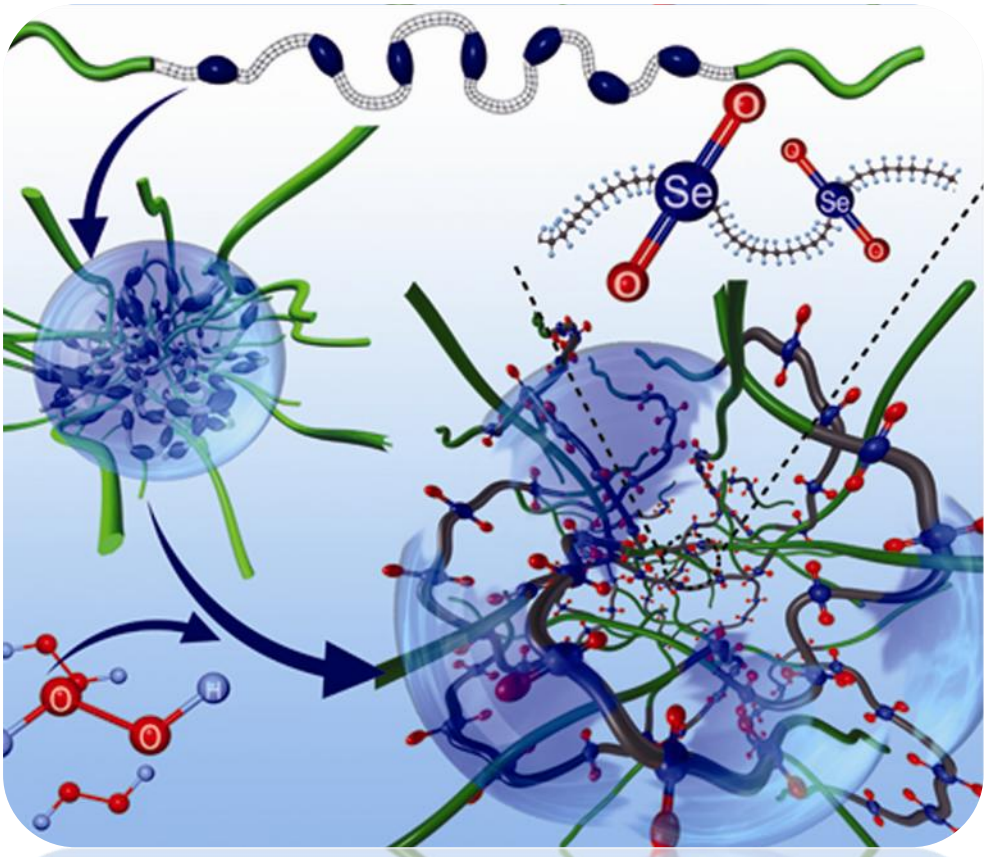
# หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ E-book

## กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

## เรื่อง พอลิเมอร์




โดย

**นายภาณุภัทร ลิ้มจำรูญ**

**โรงเรียนศรีอยุธยา**

**ในพระอุปถัมภ์**

**สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดา สิริโสภาพัณณวดี**

# คำชี้แจง

**หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) เรื่อง พอลิเมอร์ เล่มนี้ จัดทำขึ้นสำหรับเป็นสื่อการเรียนรู้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในห้องเรียน รวมทั้งนักเรียนสามารถใช้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง รวมทั้งมีแบบทดสอบให้นักเรียนได้ใช้ประเมินความรู้ของตนเองเมื่อศึกษาจบอีกด้วย**

**ภาณุภัทร ลิ้มจำรูญ**

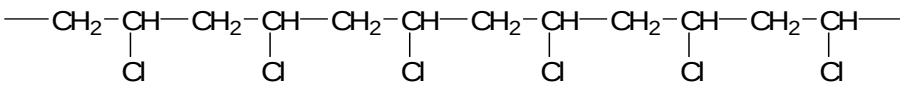
# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| พอลิเมอร์ | 1 |
| ชนิดของพอลิเมอร์ | 2 |
| การเกิดพอลิเมอร์ | 4 |
| ลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ | 5 |
| ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ | 7 |
| พลาสติก | 7 |
| โฟม ยาง | 8 |
| เส้นใย | 10 |
| บรรณานุกรม | |
| แบบทดสอบ | |

**พอลิเมอร์ (Polymer)** เป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง เกิดจากโมเลกุลพื้นฐานที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (monomer) จำนวนมาก เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์

**ประภทของพอลิเมอร์**

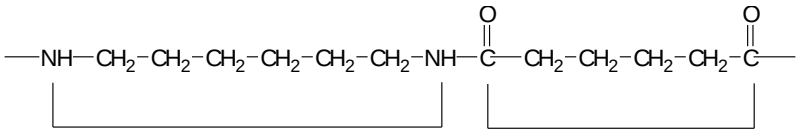
**1. โฮโมพอลิเมอร์** (Homopolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC: Poly vinyl chloride) เกิดจากไวนิลคลอไรด์ ($CH_2$=CHCl)



