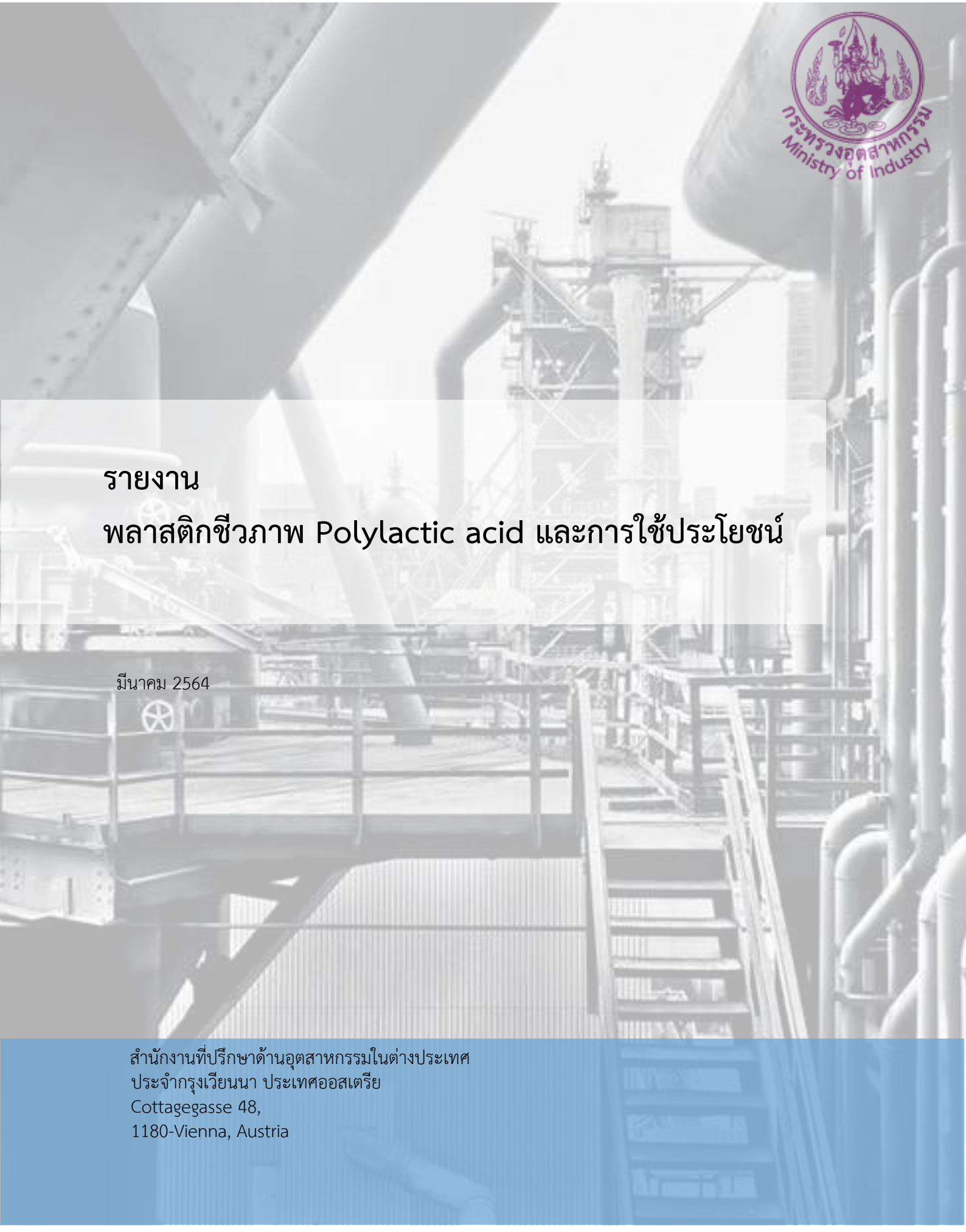


รายงาน
พลาสติกชีวภาพ Polylactic acid และการใช้ประโยชน์

มีนาคม 2564

สำนักงานที่ปรึกษาด้านอุตสาหกรรมในต่างประเทศ
ประจำกรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย
Cottagegasse 48,
1180-Vienna, Austria

ชื่อรายงาน:
พลาสติกชีวภาพ Polylactic acid และการใช้ประโยชน์

Key words:
พลาสติกชีวภาพ Polylactic acid ศูนย์กลางพลาสติกชีวภาพ PLA รูปแบบการใช้ประโยชน์ของ PLA

สรุปและเรียบเรียง – นางสาวปาริฉัตร เลขาจารกุล
บรรณาธิการที่ปรึกษา – นางสาวกิตติ์สิริ แก้วพิพัฒน์ อัครราชทูตที่ปรึกษา (ฝ่ายอุตสาหกรรม)
กองบรรณาธิการ – นางสาวปาริฉัตร เลขาจารกุล

หากท่านสนใจรายละเอียดเกี่ยวกับสำนักงานและบทความที่เกี่ยวข้อง สามารถติดตามสำนักงานได้ที่
http://thaiindustrialoffice.wordpress.com
https://www.facebook.com/thaiindustrialVienna

สารบัญ

1. บทนำ 4

2. ภาพรวมของตลาดและแนวโน้มในอนาคตของพลาสติกชีวภาพ 6

3. ความน่าสนใจของพลาสติกชีวภาพ PLA 10

3.1 รูปแบบการใช้ประโยชน์ของพลาสติกชีวภาพ PLA 11

4. สถานการณ์และแนวโน้มตลาด PLA ในยุโรป 14

5. ตัวอย่างการนำไปใช้และห่วงโซ่อุปทานการผลิต PLA ในไทยของบริษัท Total Corbion PLA 23

6. การใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดเป็นศูนย์กลางพลาสติกชีวภาพ 25

ภาคผนวกที่ 1 27

1. ภาพรวมแหล่งที่มาของพอลิเมอร์ (พลาสติก) 27

2. พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) คืออะไร 31

3. วัตถุดิบสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ 35

4. พลาสติกชีวภาพและการใช้งาน 35

5. การจัดการพลาสติกชีวภาพหลังหมดอายุการใช้งาน 36

6. พลาสติกชีวภาพ – มาตรฐานและการรับรอง 38

ภาคผนวกที่ 2 39

1. ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) 39

2. ภาคผนวกการใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications) 43

3. ภาคผนวกการใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications) 45

บรรณานุกรม 47

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ปัญหามลภาวะจากพลาสติกได้กลายเป็นประเด็นที่หลายฝ่ายให้ความสนใจ และตระหนักถึงความรุนแรงของปัญหาดังกล่าว ทั้งปริมาณขยะพลาสติกในท้องทะเลและบนบก รวมถึงการแตกตัวเป็นไมโครพลาสติกที่ตกค้างอยู่ในระบบนิเวศ ซึ่งส่งผลลบอย่างมากต่อโลกและการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม แต่กระนั้นก็ไม่อาจปฏิเสธได้ว่า พลาสติกมีคุณประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมากเช่นกัน จึงนำไปสู่แนวคิดที่จะทำอย่างไรให้เรายังสามารถใช้ประโยชน์จากพลาสติกได้เช่นเดิม แต่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นั่นจึงเป็นที่มาของการคิดค้นวัสดุทดแทนอย่าง “พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics)”

พลาสติกชีวภาพ (อ้างอิงสมาคม European Bioplastics) คือ **พลาสติกที่มีคุณสมบัติเป็น 1) “biobased” นั่นคือได้มาจากพืช หรือ ชีวมวล เช่น ข้าวโพด อ้อย หรือ เซลลูโลส ซึ่งมาจากแนวคิดเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศ เพราะวัสดุเหล่านี้จะดูดซับก๊าซ CO_2 ในช่วงที่กำลังเติบโต หรือ 2) “biodegradable” นั่นคือมีคุณสมบัติสามารถถูกย่อยสลายทางชีวภาพเปลี่ยนเป็นวัสดุธรรมชาติ ซึ่งมาจากแนวคิดของการลดมลภาวะจากพลาสติก ด้วยการย่อยสลายที่เร็วขึ้น หรือ 3) การมีคุณสมบัติทั้งสองอย่าง** ตัวอย่างของพลาสติก 3 กลุ่มข้างต้น ได้แก่ 1) กลุ่ม biobased (ที่ทำมาจากชีวมวล 100% หรือบางส่วน) ที่เป็น non-biodegradable (ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ) เช่น PE, PP หรือ PET และ bio-based technical performance polymers เช่น PTT หรือ TPC-ET 2) กลุ่มที่ผลิตมาจากฟอสซิลแต่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ เช่น PBAT, PCL และ 3) กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็น bio-based และ biodegradable เช่น PLA และ PHA หรือ PBS โดยกลุ่มที่มีความน่าสนใจสำหรับเศรษฐกิจหมุนเวียนและการใช้อย่างยั่งยืน คือ กลุ่มที่ 3 นั่นเอง (สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นมาและความแตกต่างของประเภทพลาสติกต่าง ๆ และประเภทใดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง รวมถึงการนำไปใช้ในและรูปแบบการจัดการหลังหมดอายุใช้งานได้ และมาตรฐานและการรับรองต่าง ๆ ของพลาสติกชีวภาพ สามารถอ่านเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวกที่ 1)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าพลาสติก PLA จะได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นทั้ง bio-based ผลิตจากทรัพยากรหมุนเวียน เช่น ข้าวโพดและอ้อย และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) รวมไปถึงการมีคุณสมบัติเชิงกล ความทนทานและความโปร่งใสมากกว่าพลาสติกชีวภาพอื่นๆ ส่วนใหญ่ รวมทั้งคุณสมบัติในการแปรรูป ที่สามารถนำไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้หลายอย่าง เช่น ปั่นเป็นเส้นใย ยืดเป็นฟิล์ม แข็ง อัดเป็นแผ่นสำหรับเป็นบรรจุภัณฑ์แบบเทอร์โมฟอร์ม และการฉีดลงในแม่พิมพ์

นอกจากนี้ พลาสติก PLA ยังมีการเติบโตของอุตสาหกรรมที่น่าสนใจทั้งในด้านอุปสงค์และอุปทานของตลาด สำหรับด้านอุปสงค์ของตลาดจะเห็นได้จากการประเมินของขนาดตลาดความต้องการพลาสติกชีวภาพ PLA จากหลายแหล่งได้กล่าวไปในทิศทางเดียวกันว่ามีการเติบโตอย่างน้อยร้อยละ 20 และจากรายงานการวิจัย

