



“พอลิแลกติกแอซิด” พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

พลาสติกที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรานั้น ผลิตจากวัตถุดิบต่างๆ ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ แล้วนำไปผ่านกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ทำให้สารโมเลกุลขนาดเล็กหรือมอนอเมอร์ (Monomer) จำนวนหลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะโคเวเลนต์ ได้เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลสูง ก่อนจะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการต่างๆ

พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ โดยมีการใส่สารเติมแต่งลงไป เช่น สารคงสภาพ (Stabilizer) สารหล่อลื่น (Lubricant) เพื่อให้พลาสติกมีสมบัติพิเศษ เช่น ทนความร้อน ยืดหยุ่น การใส่สารเติมแต่งในอัตราส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน จะทำให้พลาสติกมีสมบัติแตกต่างกัน พลาสติกจำแนกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ **เทอร์มอพลาสติก** เป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและเมื่ออุณหภูมิลดลงจะแข็งตัว สามารถทำให้กลับมาเป็นรูปร่างเดิมหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ โดยสมบัติของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างแบบเส้นหรือแบบกิ่ง มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน และอีกประเภทหนึ่งคือ **พลาสติกเทอร์มอเซต** เป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนหรือแรงดันแล้วไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้อีก เพราะพอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างเป็นแบบร่างแห ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะแตกและไหม้ เช่น พอลิยูรีเทน

จากความต้องการในการใช้พลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับพลาสติกที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน มักจะถูกใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งไป การสลายตัวตามธรรมชาติของพลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาตั้งแต่ 20 ปีจนถึงมากกว่า 1,000 ปี เช่น พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High-density Polyethylene : HDPE) ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นหลายร้อยปี พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low-density Polyethylene : LDPE) ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย 450 ปี แม้ว่าในปัจจุบันจะนำพลาสติกมาฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) แต่ระยะเวลาในการย่อยสลายนานนี้เอง จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดการขยะพลาสติก และต้องเร่งหาวิธีแก้ไข ทำให้นักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย พยายามศึกษาและคิดค้นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ และไม่มีความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์ พลาสติกรูปแบบใหม่นี้มีชื่อว่า **“พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ”** หรือ **Biodegradable plastic”**

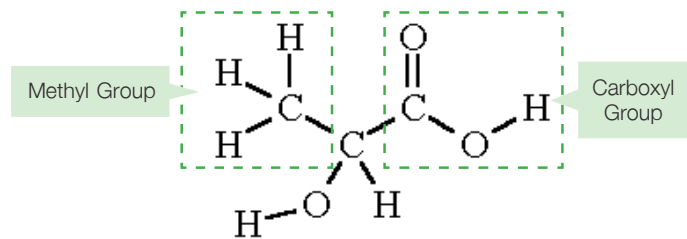
พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของสารตั้งต้นที่นำมาผลิต ได้แก่ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี (Petroleum-based Biodegradable Plastics) และพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล (Bio-based Biodegradable Plastics) ปัจจุบันพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล ได้รับความสนใจและมีงานวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์ชนิดนี้ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สามารถเกิดทดแทนใหม่ได้ เมื่อนำพืชผลทางการเกษตรที่มีคาร์โบไฮเดรตมาผ่านกระบวนการย่อยแบ่งให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยกรดหรือเอนไซม์ แล้วเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Lactic Acid Bacteria จะได้กรดแลคติก (Lactic Acid) ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นพอลิแลกติก ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

กรดแลกติก (Lactic acid)

มีชื่อตาม IUPAC ว่า 2-hydroxypropanoic acid เป็นกรดอินทรีย์มีสูตรโมเลกุล คือ $C_3H_6O_3$ ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1780 โดยนักเคมีชาวสวีเดนชื่อว่า Carl Wilhelm Scheele



ภาพ 1 คาร์ล วิลเฮล์ม เชเลอ
นักเคมีชาวสวีเดน (ค.ศ.1742 - 1786)
ที่มา <http://www.chemistryexplained.com/Ru-Sp/Scheele-Carl.html>