**โครงสร้างของพอลิไวนิลคลอไรด์**

โฮโมพอลิเมอร์มีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น แป้ง เซลลูโลส และพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น พอลิเอทิลีน (PE: Polyethylene) เกิดจากเอทิลีน ($CH_2$= $CH_2$) พอลิโพรพิลีน (PP: Polypropylene) เกิดจากโพรพิลีน ($CH_2$= $CH_2$– $CH_3$)

**2. โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ร่วม** (Copolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน เช่น พอลิเมอร์ที่มีชื่อสามัญว่า ไนลอน 6,6 เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเฮกซะเมทิลีนไดเอมีน กับกรดอะดิปิก



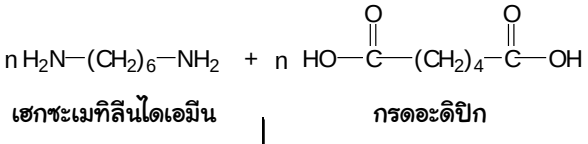
เฮกซะเมทิลีนไดเอมีน กรดอะดิปิก

โคพอลิเมอร์มีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น โปรตีน ซึ่งเกิดจากกรดอะมิโน ใยไหม และพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น พอลิเอสเทอร์ พอลิเอไมด์

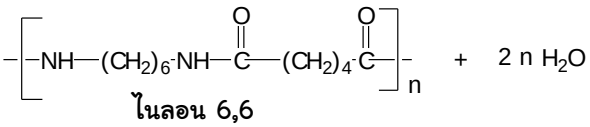
**ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน** (Polymerization reaction) เป็นปฏิกิริยาที่มอนอเมอร์ทำปฏิกิริยารวมกันเป็นพอลิเมอร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

**1. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น** (Condensation polymerization reaction)

เกิดจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นพอลิเมอร์ และได้สารโมเลกุลขนาดเล็กเป็นผลพลอยได้ เช่น น้ำ แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ แอมโมเนีย หรือเอทานอล เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรดอะดิปิกกับเฮกซะเมทิลีนไดเอมีน ได้พอลิเมอร์ที่มีชื่อสามัญว่า ไนลอน 6,6



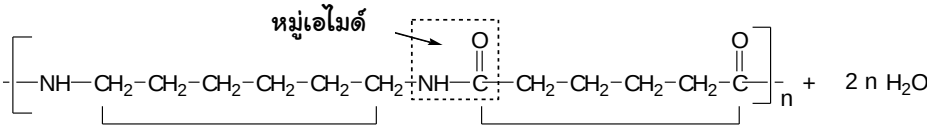
เฮกซะเมทิลีนไดเอมีน กรดอะดิปิก



ไนลอน 6,6

**หรือ**

หมู่เอไมด์



C 6 อะตอมจาก C 6 อะตอมจาก

เฮกซะเมทิลีนไดเอมีน กรดอะดิปิก

**ตัวอย่างพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น**

| มอนอเมอร์/พอลิเมอร์ | สมบัติ | การนำไปใช้ประโยชน์ |
|---|---|---|
| ไดเมทิลเทเรฟทาเลต<br>+<br>เอทิลีนไกลคอล<br>↓<br>พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต | – แข็ง ง่ายต่อการย้อมสี<br>– ทนความชื้น<br>– เหนียว<br>– ทนต่อการขัดถู | – เส้นใย เอ็น แห อวน เชือก ด้าย<br>– เส้นเทปวีดีโอ เทปเพลง<br>– ขวดน้ำอัดลม ขวดน้ำดื่มชนิดแข็งและใส<br>– สารเคลือบรูปภาพ |
| เฮกซะเมทิลีนไดเอมีน<br>+<br>กรดอะดิปิก<br>↓<br>พอลิเอไมด์ (PA) | – เหนียว ผิวเรียบ<br>– ทำความสะอาดง่าย แห้งเร็ว<br>– ยืดหดได้<br>– ทนต่อการขัดถู<br>– ไม่ทนต่อการใช้นอกอาคาร | – เชือก เส้นด้าย<br>– ถุงน่อง<br>– ชุดชั้นใน<br>– ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น เกียร์ เฟือง ปลอกหุ้มสายไฟฟ้า |
| บิส–ฟีนอลเอ<br>+<br>ฟอสจีน<br>↓<br>พอลิคาร์บอเนต (PC) | – เหนียว ใส<br>– ทนความร้อน<br>– ทนแรงกระแทก<br>– ไม่ขึ้นง่าย<br>– ติดไฟแล้วดับเอง | – กล่องบรรจุเครื่องมือ<br>– เครื่องโทรศัพท์<br>– ขวดบรรจุน้ำดื่มขนาดใหญ่<br>– ขวดนมเด็ก<br>– ภาชนะใสที่ใช้ทดแทนเครื่องแก้ว |