The development and challenges of poly (lactic acid) and poly (glycolic acid) ที่อ้าง Jem's Law ในการคาดการณ์ความต้องการของ PLA ที่เพิ่มขึ้น ได้คาดการณ์ว่าความต้องการจะเพิ่มขึ้น 2 เท่า ทุก ๆ 3-4 ปี โดยในปี 2562 คาดว่าความต้องการจะอยู่ที่ 400,000 ตัน (จาก 120,000 ตัน ในปี 2557) รวมทั้งแนวโน้มความต้องการพลาสติกชีวภาพที่เพิ่มขึ้นจากการที่หลาย ๆ ประเทศไม่ว่าจะเป็น จีน ญี่ปุ่น สหรัฐฯ ต่างออกกฎระเบียบให้มีการยกเลิกใช้พลาสติกที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ความต้องการพลาสติกชีวภาพมีสูงขึ้นทั่วโลกและขยายตัวอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ของพลาสติกชีวภาพ ยิ่งเป็นปัจจัยเสริมในการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายมากขึ้น ทั้งบรรจุภัณฑ์อาหาร สิ่งทอ สิ่งทอที่ไม่ได้ทอ สินค้าที่ผลิตจากการฉีดลงแม่พิมพ์

ในขณะที่ด้านอุปทานเริ่มมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเพื่อรองรับความต้องการใช้ของตลาดผู้บริโภค โดยมีทั้งบริษัทพลาสติกดั้งเดิมที่เริ่มมีการเปลี่ยนรูปแบบธุรกิจเข้าสู่พลาสติกชีวภาพมากขึ้น รวมไปถึงการสร้างพันธมิตรร่วมกันเพื่อส่งเสริมจุดแข็งและความได้เปรียบของแต่ละบริษัทเพื่อเติมเต็มห่วงโซ่อุปทาน โดยต่างประกาศโครงการนำร่อง โครงการศึกษาความเป็นไปได้หรือการจัดตั้งโรงงานที่กำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งคาดว่าปริมาณการผลิตทั้งหมดโดยประมาณอยู่ที่ 375,000 ตัน ในปี 2563 (จาก 190,000 ตันในปี 2562) อ้างอิงจากการรวบรวมข้อมูลตามรายงานวิจัย The development and challenges of poly (lactic acid) and poly (glycolic acid) นอกจากนี้ในช่วงระหว่างปี 2563 มีการประกาศสร้างโครงการหรือขยายโครงการใหม่ขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาทิ บริษัท Corbion (Thailand) ได้มีการตั้งเป้าขยายกำลังการผลิตและก่อสร้างโรงงานในที่ตั้งเดิมเพิ่มกำลังการผลิตกรดแลคติกอีกปีละ 125,000 ตัน และนำไปผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพ PLA ปีละอีก 70,000 ตัน (เปิดดำเนินการได้ในปี 2566) ในประเทศไทย รวมทั้งการสร้างโรงงานแห่งใหม่ที่ยุโรปอีกด้วย โดยคาดว่าจะตั้งอยู่ที่เมือง Grandpuits ประเทศฝรั่งเศส และจะเปิดดำเนินการในปี 2567 รวมไปถึงการร่วมทุนของบริษัทเนเจอร์เวิร์ค จากสหรัฐฯ กับ บริษัทพีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ในการผลิตเม็ดพลาสติก PLA ในชื่อโครงการ "นครสวรรค์ไบโอคอมเพล็กซ์" เป็นต้น

สำหรับบริบทในประเทศไทย หากวิเคราะห์ในด้านอุปทาน จะพบว่าไทยมีข้อส่งเสริมหลายด้าน ทั้งในด้านของศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบจำนวนมาก พร้อมทั้งมีการประกาศโมเดลเศรษฐกิจ BCG หรือ เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว เป็นวาระแห่งชาติในการขับเคลื่อนประเทศ เมื่อต้นปี 2564 ที่ผ่านมา ซึ่งหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มุ่งเน้น คือ พลังงานและวัสดุ โดยพลาสติกชีวภาพ ซึ่งเป็นการต่อยอดมูลค่าเพิ่มในระดับขั้นกลางและขั้นปลายของพืชผลทางการเกษตร เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมเป้าหมายนี้

ในปัจจุบันจากข้อมูลที่เปิดเผยของศูนย์ข้อมูลและวิจัยตลาดอุตสาหกรรมพลาสติก สถาบันพลาสติกของไทยได้เปิดเผยถึงศักยภาพของเม็ดพลาสติก PLA โดยคาดว่า ปี 2564 มูลค่าการส่งออกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.6 และจะสร้างรายได้กว่า 2,700 ล้านบาท (จากปีก่อนที่ส่งออกมูลค่า 2,331 ล้านบาท)

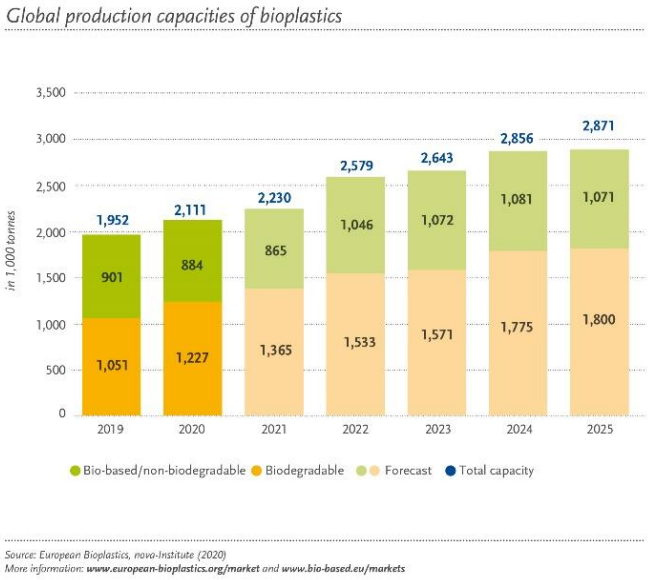
จากศักยภาพข้างต้นที่ได้กล่าวมา รวมทั้งการที่ไทยได้ตั้งเป้าหมายว่าจะเป็นศูนย์กลางของการผลิตพลาสติกชีวภาพ การจะพัฒนาและต่อยอดศักยภาพที่มีอยู่เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งต้องพิจารณาในภาพรวมของห่วงโซ่คุณค่าของพลาสติกชีวภาพทั้งหมด ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบ การเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นพลาสติกชีวภาพ และการเปลี่ยนพลาสติกชีวภาพให้เป็นการใช้งานมูลค่าเพิ่ม ซึ่งหากพิจารณาแล้วประเทศไทยเองยังมีศักยภาพที่จะพัฒนาในส่วนของการเพิ่มมูลค่าให้ได้ดีมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

เพื่อเป็นการสนับสนุนการขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่เศรษฐกิจหมุนเวียน ผ่านการใช้พลาสติกชีวภาพ ในรายงานนี้จะเป็นการนำเสนอถึงความน่าสนใจของบริษัทในสหภาพยุโรปที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและพัฒนาพลาสติกชีวภาพ PLA ซึ่งหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและส่งเสริมห่วงโซ่คุณค่าพลาสติกชีวภาพในประเทศไทย หรืออาจรวมไปถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือร่วมกันในด้านวิชาการและเชิงธุรกิจร่วมกันในอนาคต

2. ภาพรวมของตลาดและแนวโน้มในอนาคตของพลาสติกชีวภาพ

ปัจจุบันพลาสติกชีวภาพคิดเป็นประมาณร้อยละ 1 ของพลาสติกที่ผลิตได้ทั้งหมดที่ 368 ล้านตันต่อปี โดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของการใช้งานและความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้สามารถมาทดแทนพลาสติกแบบดั้งเดิมได้เพิ่มขึ้น

จากข้อมูลการตลาดล่าสุดที่รวบรวมโดยสมาคม European Bioplastics ร่วมกับ nova-Institute คาดการณ์ว่ากำลังการผลิตพลาสติกชีวภาพจะเพิ่มขึ้นจากประมาณ 2.11 ล้านตัน ในปี ค.ศ. 2020 (2563) ไปเป็นประมาณ 2.87 ล้านตันในปี ค.ศ. 2025 2568) ตามแสดงในแผนภาพที่ 1

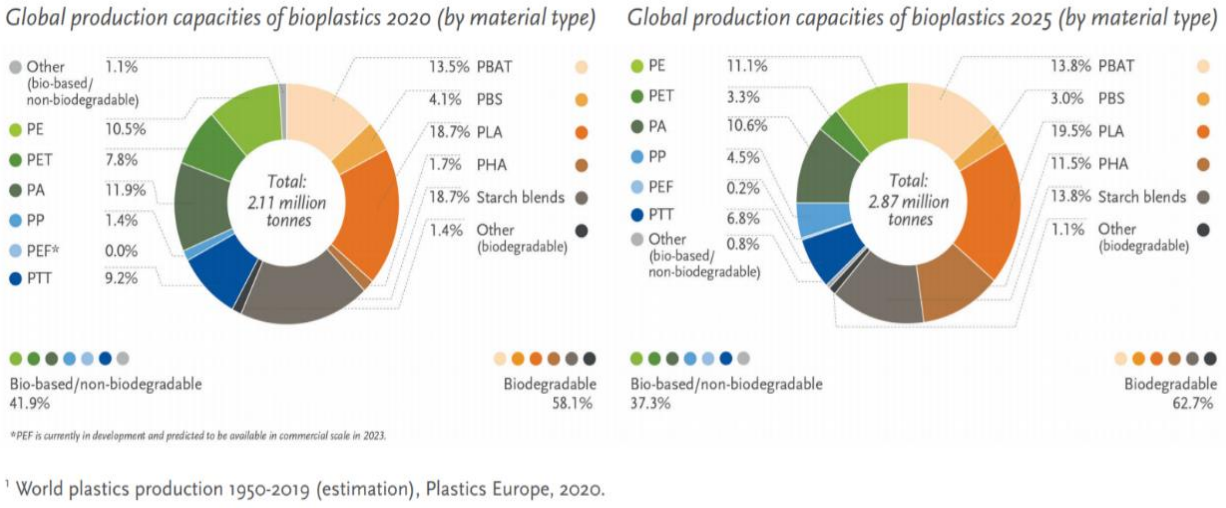


แผนภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตและแนวโน้มการผลิตพลาสติกชีวภาพ (หน่วย: พันตัน)

