้ำในโซ่ ดังปฏิกิริยาในสมการ (7.1) [2]



ดัชนี

ก

กลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบ ไบเมทัลลิก.....	156, 157
กลไกการเกิดปฏิกิริยา แบบมอนอเมทัลลิก.....	155
การกระจายของน้ำหนักโมเลกุล.....	13, 15, 89, 94, 107, 108, 111, 113, 152, 162, 238
การเกิดเจล	33, 39, 41, 42, 52
การควENCHING	38
การจัดเรียงโครงสร้างสามมิติ... ..	152, 153, 161
การเชื่อมต่อด้วยพันธะโควาเลนต์ ..	207, 209
การเชื่อมต่อที่ไม่ใช่พันธะ โควาเลนต์.....	209, 218
การถ่ายโอนโซ่ ..	87, 88, 95, 111, 128, 133, 137, 138, 143, 157, 159
ค	
ความเครียดภายในวง ของมอนอเมอร์.....	168
ค่าดัชนีการกระจายของ น้ำหนักโมเลกุล	14, 107

เคฟลาร์	55
แคทไอออนว่องไว.....	133, 135, 137, 141, 201, 206, 208

จ

จลนศาสตร์.....	26, 33, 90, 126, 139, 140, 153, 157
จุดเกิดเจล	39

ช

ซิสพลาติน	229
-----------------	-----

ด

ดีเอ็นเอ.....	220, 223, 224, 226, 227, 228
---------------	---------------------------------

ต

ตัวทำละลายไม่ให้โปรตอน....	124, 126, 130
ตัวทำละลายให้โปรตอน	126
ตัวเร่งปฏิกิริยาของกริบส์	186
ตัวเร่งปฏิกิริยาซิกเกลอร์-แนททา... ..	153, 154
ตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัลโลซีน	161

หนังสือแนะนำ



วัสดุชีวภาพ

ผู้แต่ง : ผศ. ดร.ศุภิญญา รอส

หนังสือเล่มนี้อธิบายความหมายของ วัสดุชีวภาพ พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงความเหมือนและความต่างของวัสดุชีวภาพกับพลาสติกชีวภาพ พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และพลาสติกซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ด้านการแพทย์ทันตกรรม กระดูก และวิศวกรรมเนื้อเยื่อ เพื่อเรียนรู้แหล่งกำเนิดของวัสดุชีวภาพชนิดต่าง ๆ ประวัติความเป็นมาจากอดีตถึงปัจจุบัน การจำแนกประเภทของวัสดุชีวภาพเช่น พอลิเมอร์ โลหะ และเซรามิก รวมทั้งเทคนิคการขึ้นรูปวัสดุโครงสร้างเซลลูลาร์ เช่น อิเล็กโทรสปินนิ่ง การพิมพ์แบบสามมิติ ตลอดจนการวิเคราะห์สมบัติ ด้านสัณฐานวิทยาสมบัติเชิงกล และการทดสอบเซลล์



คาร์บอนกัมมันต์

ผู้แต่ง : รศ. ดร.สัมฤทธิ์ ไม้พวง

ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิต สมบัติและการวิเคราะห์ ประโยชน์ของคาร์บอนกัมมันต์ ประเภทและกระบวนการผลิตคาร์บอนกัมมันต์ จำเป็นที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจ โดยเฉพาะการวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า เพื่อให้ได้คาร์บอนกัมมันต์ที่มีคุณภาพและต้นทุนการผลิตต่ำ



ตัวชี้วัดทางชีวภาพของเซลล์ผิวหนัง จากความรู้พื้นฐานสู่การนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินเวชสำอาง

ผู้แต่ง : ศ. ดร.จรรุภา วิโยชน์

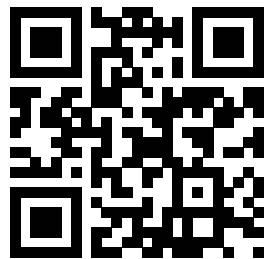
หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่คำจำกัดความของเครื่องสำอางและเวชสำอาง การอ้างสรรพคุณ-โครงสร้างของผิวหนังในระดับมหภาคและจุลภาค-การทำงานและการผลิตชีวโมเลกุลที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biomarkers) โดยเซลล์หลักที่พบในผิวหนัง ได้แก่ คีราติโนไซต์ (keratinocyte) เมลาโนไซต์ (melanocyte) และไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) และการประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเวชสำอางโดยใช้เซลล์และเนื้อเยื่อผิวหนังเพาะเลี้ยงโดยนำความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานและการผลิตชีวโมเลกุลจากเซลล์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะมีประโยชน์ทั้งในแวดวงวิชาการและภาคอุตสาหกรรม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นำไปสู่ประโยชน์สูงสุดแก่ผู้บริโภคที่จะได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัย



สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว



สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

✉ nuph@nu.ac.th 📍 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
☎ 0 5596 8833-8836 📧 nu_publishing



NUPH
online store

www.nupress.grad.nu.ac.th