**2. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม** (Addition polymerization reaction)

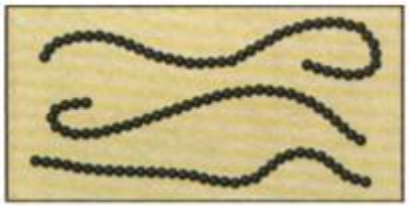
เกิดจากโมเลกุลของมอนอเมอร์ที่มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอม เช่น เอทิลีน โพรพิลีน ไวนิลคลอไรด์ และสไตรีน ทำปฏิกิริยาต่อกันตรงบริเวณพันธะคู่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์โดยไม่มีสารโมเลกุลเล็กเกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนเป็นพอลิเอทิลีน ดังนี้

$$n\ CH_2{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2CH_2-)_n$$

**ตัวอย่างพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม**

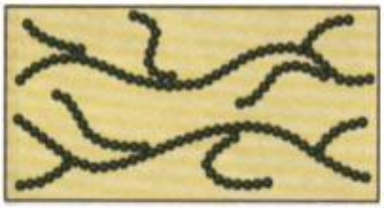
| มอนอเมอร์ /พอลิเมอร์ | สมบัติ | การนำไปใช้ประโยชน์ |
|---|---|---|
| เอทิลีน<br>$CH_2{=}CH_2$<br>↓<br>พอลิเอทิลีน<br>$(-CH_2-CH_2-)_n$ | – ป้องกันการผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้อากาศผ่านได้เล็กน้อย<br>– เป็นแผ่นฟิลม์ใส<br>– เหนียว<br>– ทนสารเคมี ทนกรดและเบส | – ภาชนะบรรจุอาหาร ถึงพลาสติกชนิดใส่ของเย็น แผ่นพลาสติกบางที่ใช้ห่อผักและผลไม้ ถุงขยะ<br>– เครื่องใช้ในบ้าน<br>– ของเล่น ท่อน้ำ ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า<br>– เคลือบกล่องกระดาษใส่นม ถุงชิบใส่ยา |
| โพรพิลีน<br>$CH_2{=}CHCH_3$<br>↓<br>พอลิโพรพิลีน<br>$-(CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}})_n-$ | – คล้ายพอลิเอทิลีน แต่แข็งแรงกว่า<br>– เหนียว แข็งแรง และผิวเป็นมันวาว<br>– น้ำหนักเบา<br>– ทนต่อแรงดึง<br>– ทนต่อการขีดข่วน<br>– ไม่ว่องไวต่อสารเคมี แต่ทนน้ำ | – ภาชนะบรรจุสารเคมี เช่น หม้อแบตเตอรี<br>– หุ้มสายไฟฟ้า<br>– กระเป๋าเดินทาง พรม เชือก<br>– เครื่องมือแพทย์ เช่น ตัวกระบอกฉีดยา เครื่องมือในห้องทดลอง<br>– ถุงน้ำร้อนชนิดขุ่น |
| ไวนิลคลอไรด์<br>$CH_2{=}CHCl$<br>↓<br>พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)<br>$-(CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{\vert}{CH}})_n-$ | - แข็ง คงรูป<br>- ทนต่อความชื้น<br>- ทนต่อสารเคมีและการขัดถู<br>- ทนต่อการกัดแทะของแมลงและไม่เป็นเชื้อรา<br>- ไม่ทนความร้อนและแสง | – กระเบื้องยางปูพื้น ท่อน้ำ<br>– หนังเทียม เสื้อกันฝน<br>– บัตรเครดิต<br>– ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า<br>– แผ่นเสียง |

**โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์**: โครงสร้างโมเลกุลของโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

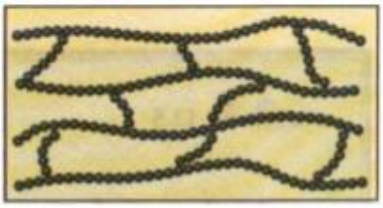


**1. โครงสร้างแบบเส้น** (Linear polymer) เกิดจากมอนอเมอร์สร้างพันธะโคเวเลนต์เป็นโซ่ยาว ในกรณี ที่เป็นโคพอลิเมอร์ มอนอเมอร์จะจัดเรียงสลับกันในแบบต่าง ๆ ได้หลายแบบ ตัวอย่างพอลิเมอร์แบบเส้น เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิสไตรีน พอลิอะคริโลไนไตรล์ ไนลอน 6,6 และพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต

พอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่สายโซ่เรียงชิดกันได้มากจึงมีความแข็ง ขุ่น และเหนียว พอลิไวนิลคลอไรด์และพอลิสไตรีนซึ่งมีคลอรีนและเบนซีนอยู่นอกโซ่ จึงผลักให้โซ่หลักอยู่ห่างกัน ทำให้มีความใสกว่าพอลิเอทิลีน พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต มีอะโรมาติกเป็นองค์ประกอบอยู่ในสายโซ่ด้วย จึงเกิดผลึกได้ยาก ทำให้มีความใสกว่าพอลิเมอร์แบบเส้นชนิดอื่น



**2. โครงสร้างแบบกิ่ง** (Branched polymer) ในโครงสร้างมีโซ่กิ่ง ซึ่งอาจเป็นโซ่สั้นหรือโซ่ยาวแตกออกไปจากโซ่หลัก ทำให้โซ่พอลิเมอร์ไม่สามารถจัดเรียงตัวชิดกันได้ พอลิเมอร์ชนิดนี้จึงมีความยืดหยุ่น มีความหนาแน่นต่ำ จุดหลอมเหลวต่ำกว่าพอลิเมอร์แบบเส้น เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE: Low Density Polyethylene)



**3. โครงสร้างแบบร่างแห** (Network polymer) เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นหรือแบบกิ่งต่อเนื่องกันเป็นร่างแห ถ้าพันธะที่เชื่อมโยงระหว่างโซ่หลักมีจำนวนน้อย พอลิเมอร์จะมีสมบัติยืดหยุ่นและอ่อนตัว แต่ถ้ามีจำนวนพันธะมากพอลิเมอร์จะแข็งไม่ยืดหยุ่น พอลิเมอร์แบบร่างแหมีจุดหลอมเหลวสูง เมื่อขึ้นรูปแล้วไม่สามารถหลอมหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ เช่น พอลิฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (เบกาไลต์) พอลิเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ หรือเมลามีน

**สมบัติของพอลิเมอร์**

1. โครงสร้างของพอลิเมอร์จะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ

2. มวลโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่ของพอลิเมอร์มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ด้วย โดยพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง และมีโครงสร้างแบบเส้นจะมีความเหนียว ส่วนพอลิเมอร์ที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่ แต่ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ฟังก์ชัน หรือยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ จะมีจุดหลอมเหลวสูง

พอลิเมอร์ที่มีโซ่เรียงชิดกันได้มาก จะมีความหนาแน่นและความเป็นผลึกสูง จึงมีความแข็ง อากาศหรือน้ำผ่านไม่ได้ มีลักษณขุ่น หรือทึบแสง

สมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์จะขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันในโซ่พอลิเมอร์ และมีสมบัติเหมือนกับสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกัน เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ละลายน้ำได้ เพราะมีหมู่ –OH เป็นหมู่ฟังก์ชันเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์

**ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์**

**1. พลาสติก**: พอลิเมอร์ที่นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถ้วย จาน ชาม เก้าอี้ รองเท้า ด้ามปากกา ถุงใส่ของ ภาชนะ เรียกรวมว่า **ผลิตภัณฑ์พลาสติก**

**การจำแนกพลาสติกตามกรรมวิธีการผลิต** เมื่อใช้การเปลี่ยนแปลงของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อน เป็นเกณฑ์จำแนกพลาสติกได้ 2 ประเภท ดังนี้

**1) เทอร์มอพลาสติก** (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน และเมื่ออุณหภูมิลดลงจะแข็งตัว ถ้าให้ความร้อนอีกก็จะอ่อนตัว สามารถทำให้กลับเป็นรูปร่างเดิมหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ โดยสมบัติของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พอลิเมอร์แบบนี้มีโครงสร้างแบบเส้นหรือโซ่กิ่ง มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอสไตรีน

**2) พลาสติกเทอร์มอเซ็ต** (Thermosetting plastic) เป็นพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการผ่านความร้อนหรือแรงดันแล้วจะม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้อีก เพราะพอลิเมอร์ประเภทนี้มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุลแบบร่างแห เมื่อแข็งตัวแล้วจะมีความแข็งมาก ทนต่อความร้อนและความดันได้ดีกว่าเทอร์มอพลาสติก ถ้าทำให้มีอุณหภูมิสูงมากจะแตกและไหม้เป็นถ่า เช่น พอลิฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พอลิเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิยูรีเทน

**2. เส้นใย** เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเหมาะสมต่อการรีดและการปั่นเป็นเส้นด้าย ซึ่งมีทั้งในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นมา

**เส้นใยธรรมชาติ** (Natural fiber) เส้นใยธรรมชาติที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายคือเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ เส้นใยหุ้มเมล็ดฝ้าย นุ่น ใยมะพร้าว เส้นใยจากเปลือกไม้ เช่น ลินิน ปอ กัญชา เส้นใยจากใบ เช่น สับปะรด ศรนารายณ์ เส้นใยจากฝ้ายเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดถึง 50% ของเส้นใยทั้งหมด