ประเภทพลาสติกที่กำลังเป็นที่สนใจและมีการเติบโตของการผลิตอย่างมากในอีก 5 ปีข้างหน้า คือ PLA (polylactic acid), bio-based PP (polypropylene) และ PHAs (polyhydroxyalkanoates) จากข้อมูลจะเห็นว่า พลาสติกประเภท PLA จะครองสัดส่วนใหญ่ที่สุดของตลาดพลาสติกชีวภาพ (ที่ร้อยละ 18.7 ในปี 2563 และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 19.5 ในปี 2568) ลำดับต่อมาคือพลาสติกประเภท bio-based PP ซึ่งได้เข้าสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์ในปี 2562 และคาดการณ์ว่าปริมาณจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าภายในปี 2568 ในขณะที่ PHAs คาดว่ากำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้นเกือบ 10 เท่า ใน 5 ปีข้างหน้า

นอกจากนี้ หากพิจารณาในส่วนของพลาสติกชีวภาพประเภทย่อยสลายทางชีวภาพได้ (biodegradable plastics) เช่น PLA, PHA และ starch blends จะมีสัดส่วนรวมกันได้เกือบร้อยละ 60 (มากกว่า 1.2 ล้านตัน) ของกำลังการผลิตพลาสติกชีวภาพทั่วโลก และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.8 ล้านตัน ในปี 2568 จากอัตราการเติบโตอย่างมากของ PHA (ร้อยละ 1.7 ในปี 2563 เป็นร้อยละ 11.5 ในปี 2568) โดยจะถูกนำมาใช้ในภาคครัวเรือนแทน Polyester และการลงทุนโรงงานผลิตใหม่ของ PLA ในสหรัฐอเมริกาและในยุโรป เนื่องจากพลาสติก PLA มีคุณสมบัติเชิงกลที่เหนือกว่าและมีความง่ายของการนำไปแปรรูป

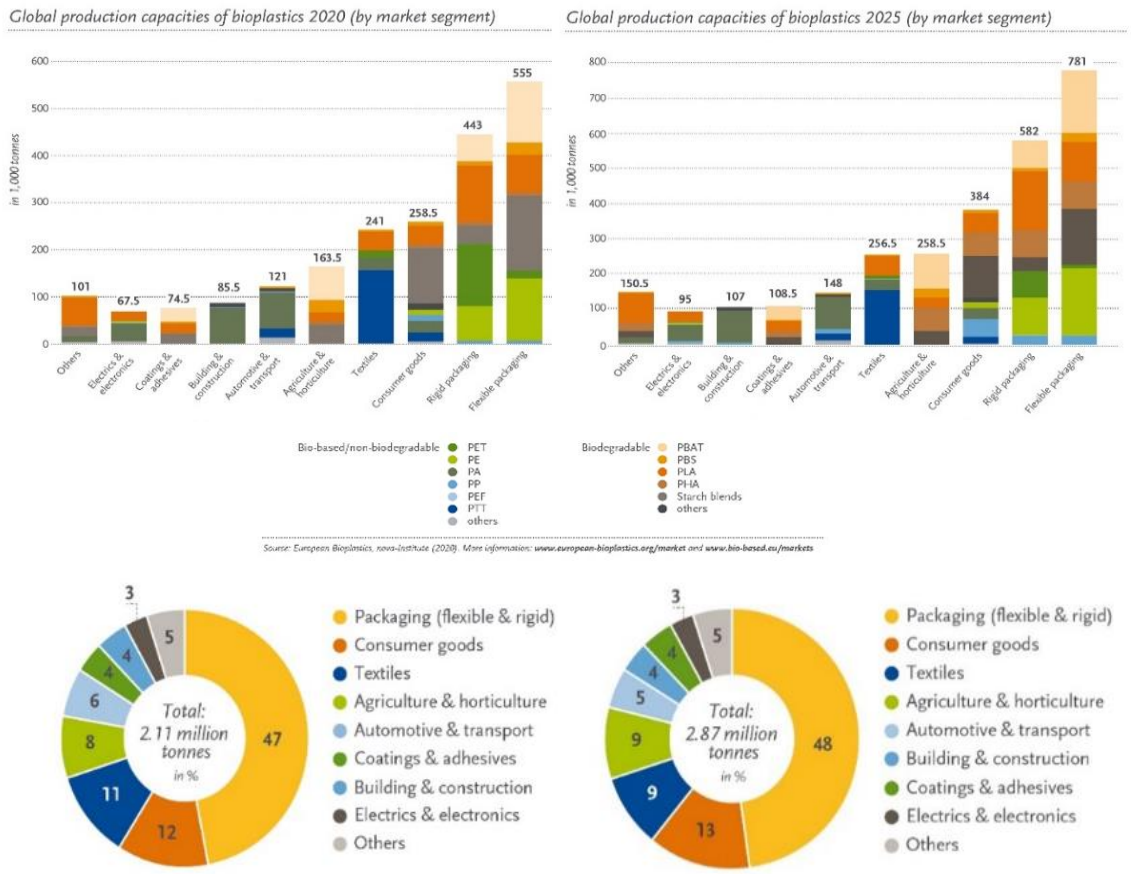
โดยในแผนภาพที่ 2 จะเป็นการเปรียบเทียบการเติบโตของพลาสติกชีวภาพแต่ละชนิดเพื่อให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจนมากขึ้นว่าแนวโน้มของแต่ละประเภทจะเป็นอย่างไร



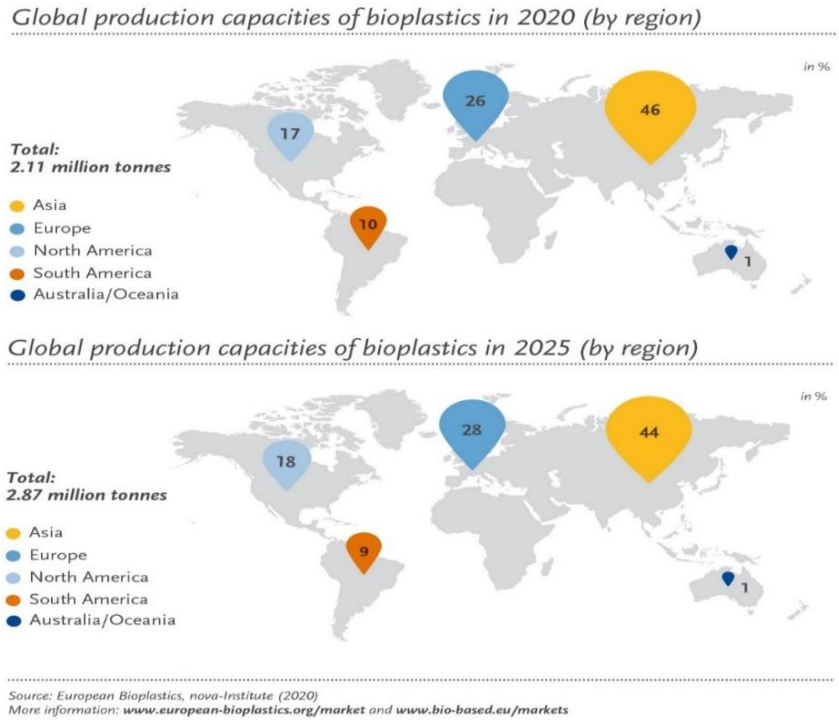
[1] World plastics production 1950-2019 (estimation), Plastics Europe, 2020.

แผนภาพที่ 2 กำลังการผลิตพลาสติกชีวภาพทั่วโลก เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 2020 กับ ค.ศ. 2025 (หน่วย: ร้อยละ)

ในแง่ของการนำไปใช้ พลาสติกชีวภาพถูกนำไปใช้อย่างหลากหลายมากขึ้น ตั้งแต่เป็นบรรจุภัณฑ์ สินค้าอุปโภค อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์และสิ่งทอ โดยบรรจุภัณฑ์ยังคงครองสัดส่วนที่ถูกนำไปใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47 (0.99 ล้านตัน) ของตลาดพลาสติกชีวภาพทั้งหมดของปี ค.ศ. 2020 และในปี ค.ศ. 2025 ยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 48 (1.36 ล้านตัน) ดังแสดงในแผนภาพที่ 3



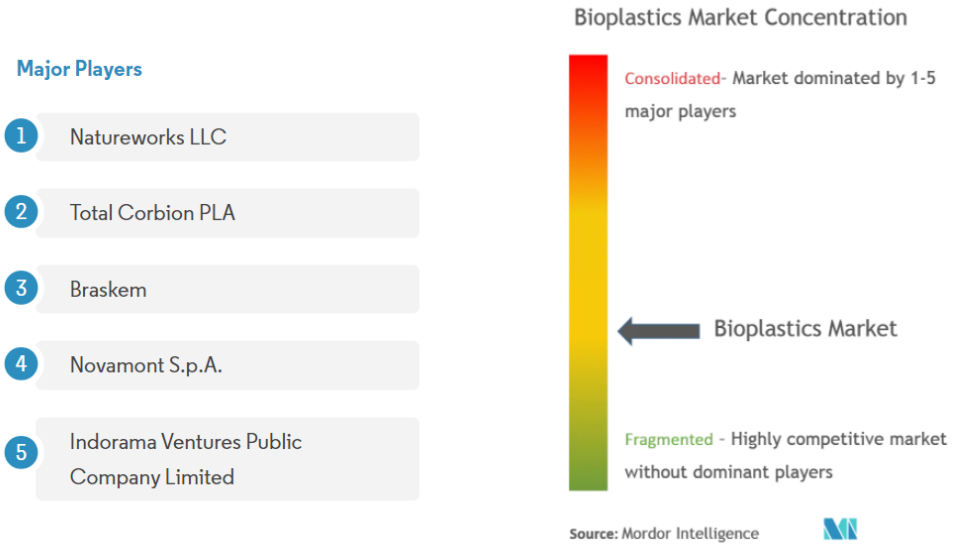
แผนภาพที่ 3 สัดส่วนการนำพลาสติกชีวภาพไปใช้ในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 2020 กับ ค.ศ. 2025 (ต่อ)



แผนภาพที่ 4 กำลังการผลิตพลาสติกชีวภาพโลกเปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 2020 กับ ค.ศ. 2025 (หน่วย: ร้อยละ)