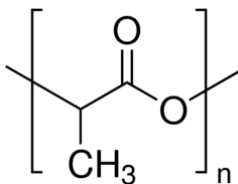


ภาพ 2 โครงสร้างทางเคมีของกรดแลกติก
ที่มา <https://www.chem.purdue.edu/jmol/molecules/lacta.html>

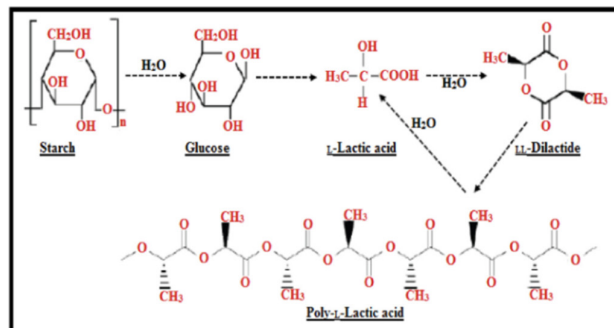
โครงสร้างของกรดแลกติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามสมบัติการเบี่ยงเบนระนาบของแสงโพลาไรซ์ คือ เบี่ยงเบนตามเข็มนาฬิกา (Dextrorotatory; D) และเบี่ยงเบนทวนเข็มนาฬิกา (Levorotatory; L) การผลิตกรดแลกติกในภาคอุตสาหกรรมจะใช้กระบวนการหมักน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่ใช้กันแพร่หลายคือ Lactobacillus, Lactic Acid Bacteria ซึ่งจะผลิตกรดแลกติกชนิด D หรือ L หรือ DL (สารผสม เรียกว่า Racemic Mixture) ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย ในธรรมชาติส่วนใหญ่จะพบชนิด L และ DL

การสังเคราะห์พอลิแลกติกแอซิด (Polylactic acid; PLA)

พอลิแลกติกแอซิด เป็นพอลิเมอร์ชนิดอะลิฟาติกพอลิเอสเทอร์ (Aliphatic Polyester) ซึ่งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่นโดยตรงของกรดแลกติก (Condensation Polymerization) ทำให้พอลิแลกติกแอซิดมีมวลโมเลกุลต่ำประมาณ 1,000 - 5,000Da เมื่อนำมาผ่านปฏิกิริยาแตกตัวแบบย้อนกลับ (Depolymerization) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแลคไทด์ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง (Ring-opening Polymerization) ทำให้พอลิแลกติกแอซิดมีมวลโมเลกุลสูงมากกว่า 100,000Da มักเรียกพอลิเมอร์ที่เกิดจากกระบวนการนี้ว่า พอลิแลคไทด์ กระบวนการผลิตพอลิแลกติกแอซิดแสดงในดังภาพ 4



ภาพ 3 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลกติกแอซิด
ที่มา Li et al., 2018



ภาพ 4 ตัวอย่างกระบวนการผลิตพอลิแลกติกแอซิดโดยใช้แป้งเป็นสารตั้งต้น
ที่มา Ghaffar et al., 2014

การย่อยสลายของพอลิแลกติกแอซิด

เป็นการทำให้พันธะเอสเทอร์ในพอลิเมอร์แตกออกหรือถูกทำลาย ซึ่งในธรรมชาติอาจเกิดจากการกระตุ้นด้วยความร้อนทั้งจากกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน การแตกสลายด้วยแสง (Photolysis) การแตกสลายด้วยรังสี (Radiolysis) เช่น การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หรือใช้เอนไซม์เฉพาะบางชนิด ทำให้สายพอลิเมอร์แตกออกได้เป็นกรดแลกติกกลับมาดังเดิม นอกจากนี้ ถ้าพอลิแลกติกแอซิดได้รับความร้อนต่อจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์จะอ่อนตัวมีลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายยาง และสลายกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ และจะถูกย่อยต่อไปด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยมีเอนไซม์ proteinase K เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด (Richert et al., 2019)

ประโยชน์ของพอลิแลกติกแอซิด

จากสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพนี้เอง จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้าน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้พอลิแลกติกแอซิดในการผลิตบรรจุภัณฑ์ (Maga et al., 2019) นอกจากนี้ยังใช้ในด้านอื่นๆ เช่น การแพทย์ การผลิตเส้นใยและสิ่งทอ และการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ

ตัวอย่างการผลิตวัสดุโดยใช้พอลิแลกติกแอซิด

- **การผลิตบรรจุภัณฑ์ :** บรรจุภัณฑ์ด้านจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีการพัฒนาสูตรการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับบรรจุลำไยอบแห้ง โดยวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จะเป็นพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด พอลิบิวทิลีน อะดิเพตโคเทอเรพทาเลท สารเพิ่มความเข้ากันได้ และผงแร่ดินเหนียวที่ดัดแปลงด้วยอนุภาคเงิน (วัสดุประเภทเงิน มีลักษณะคล้ายดินเหนียว) ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุของอาหาร โดยอาศัยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อได้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติป้องกันจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนในอาหารจนทำให้เกิดการเน่าเสียจะช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาแล้วจึงนำไปขึ้นรูปโดยการอัดรีดเป่าเป็นถุงพลาสติกใส และทดสอบสมบัติทางกายภาพ-ชีวภาพ เช่น ความยืดหยุ่น ความสามารถในการยืดอายุลำไยอบแห้งให้นานขึ้น



ภาพ 5 บรรจุภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยทีมวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่มา ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มข., 2558

■ **การแพทย์** : นำมาใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับงานทางการแพทย์ (Biomedical Devices) เช่น ไหมเย็บแผลที่สลายตัวเองได้ อุปกรณ์การผ่าตัดปลูกถ่ายอวัยวะ วัสดุปลดปล่อยตัวยาซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการปลดปล่อยยาและนำยาไปยังอวัยวะเป้าหมายได้ตามที่กำหนด เนื่องจากสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อ (Bioimpatible) และสามารถดูดซึม (Bioresorbable) ในร่างกาย



ภาพ 5 ไหมละลาย
ที่มา <https://www.indiamart.com/proddetail/catgut-suture-19346149848.html>



■ **การผลิตเส้นใยและสิ่งทอ** : ชุดกีฬาที่สามารถถ่ายเทความชื้นจากเหงื่อได้เร็ว ช่วยลดกลิ่นอับชื้น (ผู้จัดการออนไลน์., 2558)

ภาพ 6 ชุดกีฬาที่ผลิตจากเส้นใยที่มีคุณสมบัติถ่ายเทความชื้นได้รวดเร็ว
ที่มา https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51LUml6swRL._AC_UX679_.jpg

จากที่กล่าวมาข้างต้น การพัฒนาวัสดุที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านวัตถุดิบที่นำมาผลิต ตลอดจนกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยเอนไซม์ ที่เมื่อย่อยสลายเสร็จสิ้นแล้ว ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อย่างไรก็ตาม การลดการใช้พลาสติกเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดการเกิดขยะพลาสติก แต่ถ้าหลีกเลี่ยงการใช้พลาสติกไม่ได้ การเลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดมลภาวะของโลกให้ลดน้อยลงนั่นเอง 🌱

บรรณานุกรม

- Chemistry and explained foundations and applications. Carl Scheele. Retrieved June 3, 2019, from <http://www.chemistryexplained.com/Ru-Sp/Scheele-Carl.html>.
- Ghaffar, T. et al. (2014). Recent trends in lactic acid biotechnology: A brief review on production to purification. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 7, 222 – 229.
- Li, L. et al. (2018). Advances in functionalized polymer coatings on biodegradable magnesium alloys – A review. *Acta Biomaterialia*. 79, 23 – 36.
- Maga, D. et al. (2019). Life cycle assessment of recycling options for polylactic acid. *Resources, Conservation & Recycling*. 149, 86 – 96. Purdue University's Department of Chemistry. Structural Formula. Retrieved June 3, 2019, from <https://www.chem.purdue.edu/jmol/molecules/lacta.html>.
- Richert, A. et al. (2019). Enzymatic degradation of bacteriostatic polylactide composites. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 142, 103 – 108.
- ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 21 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2558. สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2562, จาก https://www.science.cmu.ac.th/prsci/upload/science_news/14-10-2015-288018545.pdf.
- ผู้จัดการออนไลน์. 11 สิงหาคม 2558. ไซร์สิ่งทอฝีมือไทยจากเส้นใยพลาสติกข้าวโพดครั้งแรก. สืบค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2562, จาก <https://mgronline.com/science/detail/9580000090933>.