เส้นใยที่ได้จากสัตว์เป็นเส้นใยโปรตีน เช่น ขนแกะ ขนแพะ และเส้นใยจากรังไหม เส้นใยเหล่านี้มีสมบัติทั่วไปคล้ายโปรตีนอื่น ๆ คือเมื่อเปียกน้ำจะมีความเหนียวและความแข็งแรงลดลง ถ้าถูกแสงแดดเป็นเวลานานจะสลายตัวหรือกรอบ

**เส้นใยสังเคราะห์** (Synthetic fiber)

- เซลลูโลสแอซีเตต เป็นเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ชนิดแรกที่สังเคราะห์ขึ้นจากการนำเซลลูโลสมาทำปฏิกิริยากับกรดแอซีติกเข้มข้น โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เซลลูโลสแอซีเตตใช้ทำเส้นใย และผลิตเป็นแผ่นพลาสติก ทำแผงสวิตช์และหุ้มสายไฟฟ้า มีการผลิตเส้นใยสังเคราะห์จากเซลลูโลสอีกหลายชนิด เช่น เรยอนหรือเซลลูโลสซานเทต ซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยเซลลูโลสให้มีสมบัติและเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

เส้นใยสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่ได้จากพอลิเมอร์สังเคราะห์ ประกอบด้วยโมเลกุลที่มีการเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบ และโมเลกุลส่วนใหญ่ต้องเรียงตัวตามแนวแกนของเส้นใย โดยทั่วไปความยาวของเส้นใยต้องไม่น้อยกว่า 100 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยนั้น เส้นใยสังเคราะห์บางชนิดมีสมบัติดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ เช่น มีความทนทานต่อจุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรีย ไม่ยับง่าย ไม่ดูดน้ำ ทนทานต่อสารเคมี ซักง่าย แห้งเร็ว ตัวอย่างเส้นใยที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น ไนลอน และโอรอน (พอลิอะคริโลไนไตรล์)

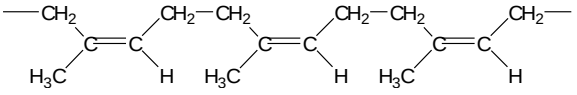
**ไนลอน** (Nylon) เป็นชื่อเรียกทางการค้าของเส้นใยพอลิเอไมด์ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ไนลอน 6,6 และไนลอน 6,10 (ตัวเลขหลังไนลอนแสดงถึงจำนวนอะตอมของ C ในมอนอเมอร์ของเอมีนและในกรดคาร์บอกซิลิก)

**พอลิเอสเทอร์** เป็นเส้นใยที่นิยมใช้ มีชื่อทางการค้าว่า ดาครอนหรือโทเรเทโทรอน ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างเอทิลีนไกลคอลกับไดเมทิลเทเรฟทาเรต ที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น มีสมบัติทนความร้อนและแสงแดด ทนสารเคมี ไม่ยับ ซักแล้วไม่ต้องรีด

**3. ยาง**

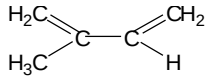
ยางพาราเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลาหลายร้อยปีแล้ว น้ำยางสดจาก ต้นยางมีลักษณะข้นสีขาวคล้ายน้ำนม มีสารหลายชนิดผสมอยู่ด้วยกัน เมื่อทิ้งไว้จะบูดเน่าได้ ถ้าต้องการเก็บน้ำยางดิบไว้เป็นเวลานานจะต้องเติมแอมโมเนียลงไปเพื่อเป็นสารกันบูดและป้องกันการจับตัวของน้ำยาง การแยกเนื้อยางจากน้ำยางทำได้โดยเติมกรดบางชนิด เช่น กรดแอซีติก ($CH_3COOH$) หรือกรดฟอร์มิก ($HCOOH$) เจือจาง เพื่อทำให้เนื้อยางรวมตัวเป็นก้อนตกตะกอนแยกออกมา โดยทั่วไปน้ำยางสดมีเนื้อยางอยู่ประมาณร้อยละ 25-45 ทั้งนี้ ขึ้นกับพันธุ์ยาง อายุของต้นยาง และฤดูกาลกรีดยาง เนื้อยางที่ได้เรียกว่า **ยางดิบ**

โครงสร้างทางเคมีของเนื้อยางประกอบด้วยมอนอเมอร์ไอโซพรีน (isoprene) ที่เชื่อมต่อกันอยู่ในช่วง 1,500 ถึง 15,000 หน่วย มีสูตรดังนี้

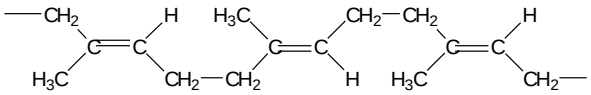


ยางพารา (*ซิส*–พอลิไอโซพรีน)