จากแผนภาพที่ 4 จะพบว่า 2 ภูมิภาคที่มีศักยภาพในการผลิตในตลาดพลาสติกชีวภาพ คือ ภูมิภาคเอเชียกับยุโรป โดยในปี ค.ศ. 2020 เอเชียมีศักยภาพในการผลิตที่ 0.97 ล้านตัน ในขณะที่ยุโรปอยู่ที่ 0.55 ล้านตัน และจากการคาดการณ์ในปี ค.ศ. 2025 ทั้งสองภูมิภาคจะมีศักยภาพเพิ่มขึ้น สำหรับเอเชียเป็น 1.26 ล้านตัน และ 0.8 ล้านตันสำหรับยุโรป โดยหากพิจารณาส่วนแบ่งการตลาดของการผลิตพลาสติกชีวภาพ จะพบว่า ยุโรปต้องการเพิ่มสัดส่วนการผลิตของยุโรปเองในตลาด เนื่องจากมีความต้องการซื้อที่รองรับอยู่แล้ว ซึ่งมาจากการสนับสนุนจากแง่ของนโยบายของภูมิภาคหรือนโยบายของแต่ละประเทศในการสนับสนุนพลาสติกชีวภาพ และความตระหนักรู้ของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงความพร้อมหรือความยินดีในการจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แม้ว่า ณ ปัจจุบัน เอเชียจะครองสัดส่วนใหญ่ที่สุดที่ร้อยละ 46 ก็ตาม

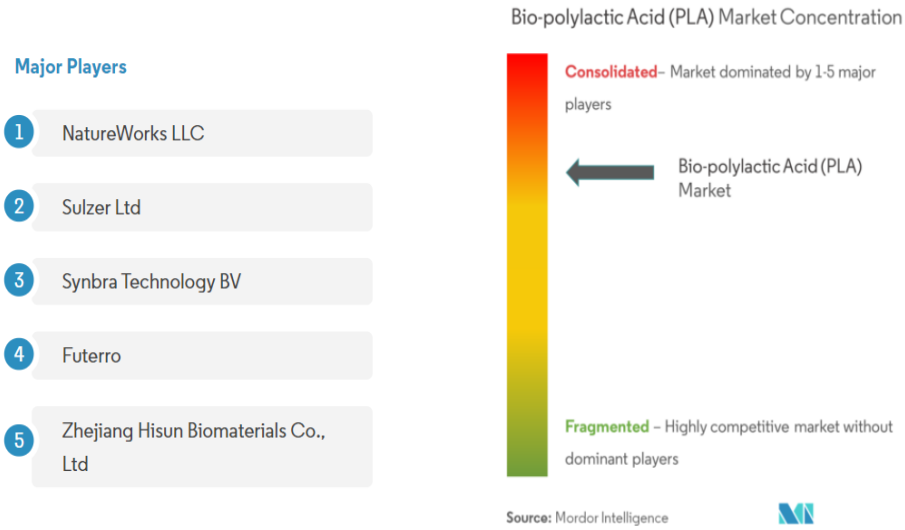
<u>ภูมิทัศน์การแข่งขันของตลาดพลาสติกชีวภาพโลก</u>



ในปัจจุบันตลาดพลาสติกชีวภาพถือว่ามีการกระจายตัว 5 ผู้เล่นหลักของตลาด คือ 1. Natureworks LLC (สหรัฐอเมริกา) 2. Total Corbian PLA (เนเธอร์แลนด์ + ฝรั่งเศส) 3. Braskem (บราซิล) 4. Novamont S.p.A. (อิตาลี) 5. Indorama Ventures Public Company Limited (ไทย) ถือครองส่วนแบ่งตลาดโดยประมาณ ร้อยละ 34 ของตลาดพลาสติกชีวภาพโลก

และผู้เล่นหลักอื่นๆ ในตลาดพลาสติกชีวภาพของโลก มีดังนี้ Arkema SA (ฝรั่งเศส) BASF SE (เยอรมนี) Biotec (เยอรมนี) Danimer Scientific (สหรัฐฯ) Futerro (เบลเยียม) Minima (จีน) Rodenbirg Biopolymers (เนเธอร์แลนด์) Trinsoe (สหรัฐฯ)

<u>ภูมิทัศน์การแข่งขันของตลาดพลาสติกชีวภาพ PLA ของโลก</u>



ในปัจจุบันตลาดพลาสติกชีวภาพ PLA ถือว่ามีการกระจุกตัว 5 ผู้เล่นหลักของตลาด คือ 1. Natureworks LLC (สหรัฐอเมริกา) 2. Sulzer Ltd (สวิตเซอร์แลนด์) 3. Synbra Technology Bv (เนเธอร์แลนด์) 4. Futerro (เบลเยียม) 5. Zhejiang Hisun Biomaterials Co.,Ltd (จีน)

และผู้เล่นหลักอื่นๆ ในตลาด มีดังนี้ BASF SE (เยอรมนี) Bayer AG (เยอรมนี) Corbian NV (เนเธอร์แลนด์) Danimer Scientific (สหรัฐฯ) DowDuPont (สหรัฐฯ) Eastman Chemicals (สหรัฐฯ) Henan Jindan Lactic Acid Technology (จีน) Mitsubishi Chemical Holdings Corporation (ญี่ปุ่น) Teijin Ltd (ญี่ปุ่น) Wei Mon Industry Co. Ltd (ไต้หวัน) Weforyou GmbH (ออสเตรีย)

3. ความน่าสนใจของพลาสติกชีวภาพ PLA

จากความน่าสนใจของการเติบโตของตลาดพลาสติกชีวภาพชนิด biodegradable plastics ที่แสดงให้เห็นในหัวข้อที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกชีวภาพ PLA ที่คาดว่าจะครองสัดส่วนใหญ่ที่สุดและเติบโตเร็วที่สุดในตลาด biodegradable plastics โดยขนาดของตลาด PLA ทั่วโลกคาดว่าจะสูงถึง 1.5 พันล้านเหรียญสหรัฐภายในปี 2570 ตามรายงานฉบับใหม่ของ Grand View Research, Inc. ซึ่งขยายตัวอยู่ที่ร้อยละ 15.9 ต่อปีในช่วงระหว่างปี 2563 ถึงปี 2570 ซึ่งการขยายตัวของความต้องการ PLA เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้บริโภคของการค้าปลีกสมัยใหม่ และความนิยมที่เพิ่มขึ้นของร้านอาหารแบบบริการด่วนซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นการเติบโตของบรรจุภัณฑ์แบบยืดหยุ่น โดยอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์แบบยืดหยุ่นที่กำลังเติบโตคาดว่าจะสร้างความต้องการ PLA อย่างมีนัยสำคัญในช่วงคาดการณ์ เนื่องจาก PLA ผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ดังนั้นจึงสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ พร้อมทั้งมีคุณสมบัติที่เทียบเท่าหรือดีกว่าพลาสติกแบบดั้งเดิม และความตระหนักในกลุ่มผู้บริโภคเกี่ยวกับความจำเป็นในการรีไซเคิล ความยั่งยืนและบรรจุภัณฑ์สีเขียวที่เพิ่มขึ้น

3.1 รูปแบบการใช้ประโยชน์ของพลาสติกชีวภาพ PLA

เนื่องจากคุณสมบัติที่น่าสนใจของพลาสติก PLA ทั้งคุณสมบัติเชิงกลและทางกายภาพ รวมไปถึงคุณสมบัติในการแปรรูปที่สามารถนำไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้หลายอย่าง เช่น ปั่นเป็นเส้นใย ยืดเป็นฟิล์มแข็ง อัดเป็นแผ่นสำหรับเป็นบรรจุภัณฑ์แบบเทอร์โมฟอร์ม และการฉีดลงในแม่พิมพ์ ทำให้พลาสติชีวภาพ PLA เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจและสำคัญในการทดแทนพลาสติกแบบดั้งเดิมสำหรับการใช้งานหลากหลายรูปแบบ

ในรายงานนี้จะแบ่งประเภทการใช้งานออกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้ 1) การใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) 2) การใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications) และ 3) การใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications) โดยใช้หลักการในการแบ่งประเภท อ้างอิงจาก Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier (รายละเอียดการใช้งานในแต่ละประเภท สามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในภาคผนวกที่ 2)

ประเภทของการใช้งานพลาสติกชีวภาพ PLA มีรายละเอียด ดังนี้

1) การใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications)

พลาสติกชีวภาพ PLA ที่ถูกผลิตออกมาส่วนใหญ่ จะนำมาใช้งานในครัวเรือน โดยมีจุดประสงค์เพื่อทดแทนพอลิเมอร์ที่ผลิตด้วยปิโตรเลียมและไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยใช้ข้อได้เปรียบของ PLA คือ กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	ข้อดีของ PLA	ตัวอย่างแบรนด์และการนำไปใช้
1) เสื้อผ้า	- ระบายอากาศและความชื้นได้ดี - ไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง	Descente (เสื้อผ้ากีฬา) Galtinoni (ชุดแต่งงาน) Codice A Barre (เสื้อเชิ๊ต)
2) ขวด	- ความแข็งแรง วาว โปร่งใส และบริสุทธิ์ - ใช้แทน PET * เน้นการใช้งานในอุณหภูมิห้อง	Shiseido-brara (ขวดยาสระผม) Polenghi LAs (ขวดน้ำมะนาว) Sant' Anna (ขวดน้ำ)
3) ถ้วยและอุปกรณ์การกิน (การใช้งานในรูปแบบนี้มีมากที่สุด)	- ความแข็งแรง วาว โปร่งใส บริสุทธิ์ และง่ายต่อการพิมพ์ - ความยืดหยุ่นในปรับรูปทรง - คุณสมบัติการกันได้ดี (ไข น้ำมัน ความชื้น) - ใช้แทน PS และ PP	Fabri-kal (ถ้วยและฝาสำหรับเครื่องดื่มเย็น) Avianca (ถ้วยเครื่องดื่มเย็นบริการในสายการบิน) StalkMarket (ชุดช้อนส้อม)
4) บรรจุภัณฑ์อาหาร	- น้ำหนักเบา วาว และโปร่งใส - ง่ายต่อการพิมพ์ - คุณสมบัติการกันได้ดี (ไข น้ำมัน)	Lindar (ภาชนะเทอร์โมฟอร์ม) InnoWare Plastics (ภาชนะเทอร์โมฟอร์ม) Carrefour Belgium (ถุงช้อปปิ้ง)

ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	ข้อดีของ PLA	ตัวอย่างแบรนด์และการนำไปใช้
5) ฟิล์ม	- ใช้เวลาในการย่อยสลายไม่นาน - ฟิล์มที่ยืดออกไปใน 2 ทิศทาง (Biaxially oriented)	Frito-Lay (ถุงขนมขบเคี้ยว) Walmart (ถุงใส่สลัด) Naturally lowa (ฉลากฟิล์มหด)
6) บัตร	- ทนทาน และใช้ได้ดีกับลูกเล่น ความปลอดภัยและแถบแม่เหล็ก - ใช้แทน PE PVC และ PET	Apple Store (iTunes) The Plastic Card shop (บัตรของขวัญ)
7) Rigid consumer goods	- แข็งแรง ทนทาน - สามารถป้องกันสิ่งของที่เปราะบางได้	Bioserre (ฝาครอบ iPod และ iPad) Henkel (ลูกกลิ้งแก้ไขคำผิดและเครื่องเขียน) NEC (Nucycle desktop computer) Cargo (แท่งใส่ลิปสติก)
8) สิ่งทอใช้ในครัวเรือน	- แห้งเร็วและไม่ต้องรีด - ระบายอากาศดี - การหดตัวน้อยกว่า - ใช้แทน PET	Eco-centric (เบาะ) Ahlstrom (ถุงชา) Natural living (เบาะรองนอน)
9) ผ้าไม่ถักทอ (nonwoven)	- ไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง - ไวไฟต่ำ ยืดหยุ่นสูง ระบายได้ดี - สามารถขยายได้มากกว่า - ใช้แทน PET และ PP	GroVia (ผ้าอ้อมสำเร็จรูป) Elements Naturals (ผ้าเช็ดทำความสะอาดทารก) Renewable Fiber LLC (ถุงช็อปปิ้ง)
10) ถาดโฟม	- ง่ายต่อการย่อยสลายและเพิ่มแร่ธาตุให้ดิน - ใช้แทน PS	Sealed Air (ถาดใส่อาหาร) Pyre-a-pak Inc. (ถาดโฟม)
11) โฟม (expanded foam)	- เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม - ใช้แทน PS	Foam Fabricator (โฟมกันกระแทก)
12) ของเล่นเด็ก	- ซักได้และถูกสุขอนามัย - ลดความเสี่ยงเด็กต่อสารพิษ	Kik & Boo (ของเล่นเด็กนุ่มยัดไส้)
13) สินค้าแฟชั่น	- ระบายอากาศและความชื้นได้ดี - ไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง	Fashion Helmet (หมวกกันน็อก) Riziemi (รองเท้าสตรี)

2) การใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications)

เนื่องจากเครื่องมือทางวิศวกรรมถือว่าเป็นอีกหนึ่งวัสดุใช้งานที่สร้างภาระต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เมื่อหมดอายุการใช้งาน ในประเด็นนี้ พลาสติกชีวภาพ PLA สามารถเข้ามาตอบโจทย์ในเรื่องความแข็งแรงในคุณสมบัติเชิงกล รวมไปถึงเมื่อสิ้นอายุการใช้งานก็สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ โดยไม่ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับในด้านวิศวกรรมจะมุ่งเน้นไปที่การใช้ secondary application ในขณะที่ภาคอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมุ่งเน้นไปที่วัสดุป้องกันสายไฟเพื่อแทนที่การใช้ PVC โดยเฉพาะในปัจจุบันที่เริ่มมีการบังคับใช้

กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดมากขึ้นในภาคยานยนต์ จึงทำให้มีการแสวงหาทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมผ่านการใช้พลาสติกชีวภาพและไบโอคอมโพสิตรุ่นใหม่เป็นส่วนประกอบของยานยนต์ใหม่ โดยอาจต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมยานยนต์ เช่น ความต้านทานความร้อน สมรรถนะเชิงกล (โดยเฉพาะในแง่ของความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระแทก) และความทนทาน

ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	ข้อดีของ PLA	ตัวอย่างแบรนด์และการนำไปใช้
1) วัสดุทางวิศวกรรม	- คงทน - ย่อยสลายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	Singoshu (กระดานระบายน้ำ)
2) ยานยนต์	- ย่อยสลายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	Toyota (พรมปูพื้นรถยนต์และฝาครอบยางอะไหล่) Toray (ไฟเบอร์สำหรับพรมรถยนต์)
3) วัสดุก่อสร้าง	- คงทน หากดูแลรักษาดี - กระบวนการผลิตมีสารพิษน้อย - ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่รุนแรงเมื่อหมดอายุการใช้งาน - ใช้แทน PVC	LG Hausyc (พื้นไม้และวอลเปเปอร์ลามิเนต) Saint Maclou (พรม) SommerNeedlepunch (พรม)
4) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า	- มีสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนพอลิเมอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน - สภาพต้านทานไฟฟ้ามากกว่า PE และ PVC	Fujikura (ฉนวนไฟฟ้า) Renesas (เคสอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์) ABB (เคสเต้ารับปลั๊กไฟ)
5) การเกษตร	- ย่อยสลายโดยไม่ทิ้งสารอันตรายไว้ในดิน	FkuR Kunststoff (ฟิล์มคลุมดิน) DeschPlantpak B.V. (กระถางดอกไม้) BASF (ฟิล์มคลุมดิน)

3) การใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications)

PLA มีข้อดีมากมายเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์อื่น ๆ รวมถึงความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ ต้นทุนต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและคุณสมบัติเชิงกลที่ปรับเปลี่ยนได้ง่าย คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ PLA เป็นพอลิเมอร์ที่มีแนวโน้มสำหรับการใช้งานทางการแพทย์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ มีความทนทานต่อแรงกระแทกต่ำ และอัตราการย่อยสลายที่ช้า ทำให้การนำไปใช้ต้องมีการนำไปเป็นส่วนผสมกับพอลิเมอร์อื่น ๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติหรือสร้างคุณสมบัติใหม่สำหรับการใช้งานเป้าหมายได้ โดยการใช้งานในด้านชีวการแพทย์ในปัจจุบัน เช่น การปลูกถ่าย การเย็บแผล วิศวกรรมเนื้อเยื่อ และตัวนำยา

ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	ข้อดีของ PLA	ตัวอย่างแบรนด์และการนำไปใช้
1) การผ่าตัดปลูกถ่าย (surgical implants)	- ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ - ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ	Zimmer (สมอยึดตรึงเส้นเอ็นเข้ากับกระดูก (suture anchor) ซีเมนต์กระดูก (bone cement plug))
2) ตัวนำยา (Drug carrier)	- ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ - ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ - การย่อยสลายขึ้นอยู่กับสัดส่วนของ PLA ทำให้ดีต่อการควบคุมการนำส่งยา	Abbot (Lupron Depot ยารักษาแบบประคับประคองของต่อมลูกหมากขั้นสูง) Janssen Pharmaceuticals (Risperal ยารักษาโรคจิตเภท (schizophrenia))

4. สถานการณ์และแนวโน้มตลาด PLA ในยุโรป

ภูมิภาคยุโรปถือเป็นตลาดสำคัญของ PLA จากการคาดการณ์การเติบโตในช่วงปี 2562-2571 หากพิจารณาในเชิงของรายได้จะมีการเติบโตต่อปีที่ร้อยละ 11.37 และในเชิงของปริมาณจะเติบโตต่อปีร้อยละ 13.27 ในขณะที่อีกรายงานการสำรวจตลาดเห็นพ้องไปในทางเดียวกันว่า European PLA จะเติบโตมากกว่าร้อยละ 10 (ประมาณร้อยละ 16.3 ต่อปีในช่วงคาดการณ์ (ปี 2562-2568)) สำหรับในยุโรป PLA ถูกใช้ในหลายภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นบรรจุภัณฑ์ สินค้าอุปโภคบริโภค ยานยนต์ การเกษตร การแพทย์ สิ่งทอ วัสดุก่อสร้าง และอื่น ๆ

หากพิจารณาถึงแนวโน้มการเติบโตของการใช้ประโยชน์ในแต่ละภาคส่วนที่น่าสนใจ เริ่มต้นด้วยการใช้ที่ครองสัดส่วนใหญ่ที่สุดและเติบโตอย่างรวดเร็ว คือ บรรจุภัณฑ์ เนื่องจากความตระหนักของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นในด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่ง PLA สามารถตอบโจทย์ทั้งการผลิตจากทรัพยากรหมุนเวียน และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบดั้งเดิมได้อย่างดี รวมทั้งการปรับกฎระเบียบของรัฐบาลประเทศต่าง ๆ ที่สำคัญในยุโรป เช่น เยอรมนี ฝรั่งเศส สเปน ที่เอื้อให้เกิดความต้องการบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อีกหนึ่งการเติบโตของการใช้งานที่น่าจับตามอง คือ ยานยนต์ ที่เริ่มมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันมีการบังคับใช้กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดมากขึ้นในภาคยานยนต์ จึงเริ่มมีการหันมาใช้ PLA เป็นวัสดุทดแทนสำหรับชิ้นส่วนโลหะหรือพลาสติกดั้งเดิมของรถยนต์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแง่ของการผลิตและช่วยลดน้ำหนักของยานยนต์ ส่งผลให้ประหยัดเชื้อเพลิงนั่นเอง ดังนั้นการเติบโตของการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ ทำให้ความต้องการ PLA จากอุตสาหกรรมยานยนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งยุโรปเป็นที่ตั้งของบริษัทยานยนต์รายใหญ่หลายราย และมีส่วนแบ่งของตลาดที่สำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ทั่วโลก

สำหรับแนวโน้มในอนาคตของการใช้รูปแบบใหม่ที่น่าสนใจ คือ การใช้งานในเชิงการแพทย์ เช่น การปลูกถ่ายอวัยวะ การผ่าตัด โดย PLA ถูกใช้เป็นขดลวดถ่างขยาย (Stent) เพื่อแทนที่อวัยวะเดิม เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ง่าย (easy decomposable nature) รวมถึงการเปลี่ยน PLA เป็นเส้นใยหรือวัตถุดิบในการพิมพ์ 3 มิติก็เป็นอีกหนึ่งการใช้ที่มีแนวโน้มที่จะเป็นโอกาสในอนาคตเช่นกัน