สูตรเคมีของไอโซพรีนคือ $C_5H_8$ มีสูตรโครงสร้างดังนี้



นอกจากยางพาราแล้วยังมีพืชบางชนิดที่ให้น้ำยางได้เช่น ต้นยางกัตตา ต้นยางพาราทาและต้นยางชิคเคิล ซึ่งเคยใช้ทำส่วนผสมในหมากฝรั่ง ยางจากพืชทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นนพอลิไอโซพรีนเช่นเดียวกับยางพารา แต่มีโครงสร้างต่างกันดังนี้

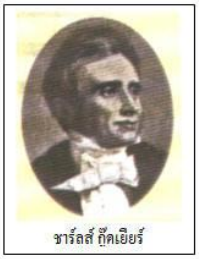


ยางกัตตา

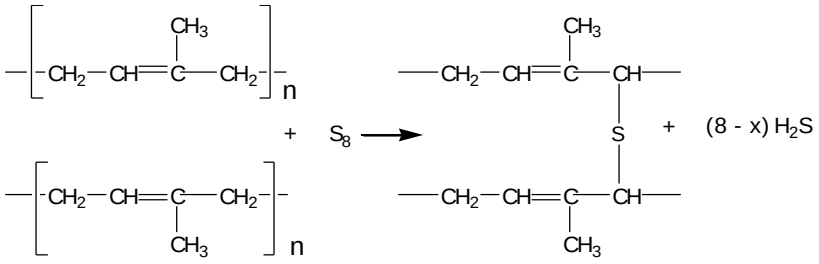
**สมบัติของยาง**

สมบัติสำคัญคือมีความยืดหยุ่นสูงซึ่งเกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของยางที่มีลักษณะม้วนขดไปมาเป็นวงและบิดเป็นเกลียว โดยมีแรงแวนเดอร์วาลส์ยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่ของพอลิเมอร์เข้าไว้ด้วยกัน ยางพารามีความต้านทานแรงดึงสูง ทนต่อการขัดถู เป็นฉนวนที่ดีมากทนน้ำ ทนน้ำมันจากพืชและจากสัตว์ แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อได้รับความร้อนจะเหนียวและอ่อนตัว แต่จะแข็งและเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

**การปรับปรุงคุณภาพยาง**


ชาร์ลส์ กู๊ดเยียร์

ในปี พ.ศ.2382 (ค.ศ.1839) ชาร์ล กูดเยียร์ นักประดิษฐ์ชาวอเมริกัน ค้นพบว่าเมื่อยางทำปฏิกิริยากับกำมะถันในปริมาณเหมาะสม ที่อุณหภูมิกว่าจุดหลอมเหลวของกำมะถัน จะทำให้ยางมีสภาพคงตัวในอุณหภูมิต่างๆ ทนต่อความร้อน แสง และละลายในตัวทำละลายยากขึ้น ซึ่งเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า **วัลคาไนเซชัน** ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



.. x = จำนวนอะตอมของ S ซึ่งจะเป็นเท่าใดก็ได้

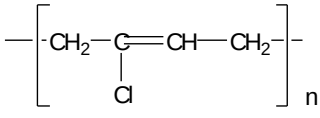
ยางที่เติมกำมะถันในปริมาณที่เหมาะสม จะเกิดพันธะโคเวเลนต์ของกำมะถันเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิไอโซพรีนในบางตำแหน่ง เมื่อได้รับแรงกระทำ สายโซ่จะไม่เลื่อนหลุดออกจากกันได้ง่าย จึงทำให้ยางมีความยืดหยุ่นคงรูปร่างมากขึ้น

การเติมซิลิกา ซิลิเกต และผงถ่าน ยังช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งให้ยางที่นำไปใช้ผลิตยางของยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผงถ่านจะช่วยป้องกันการสึกกร่อนและถูกทำลายด้วยแสงแดดได้ดี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติ ได้แก่ ถุงมือแพทย์ กระเป๋าน้ำร้อน ยางยืด ถุงยางอนามัย เบ้าหล่อตุ๊กตา ฟองน้ำสำหรับทำที่นอนและหมอน

**ยางสังเคราะห์**

1. ยางสังเคราะห์ เช่น พอลิบิวทาไดอีน มีสูตรโครงสร้างพอลิเมอร์คือ $(-CH_2-CH=CH-CH_2-)_n$ เป็นยางสังเคราะห์ชนิดแรกของโลก โดยใช้มอนอเมอร์คือ บิวทาไดอีน ($CH_2=CH-CH=CH_2$) เมื่อผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันแล้ว มีความยืดหยุ่นน้อยกว่ายางธรรมชาติ ใช้ทำยางรถยนต์ได้

2. ยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมาะกับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ เช่น พอลิคลอโรพรีนซึ่งเป็นพอลิเมอร์มีชื่อทางการค้าว่า **นีโอพรีน** เป็นพอลิเมอร์ที่สลายตัวยาก ทนไฟ มีสมบัติบางประการดีกว่ายางธรรมชาติ คือ ทนต่อสภาพที่ต้องสัมผัสกับน้ำ อากาศและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง น้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอื่น ๆ