โดยประเทศในยุโรปที่จะกลายมาเป็นตลาดผู้บริโภคที่โดดเด่น ได้แก่ สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส อิตาลีและเยอรมนี เนื่องจากมีการดำเนินการปฏิบัติตามกฎระเบียบอย่างเข้มงวดโดยหน่วยงานของรัฐ และการเติบโตของภาคการขนส่งอย่างต่อเนื่อง

หากพิจารณา 4 ตลาดใหญ่ของยุโรปที่น่าสนใจ จะเป็นดังนี้ ในสหราชอาณาจักร PLA ได้รับความสนใจเพื่อนำไปใช้จากหลายภาคส่วน เช่น บรรจุภัณฑ์ ยานยนต์และสิ่งทอ โดยคาดว่าความต้องการใช้สูงสุดจะมาจากบรรจุภัณฑ์ และการใช้ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ จากภาคยานยนต์ และสำหรับประเทศฝรั่งเศสมีทิศทางความต้องการที่คล้ายคลึงกัน คือ บรรจุภัณฑ์ ยานยนต์และสิ่งทอ ซึ่งอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ โดยความต้องการบรรจุภัณฑ์สูงสุดจะมาจากอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และการเพิ่มขึ้นของการผลิตยานยนต์ที่กำลังเติบโต ทำให้ความต้องการ PLA เพิ่มขึ้นเช่นกัน สำหรับในเยอรมนี มีปัจจัยสนับสนุนในการขับเคลื่อนตลาด PLA หลายประการ คือ การเพิ่มขึ้นของความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการตระหนักรู้ของผู้บริโภค รวมทั้งกฎระเบียบของภาครัฐที่ส่งเสริม ในขณะที่อิตาลี PLA จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ การแพทย์ บรรจุภัณฑ์และสิ่งทอ โดยการผลิตยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นและอุตสาหกรรมสิ่งทอที่กำลังเติบโตส่งผลดีต่อการเติบโตของตลาด PLA ในประเทศ

ในปัจจุบันผู้เล่นในตลาด PLA ใช้กลยุทธ์ทั้งเป็นการควบรวมกิจการหรือซื้อกิจการ การสร้างความร่วมมือเพื่อสร้างจุดแข็ง และการเปิดตัวเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและดึงส่วนแบ่งที่สำคัญในตลาด เช่น ในเดือนธันวาคม 2561 Futerro, Sulzer และ TechnipFMC ได้ร่วมมือกันเพื่อลดความซับซ้อนในการผลิตพลาสติกชีวภาพ โดยจัดตั้งโครงการ PLAnet เพื่อส่งเสริมการผลิตพลาสติกที่ยั่งยืนที่ผลิตจาก PLA ซึ่งความร่วมมือครั้งนี้เป็นการสนับสนุนผู้ผลิตที่สนใจเข้าสู่ตลาดพลาสติกชีวภาพด้วยแพ็คเกจเทคโนโลยี PLA แบบบูรณาการ

แผนภาพ ตัวอย่างบริษัทในยุโรปที่น่าสนใจในห่วงโซ่อุปทานการผลิตและการนำไปใช้ PLA

พืชที่สามารถสร้างน้ำตาล → **บริษัท** FUTERRO มีสิทธิบัตรครบวงจร (ตั้งแต่การผลิตกรดแลคติกโดยการหมัก การใช้ PLA ผลิตสินค้า และรีไซเคิลจาก PLA ให้กลับเป็นกรดแลคติก

ข้าวโพด อ้อย หรือหัวบีทน้ำตาล → **บริษัท** ADBioplastics ปรับปรุงพลาสติกชีวภาพ PLA ด้วยสารเติมแต่งและเปลี่ยนเป็น PLA-Premium สำหรับการใช้งานที่มีมูลค่าเพิ่ม

ข้าวโพด พืชที่สามารถสร้างน้ำตาล → **บริษัท** BASF ผลิตพลาสติกชีวภาพ ecovio เป็นการผสมผสานกันระหว่างพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้จากฟอสซิลและ PLA ซึ่งสามารถทนต่อความเครียดเชิงกลและความชื้นได้ดีขึ้น

บริษัท Sidaplax VOF เป็นผู้ผลิตฟิล์มชีวภาพแปลงบรรจุภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการ

บริษัท Sukano เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาและผลิตเม็ดแม่สีพลาสติก รวมถึงสารประกอบพิเศษและส่วนผสมโพลีเมอร์อัลลอยด์ (polymer alloy series of products) สำหรับพลาสติก PLA

ผู้ผลิตเทคโนโลยี

บริษัท Sulzer นำเสนอโซลูชันสำหรับโรงงานที่สมบูรณ์แบบสำหรับการผลิต PLA ครบวงจรโดยใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ SMR™ *โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิต PLA ทางชีวภาพส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีของ Sulzer และ/หรือใบอนุญาตกระบวนการของ Sulzer*

FUTERRO

เว็บไซต์ : http://www.futerro.com/

Email : info@futerro.com

ตั้งอยู่ในกรุงบรัสเซลส์และเมืองเอสคานาฟเฟิล ประเทศเบลเยียม

- FUTTERRO เป็นบริษัทย่อยของกลุ่ม GALACTIC ของเบลเยียม (ผู้นำของโลกในด้านเทคโนโลยีชีวภาพ)
- ผู้เชี่ยวชาญในการผลิตและรีไซเคิล PLA เป็นผู้เล่นในตลาด PLA ของโลกที่สำคัญ
- มีสิทธิบัตรด้านเทคโนโลยีสำหรับการผลิตกรดแลคติก (โมโนเมอร์) ด้วยการหมัก และนำ PLA (พอลิเมอร์) ผลิตสินค้าคุณภาพสูงในราคาที่แข่งขันได้ (สำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหาร รวมถึงการใช้งานด้านเทคนิคเพิ่มเติมอื่นๆ) รวมทั้งเทคโนโลยี LOOPLA ซึ่งเป็นกระบวนการในการรีไซเคิลแบบใหม่ที่เปลี่ยน PLA ให้กลับเป็นกรดแลคติก
- ผลิตภัณฑ์หลัก คือ 1) lactic acid 2) Lactides 3) Oligomers 4) PLA
- ปัจจุบันกำลังร่วมมือกับบริษัทจีน BBCA Biochemical (บริษัทแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร deep - processing enterprise (ข้าวโพด) ที่ใหญ่ที่สุดของจีน อยู่ที่ 2 ล้านตัน/ปี) สร้างโรงงานการผลิต PLA อย่างครบวงจรแห่งแรกในประเทศจีน ตั้งอยู่ในเมือง Bengbu (Anhui) (สร้างเสร็จแล้ว) มีกำลังการผลิต PLA 30,000 ตัน/ปี รวมทั้งกำลังวางแผนที่จะพัฒนาศักยภาพการผลิตกรดแลคติกไปสู่ 180,000 ตัน/ปี (หนึ่งในโรงงานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดในโลก) และผลิต PLA ไปเป็น 100,000 ตัน/ปี (ชั้นนำของเอเชียในแง่ของปริมาณการผลิต)

ADBioplastics

เว็บไซต์ : https://adbioplastics.com/en/#about

อีเมล์ : info@adbioplastics.com

ตั้งอยู่ที่เมือง Valencia ประเทศสเปน

- ADBioplastics เป็นบริษัทสตาร์ทอัพสัญชาติสเปน PACKA VENTURES startup
- ผลิต PLA เกรดพรีเมี่ยมจากข้าวโพด อ้อย หรือหัวบีทน้ำตาลและสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ มูลค่าเพิ่มของพลาสติกของบริษัท คือ เม็ดพลาสติกสามารถย่อยสลายได้ โดยจะย่อยสลายได้ถึง 90% ภายใน 6 เดือนใน กระบวนการ industrial composting
- ติดอยู่ใน 5 อันดับแรกของบริษัทสตาร์ทอัพพอลิเมอร์ชีวภาพที่ดีที่สุดในโลก จาก 193 บริษัท (https://www.startus-insights.com/innovators-guide/5-top-bio-based-polymer-startups-impacting-the-materials-sector/)
- มีเทคโนโลยีที่จดสิทธิบัตรเรียกว่า BlockPLA ™ เป็นการปรับปรุงพลาสติกชีวภาพ PLA ด้วยสารเติมแต่งและเปลี่ยนเป็น PLA-Premium สำหรับการใช้งานที่มีมูลค่าเพิ่ม ช่วยแก้ปัญหาการขึ้นรูปด้วยความร้อน การฉีดและการฉีดเป่า และสามารถนำไปใช้ในภาคส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้นด้วย

BASF

เว็บไซต์ : https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/ecovio.html

ข้อมูลการติดต่อ : https://www.basf.com/global/en/legal/contact.html

- ecovio® พลาสติกชีวภาพคุณภาพสูงสามารถย่อยสลายได้และย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และผลิตจากชีวมวลบางส่วนเป็นการผสมผสานกันระหว่าง ecoflex® และ PLA (ซึ่งผลิตจากข้าวโพดหรือพืชอื่นๆ ที่สามารถสร้างน้ำตาล เช่น มันสำปะหลัง) สามารถทนต่อความเครียดเชิงกลและความชื้นได้ดีมากกว่าพลาสติกชีวภาพที่ทำจากแป้ง
- การนำไปใช้งานหลักสำหรับ ecovio® ได้แก่ ฟิล์มพลาสติก เช่น ถุงขยะอินทรีย์ ถุงผักและผลไม้ ฟิล์มยืด (cling film) ถุงแบบใช้สองครั้ง ((dual-use bags) เริ่มจากใช้ในการซื้อของจากนั้นใช้สำหรับใส่ขยะอินทรีย์)) และฟิล์มทางการเกษตร นอกจากนี้ยังสามารถผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ เช่น ผลิตภัณฑ์เคลือบกระดาษและผลิตภัณฑ์ฉีดขึ้นรูป
- ปัจจุบันบริษัท BASF มีการขาย ecovio® ในประเทศไทยแล้ว และมีโรงงานผลิตสารเคมีต่างๆ แต่ยังไม่มีโรงงานผลิตพลาสติกชีวภาพในไทย

*ecoflex® is the first biodegradable and certified compostable polymer by BASF on a fossil basis

Sulzer Ltd

เว็บไซต์ : https://www.sulzer.com/

ตั้งอยู่ที่เมือง Winterthur ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