นีโอพรีน

3. ยางเอสบีอาร์หรือยางสไตรีนบิวทาไดอีน เป็นโคพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่าง สไตรีนกับบิวทาไดอีน ถ้ามีสไตรีนมากเรียกว่าพลาสติกสไตรีนบิวทาไดอีน ถ้ามีบิวทาไดอีนมากเรียกว่ายางสไตรีนบิวทาไดอีน ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตยางรถยนต์ มีสมบัติทนทานต่อการขัดถู และเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ยากกว่ายางธรรมชาติ แต่มีความยืดหยุ่นน้อย

## ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

**1. ภาวะมลพิษทางอากาศ** (Air Pollution) มีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในเครื่องยนต์ การเผาถ่านหินหรือเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันและสารประกอบของกำมะถันเป็นองค์ประกอบ จะมีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรด ถ้าร่างกายได้รับ $SO_2$ จะเกิดอาการปวดเมื่อยเรื้อรัง โลหิตจาง เป็นอันตรายต่อระบบหายใจและปอด

2. การเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมอย่างไม่สมบูรณ์ จะได้เขม่าและออกไซด์ของคาร์บอน ได้แก่ CO และ $CO_2$ นอกจากนี้ยังได้แก๊สอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น $SO_2$, $NO_2$ และ $H_2S$ รวมทั้งเถ้าถ่านที่มีปริมาณโลหะน้อยมากเป็นองค์ประกอบ $CO_2$ เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโลก CO เป็นแก๊สพิษ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น รวมกับฮีโมโกลบินเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบินได้ดี ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนได้ตามปกติ เกิดอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน ถ้ารับเข้าไปมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

3. การเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ต่าง ๆ มีไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมดออกมาด้วย ไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่จะรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สโอโซน เกิดเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์ซึ่งมีกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดอาการระคายเคืองเมื่อสูดดม ไฮโดรคาร์บอนสามารถเกิดปฏิกิริยากับ $O_2$ และ $NO_2$ เกิดสารประกอบเปอร์ออกซี แอซีทิลไนเตรต (PAN) ซึ่งเป็นพิษ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาและระบบทางเดินหายใจ มีผลต่อพืชโดยทำลายเนื้อเยื่อที่ใบ

**2. มลภาวะทางน้ำ** (Water Pollution) มีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้ปิโตรเคมีภัณฑ์ โดยฟอสเฟตจะกระตุ้นให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อพืชน้ำตายจุลินทรีย์ในน้ำจะต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากเพื่อย่อยสลายซากพืชเหล่านี้ เป็นเหตุให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง จึงทำให้น้ำเกิดเน่าเสีย

2. สารเคมีและวัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตร สารกำจัดแมลง และกำจัดวัชพืช เช่น สารประกอบไนไตรต์และไนเตรต สารประกอบคลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอน ออร์แกโนฟอสเฟตคาร์บาเมต จะถูกน้ำชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีสารพิษสะสมหรือปะปนอยู่

3. น้ำมัน เมื่อน้ำมันรั่วหรือไหลลงสู่ทะเลหรือแม่น้ำลำคลอง จะเกิดคราบน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวน้ำ คราบน้ำมันจะเป็นแผ่นฟิล์มปกคลุมผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงสู่น้ำ ทำให้น้ำขาดออกซิเจน

**การบ่งชี้คุณภาพของน้ำ** อาจทำได้หลายวิธี เช่น ก) หาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เรียกว่า **ค่า BOD** (Biochemical Oxygen Demand) ซึ่งจะบอกถึงปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในน้ำ ข) หาปริมาณความต้องการออกซิเจนของสารเคมีที่อยู่ในน้ำ เรียกว่า **ค่า COD** (Chemical Oxygen Demand) ซึ่งจะบอกถึงปริมาณสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในน้ำ

**3. มลภาวะทางดิน** (Soil Pollution) มีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำจัดสารพิษด้วยการฝังดิน ตลอดจนการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ โดยการทิ้งบนดิน เป็นสาเหตุให้ดินมีสภาพไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก ปุ๋ยเคมีและสารเคมีที่ใช้ปราบศัตรูพืช

2. เครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ยางรถยนต์ พลาสติก บรรจุภัณฑ์ ซึ่งสลายตัวยาก มีความทนทานต่อน้ำ แสงแดด และอากาศ จึงตกค้างอยู่ในดินและน้ำ

**การกำจัดพลาสติก** มีวิธีกำจัดพลาสติกได้หลายวิธีดังนี้

**ก) ใช้ปฏิกิริยาชีวเคมี** สังเคราะห์พลาสติกที่มีโครงสร้างทางเคมีที่สามารถถูกทำลายได้ด้วยเอนไซม์ของจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียหรือเชื้อรา

**ข) ใช้สมบัติการละลายในน้ำ** พลาสติกบางชนิด เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ สามารถละลายในน้ำได้ เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีความชื้นสูง หรืออยู่ในน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พลาสติกจะละลายได้เพิ่มขึ้น

**ค) ใช้แสงแดด** การเติมหมู่ฟังก์ชันที่ไวต่อแสง UV เข้าไปในโซ่พอลิเมอร์ เมื่อพลาสติกถูกแสงแดดจะเกิดสารที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ทำให้พลาสติกเสื่อมคุณสมบัติ เปราะ แตก และหักง่าย

**ง) ใช้ความร้อน** พลาสติกที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่งจะสลายตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ในที่สุดจะได้ $CO_2$ กับน้ำ หรือสารอื่นซึ่งเป็นพิษปนออกมาด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีนติดไฟง่าย พอลิสไตรีนเผาไหม้ให้ควันดำและเขม่ามาก พอลิไวนิลคลอไรด์ติดไฟยาก ต้องให้ความร้อนตลอดเวลา และเกิดแก๊ส HCl ซึ่งเป็นแก๊สพิษเกิดขึ้นด้วย

**จ) นำกลับมาใช้ใหม่** พลาสติกประเภทเทอร์มอพลาสติกสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

# แบบทดสอบ

1. สารจากธรรมชาติใดจัดเป็นโคพอลิเมอร์
   1. โปรตีน
   2. เซลลูโลส
   3. ไกลโคเจน
   4. ยางธรรมชาติ

2. เส้นใยชนิดใดมีความทนทานต่อเชื้อรา แบคทีเรีย สารเคมี ซักง่าย แห้งเร็ว
   1. ฝ้าย
   2. ไหม
   3. ลินิน
   4. ไนลอน

3. ข้อใดเป็นมอนอเมอร์ของสารพอลิเมอร์ที่มีชื่อว่าพอลิเอทิลีน
   1. มีเทน
   2. เอทิลีน
   3. เอทิล
   4. มอนอเอทิลีน

4. มอนอเมอร์ของเซลลูโลสคืออะไร
   1. แป้ง
   2. กลูโคส
   3. มอลโตส
   4. ไกลโคเจน

5. ข้อใดที่ควรผลิตขึ้นจากเทอร์มอพลาสติก
   1. ท่อน้ำ ปลั๊กไฟ โทรศัพท์
   2. ถังน้ำ เครื่องเล่นเด็ก ผ้าปูโต๊ะ
   3. อ่างน้ำ พรมน้ำมัน กรอบแว่นตา
   4. ขวดน้ำ ด้ามกระทะ กระเบื้องยาง

6. พอลิเมอร์ชนิดใดที่เกิดจากการรวมตัวแบบเติมของมอนอเมอร์
   1. เซลลูโลส
   2. โปรตีน
   3. ไนลอน
   4. พอลิเอทิลีน

7. พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบใดที่มีความแข็งมาก แต่ไม่ยืดหยุ่น เมื่อได้รับความร้อนสูงจะแตก
   1. โครงสร้างแบบกิ่ง
   2. โครงสร้างแบบเส้น
   3. โครงสร้างแบบร่างแห
   4. โครงสร้างแบบกิ่งและแบบร่างแห

8. ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้พลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน
   1. เพราะมีโครงสร้างไม่ต่างกัน
   2. เพราะมีองค์ประกอบของมอนอเมอร์ต่างกัน
   3. เพราะมีการผลิตจากเม็ดพลาสติกต่างชนิดกัน
   4. ถูกทุกข้อ

9. ข้อใดเป็นข้อแตกต่างระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์
   1. มีโครงสร้างไม่เหมือนกัน
   2. มีจำนวนมอนอเมอร์ไม่เท่ากัน
   3. มีความทนต่อสารเคมี ความร้อน และตัวทำละลายไม่เท่ากัน
   4. ยางสังเคราะห์มีกระบวนการเกิดที่ซับซ้อนมากกว่ายางธรรมชาติ

10. เพราะเหตุใดพลาสติกเทอร์มอเซต เมื่อขึ้นรูปด้วยการผ่านความร้อนหรือแรงดันแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้อีก
    1. เพราะพอลิเมอร์มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุลแบบกิ่ง
    2. เพราะพอลิเมอร์มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุลแบบเส้น
    3. เพราะพอลิเมอร์มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุลแบบร่างแห
    4. เพราะพอลิเมอร์มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุลแบบกิ่งและแบบเส้น

# บรรณานุกรม

สวทช. (ออนไลน์). **พอลิเมอร์คืออะไร.** แหล่งที่มา: http://www.youtube.com/watch?v=YXNsfnLY5RI. [23 พฤศจิกายน 2557].

สสวท. (2556). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6.** โรงพิมพ์สกสค ลาดพร้าว. กรุงเทพมหานคร.