- Sulzer ผู้นำตลาดในด้านเทคโนโลยีการผลิตมอโนเมอร์และพอลิเมอร์สำหรับ PLA อย่างครบวงจร รวมถึง devolatilization technology เพื่อการกำจัดสิ่งตกค้างอย่างมีประสิทธิภาพ **โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิต PLA ทางชีวภาพส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีของ Sulzer และ/หรือใบอนุญาตกระบวนการของ Sulzer**
- บริษัท Sulzer นำเสนอโซลูชันสำหรับโรงงานที่สมบูรณ์แบบสำหรับการผลิต PLA ครบวงจรโดยใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ SMR™ ที่เป็นกรรมสิทธิ์ของ Sulzer ร่วมมือกับ Futerro และ TechnipFMC เพื่อเสนอโรงงานผลิตน้ำตาลสู่ PLA
- การบริการลูกค้า ครอบคลุมตั้งแต่การบริการด้านวิศวกรรมสำหรับเทคโนโลยีการแยกและเทคโนโลยีสร้างปฏิกิริยาและบริการภาคสนามเพื่อดำเนินการติดตั้ง การบำรุงรักษา การเชื่อม และโครงการตอบสนองของโรงงาน ลูกค้าของ Sulzer ได้รับประโยชน์จากเครือข่ายสถานที่ผลิตและบริการกว่า 180 แห่งทั่วโลก
- การใช้งานหลัก – 1) Thermoforming เช่น บรรจุภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร แว่นตา หลอด 2) เส้นใยแบบทอและเส้นใยแบบไม่ทอ (Fibers and non-wovens) เช่น เสื้อยืด ผ้าห่ม พรม 3) ฟิล์ม เช่น ถุงมือแบบใช้ครั้งเดียว กระเป๋า ฟิล์ม 4) การฉีดขึ้นรูป เช่น เคสคอมพิวเตอร์ ช้อนส้อม ชิ้นส่วนรถยนต์ 5) ขวด เช่น ผงซักฟอกหรือเครื่องดื่ม 6) กระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน (Rotomolding) เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์และเครื่องจักร 7) การพิมพ์ 3 มิติ เช่น เส้นใยสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

Sukano

เว็บไซต์ : https://www.sukano.com/

อีเมล์ : emea@sukano.com

ตั้งอยู่ที่เมือง Schindellegi ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

- Sukano เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาและผลิตเม็ดแม่สีพลาสติกแบบฟังก์ชัน (functional masterbatches) และเม็ดแม่สีพลาสติกแบบเพิ่มความสว่าง (optical masterbatches) รวมถึงสารประกอบพิเศษและส่วนผสมพอลิเมอร์อัลลอยด์ (polymer alloy series of products) สำหรับพลาสติก PLA เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติและเพิ่มประสิทธิภาพของ PLA โดยเม็ดแม่สีพลาสติก PLA Masterbatches ทำจากทรัพยากรหมุนเวียน ซึ่งสามารถย่อยสลายทางชีวภาพและสามารถทำปุ๋ยหมักได้
- บริษัทถือครองสิทธิบัตรสารเติมแต่งจำนวนมากและเป็นพันธมิตรตัวเลือกของผู้ผลิตพลาสติกชั้นนำหลายราย
- ปัจจุบันมีโรงงานผลิตในสวิตเซอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา และมาเลเซีย มีเครือข่ายผู้จัดจำหน่ายทั่วโลก
- Sukano และ Total Corbion PLA ร่วมมือกันมีผลิตภัณฑ์ functional masterbatches และ optical masterbatches PLA เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ PLA จาก Sukano

Sidaplax

เว็บไซต์ : https://www.plasticsuppliers.com/sidaplax

อีเมล์ : LEFEVER@SIDAPLAX.COM

ตั้งอยู่ในเมือง Ghent ประเทศเบลเยียม

- Sidaplax เป็นบริษัทในเครือของ PSI (ผู้ผลิตฟิล์มพลาสติกชีวภาพ PLA ของสหรัฐอเมริกา)
- เป็นผู้ผลิตฟิล์มชีวภาพ แปลงบรรจุภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการ โดยเป็นหนึ่งในซัพพลายเออร์ฟิล์ม PLA รายใหญ่ที่สุดรายหนึ่งของโลก
- ให้บริการกว่า 50 ประเทศใน อเมริกา ยุโรป เอเชีย แอฟริกา และตะวันออกกลาง โดยสำนักงานที่เบลเยียมรับผิดชอบในพื้นที่ เยอรมนี ฝรั่งเศส ไอบีเรีย อิตาลี สแกนดิเนเวีย เนเธอร์แลนด์ สวิตเซอร์แลนด์ และเอเชีย
- ผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ EarthFirst® PLA sealant films (สำหรับอาหาร เครื่องดื่ม การแพทย์ การดูแลส่วนบุคคล สำนักงาน อุตสาหกรรม) โดยได้รับการรับรอง DIN CERTCO ตามมาตรฐานสากล EN 13432 และ ASTM D6400 และในอนาคตยังคงพัฒนาเพื่อให้สามารถย่อยสลายได้ในบ้าน ในดิน และในทะเล

5. ตัวอย่างการนำไปใช้และห่วงโซ่อุปทานการผลิต PLA ในไทยของบริษัท Total Corbion PLA

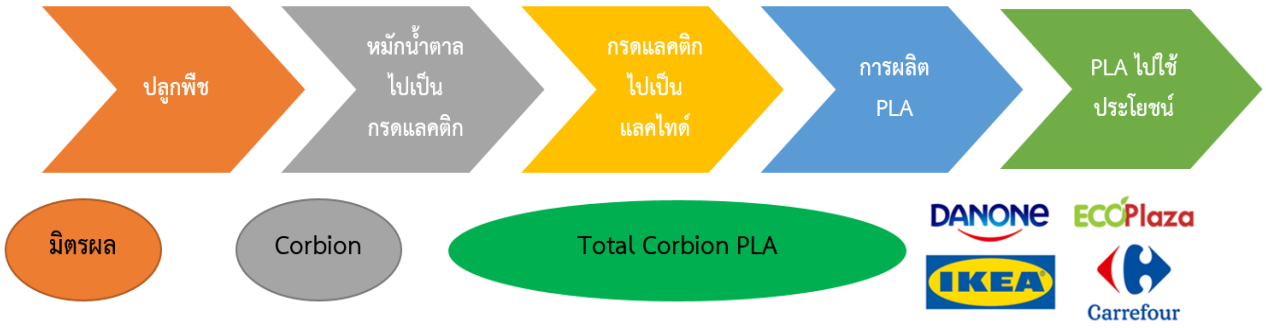
บริษัท Total corbion PLA เป็นหนึ่งในบริษัทผู้เล่นสำคัญในตลาดพลาสติกชีวภาพ PLA และเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีระดับโลกของ Poly Lactic Acid (PLA) และ lactide monomers

Total Corbion PLA เป็นบริษัทร่วมทุน 50/50 ระหว่าง Total และ Corbion มีสำนักงานใหญ่ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ สำหรับโรงงานผลิตในประเทศไทยอยู่ที่จังหวัดระยอง โดยในปัจจุบันมีกำลังการผลิต PLA จำนวน 75,000 ตันต่อปี

นอกจากนี้ ในปีที่ผ่านมาได้ประกาศขยายกำลังการผลิตในไทย โดยสร้างโรงงานในที่ตั้งเดิมเพิ่มกำลังการผลิตกรดแลคติกอีกปีละ 125,000 ตัน เพื่อนำไปผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพ PLA ปีละอีก 70,000 ตัน (เปิดดำเนินการได้ในปี 2566) รวมทั้งประกาศจะสร้างโรงงานพลาสติกชีวภาพ PLA ในยุโรปอีกด้วย คาดว่าจะตั้งอยู่ที่เมือง Grandpuits ประเทศฝรั่งเศส (เปิดดำเนินการในปี 2567)

สำหรับการผลิตเม็ดพลาสติก PLA ในประเทศไทย บริษัทเลือกใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ โดยมีการสร้างความร่วมมือกับบริษัทมิตรผล สามารถดูได้จากแผนภาพห่วงโซ่อุปทาน ดังต่อไปนี้

ห่วงโซ่อุปทาน PLA จากกรณีศึกษาการผลิต PLA ในประเทศไทยของบริษัท Total Corbion PLA



จากแผนภาพ แสดงถึงห่วงโซ่อุปทานของการพลาสติก PLA ในปัจจุบันที่ผลิตโดยบริษัท Total Corbion PLA ตามขั้นตอน ดังนี้

1) บริษัท Corbion ทำหน้าที่ในการติดต่อประสานงานกับซัพพลายเออร์น้ำตาลในท้องถิ่นต่างๆ สำหรับในประเทศไทยจะประสานงานกับมิตรผลในระยอง
2) บริษัท Corbion ทำหน้าที่ในการแปลงน้ำตาลเหล่านี้ให้กลายเป็นกรดแลคติกผ่านกระบวนการหมัก
3) กรดแลคติกจะถูกเปลี่ยนโดยบริษัท Total Corbion PLA เป็นแลคไทด์โมโนเมอร์
4) จากนั้น จะถูกส่งต่อไปในกระบวนการพอลิเมอไรเซชันเป็น PLA (บริษัท Total Corbion PLA)
5) การนำ PLA ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ

PLA ที่ผลิตจาก Total Corbion PLA อยู่ภายใต้ชื่อแบรนด์ Luminy® และจากข้อมูลของบริษัทเกี่ยวกับการนำ PLA ไปใช้ประโยชน์ ส่วนมากจะถูกนำไปใช้ในขอบเขตการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) และการใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications) โดยหากใช้เกณฑ์ของบริษัทในการแบ่งการใช้นำไปใช้ประโยชน์ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. บรรจุภัณฑ์อาหารแบบแข็งตัว (Rigid food packaging) ผลิตจาก bio-based และได้รับการรับรองว่าสามารถสัมผัสกับอาหารได้ รวมทั้งสามารถทนความร้อนได้ด้วย
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น ถ้วยโยเกิร์ต แคปซูลกาแฟ บรรจุภัณฑ์ ขวดพลาสติก เป็นต้น
2. บรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบอ่อน (Flexible packaging) สามารถย่อยสลายได้ (compostable) มีความโปร่งใสและได้รับการรับรองว่าสามารถสัมผัสกับอาหารได้ โดยถ้าใช้เป็นส่วนประกอบกับสารอื่นจะเป็นการสร้างให้เกิดความแข็งแรงและทนความร้อนที่ดีขึ้น แต่ก็สามารถใช้แบบเดียวได้เช่นกันซึ่งจะให้คุณสมบัติโปร่งใสและยืดหยุ่นขึ้น เช่น ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิดบาง
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น ถุงขนมขบเคี้ยว ถุงซ็อปปิ้งแบบย่อยสลายได้ บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง
3. อุปกรณ์ในการรับประทานอาหาร (Food serviceware) ผลิตจาก bio-based สามารถย่อยสลายได้ และได้รับการรับรองว่าสามารถสัมผัสกับอาหารได้ จึงเหมาะสำหรับธุรกิจอาหารแบบห่อกลับบ้าน
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น ถ้วยกาแฟ ช้อน ส้อมและจาน ถาดอาหารร้อนและเย็น แผ่นเคลือบสำหรับถ้วยกระดาษ
4. สินค้าทนทาน (Durable goods) สามารถทนต่อแรงกระแทกและการขีดข่วน รวมทั้งมีความคงทนและมีความขึ้นเงา ทำให้ถูกไปใช้ในสินค้าที่ต้องการความยั่งยืนและความปลอดภัยควบคู่กัน
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น ของเล่น เฟอร์นิเจอร์ ของใช้ในบ้าน ยานยนต์
5. สิ่งทอที่ไม่ได้ใช้วิธีการถักทอ (Non-Wovens) มีคุณสมบัตินุ่มเหมือนธรรมชาติ สามารถดูดซับและระบายอากาศได้ดี โดยสามารถเข้ากับเส้นใยธรรมชาติต่าง ๆ ได้ด้วย (ฝ้าย ขนสัตว์ เซลลูโลสจาก bio-based) โดยสามารถย่อยสลายได้และสามารถทนความร้อนได้ด้วย
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น กระดาษเช็ดทำความสะอาด แพมเพิร์ส เครื่องนอน ถุงชา เป็นต้น
6. การพิมพ์ 3 มิติ (3D-printing) เป็นวัสดุที่มีความปลอดภัย แม้ว่าจะมีจุดหลอมเหลวต่ำ แต่ก็ไม่ส่งกลิ่นหรือปล่อยก๊าซพิษ และสามารถเก็บรายละเอียดในการพิมพ์ได้ดี โดยสามารถใช้เป็นพอลิเมอร์เดียวหรือผสมกับสารอื่นเพื่อให้ได้จุดหลอมเหลวที่สูงขึ้นได้
   - ตัวอย่างสินค้า เช่น เส้นใยในการพิมพ์ (3D-printing, Printing filaments and Printed face shields)

6. การใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดเป็นศูนย์กลางพลาสติกชีวภาพ

อุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่น่าจับตามองและมีแนวโน้มการเติบโตที่น่าสนใจ อันเนื่องมาจากหลายปัจจัยทั้งแนวโน้มการรักษ์โลกของผู้บริโภคที่มีมากขึ้น และการที่หลายประเทศต้องการให้เศรษฐกิจของประเทศตนเองเติบโตไปในเส้นทางที่เรียกว่าเศรษฐกิจ “สีเขียว” พร้อมทั้งมาตรการไม่ว่าจะเป็นการห้ามหรือลดใช้สิ่งที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงส่งเสริมการใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ความต้องการใช้พลาสติกชีวภาพเติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดดในหลายปีที่ผ่านมา

ในปัจจุบัน ตามข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เปิดเผยว่ามีนักลงทุนไทยและต่างประเทศหลายรายที่เข้ามาตั้งฐานการผลิตเคมีชีวภาพและพลาสติกชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เล่นรายใหญ่ของตลาดอย่างบริษัท Corbion (Thailand) ผู้ผลิตกรดแลคติกรายใหญ่ของโลก ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตกรดแลคติก ปีละ 140,000 ตัน และนำไปผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพ PLA ปีละ 75,000 ตัน (โดยใช้น้ำตาลทรายดิบเป็นวัตถุดิบ) ในนิคมอุตสาหกรรมเอเชีย จังหวัดระยอง พร้อมทั้งล่าสุดเมื่อปี 2563 ได้มีการตั้งเป้าขยายกำลังการผลิตและก่อสร้างโรงงานในที่ตั้งเดิม เพิ่มกำลังการผลิตกรดแลคติกอีกปีละ 125,000 ตัน และนำไปผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพ PLA ปีละอีก 70,000 ตัน (เปิดดำเนินการได้ในปี 2566) ในขณะเดียวกันอีกหนึ่งผู้เล่นหลักของโลกอย่างบริษัท เนเจอร์เวิร์ค จากสหรัฐฯ ได้มีโครงการร่วมลงทุนกับ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ในการผลิตเม็ดพลาสติก PLA ในชื่อโครงการ "นครสวรรค์ไบโอคอมเพล็กซ์" (โดยใช้วัตถุดิบจากน้ำอ้อย) หากโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพทั้ง 2 แห่งแล้วเสร็จ จะทำให้ไทยเป็นผู้ผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพอันดับ 3-4 ของโลก โดยปัจจุบันไทยเป็นผู้นำในการผลิตพลาสติกชีวภาพ 1 ใน 5 ของโลก ซึ่งประกอบด้วยสหรัฐฯ (ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ) บราซิล (ใช้น้ำตาลอ้อยเป็นวัตถุดิบ) จีน (ใช้น้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบ) และยุโรป (ใช้น้ำตาลจากหัวบีทเป็นวัตถุดิบ) และจากข้อมูลมูลค่าการส่งออกจากศูนย์ข้อมูลและวิจัยตลาดอุตสาหกรรมพลาสติก สถาบันพลาสติกของไทย ได้เปิดเผยว่าในปี 2563 มีมูลค่าการส่งออกกว่า 2,331 ล้านบาท และคาดว่าปี 2564 มูลค่าการส่งออกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.6 ซึ่งจะสร้างรายได้กว่า 2,700 ล้านบาท

จากการที่ประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายเป็นศูนย์กลางพลาสติกชีวภาพ ซึ่งจากปัจจัยส่งเสริมทั้งด้านปริมาณวัตถุดิบที่มีจำนวนมาก และบริษัทในห่วงโซ่อุปทานพลาสติกชีวภาพที่มีอยู่แล้วกว่า 1,000 บริษัท เป็นปัจจัยส่งเสริมทางด้านของอุปทาน จะเห็นได้ว่าไทยในขั้นต้นน้ำ (การจัดหาวัตถุดิบ) ถึงกลางน้ำ (การเปลี่ยนจากวัตถุดิบเป็นเม็ดพลาสติกชีวภาพ) ถือว่าไทยทำได้ดี แต่ความน่าสนใจอยู่ที่จะทำการต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มได้อย่างไร เนื่องจากปัจจุบันพบว่ามีหลายบริษัทที่ผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อการส่งออกเพียงอย่างเดียว โดยเกือบทั้งหมดจะส่งออกไปที่ยุโรป เพื่อนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารและสินค้าที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง หากไทยสามารถสร้างห่วงโซ่อุปทานไปถึงปลายน้ำ (การแปรรูปจากเม็ดพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์) ซึ่งจากความสามารถทาง

เชิงกล และคุณสมบัติในการแปรรูป ของ PLA ที่สามารถนำไปใช้ได้ในหลากหลายรูปแบบ ก็จะเห็นได้ว่านี่จะเป็นช่องทางที่สามารถสร้างรายได้ให้ประเทศได้อย่างมหาศาล

หากพิจารณาในประเด็นโอกาสของไทย จะเห็นว่า ตามที่รัฐบาลได้กำหนด 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย เป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต ในหลายภาคอุตสาหกรรมสามารถนำพลาสติกชีวภาพไปใช้เพื่อตอบโจทย์เทรนด์ในการรักษ์โลกได้ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Next-generation Automotive) และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (Smart Electronics) ที่หลายบริษัทเริ่มเปลี่ยนมาใช้พลาสติกชีวภาพ PLA เป็นวัตถุดิบในการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร (Food for the Future) ผ่านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มด้วยพลาสติกชีวภาพสำหรับอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากมีแนวโน้มว่าในอนาคตบางประเทศจะมีมาตรการงดใช้หรือห้ามนำเข้าพลาสติกจากปิโตรเคมีสำหรับอาหารและเครื่องดื่ม รวมถึงอุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร (Medical Hub) ที่ไทยต้องการผลิตยา และอุปกรณ์การแพทย์ ซึ่ง PLA ก็สามารถตอบโจทย์ในอุตสาหกรรมนี้ได้ด้วย

ในส่วนความท้าทายของไทย นั้น ในปัจจุบันเม็ดพลาสติก PLA ไม่ค่อยถูกต่อยอดเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในไทย อาจเป็นผลมาจากความต้องการในประเทศอาจจะยังไม่มากพอ และเทคโนโลยีในการต่อยอดสู่การใช้งานในระดับสูงนั้นอาจต้องการบริษัทจากต่างประเทศที่มีเทคโนโลยีมาลงทุน หรือการสร้างความร่วมมือระหว่างบริษัทหรือสถาบันการวิจัย ซึ่งจากการศึกษาบริษัทต่าง ๆ ในยุโรปจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ากลยุทธ์ในการสร้างความแข็งแกร่งในการผลิตหรือต่อยอดความแข็งแกร่งของพลาสติกชีวภาพ ส่วนมากมาจากการสร้างความร่วมมือในการพัฒนาเทคโนโลยี หรือการร่วมลงทุนเพื่อเชื่อมต่อห่วงโซ่อุปทานการผลิต

ดังนั้น เพื่อส่งเสริมเป้าหมายการเป็นศูนย์กลางพลาสติกชีวภาพของประเทศไทย ทางสำนักงานฯ เห็นว่าควรมีการส่งเสริมหรือสนับสนุนให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างบริษัทที่มีเทคโนโลยีไม่ว่าจะเป็นการผลิตหรือการใช้พลาสติกชีวภาพเพื่อต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ กับบริษัทของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการเป็นพันธมิตรร่วมกัน โดยหากบริษัทต่างประเทศเป็นบริษัทขนาดใหญ่ อาจมุ่งเน้นเป็นการส่งเสริมให้เข้ามาลงทุนในไทย แต่หากเป็นบริษัทที่มีขนาดเล็กหรือขนาดกลางที่ยังไม่สามารถมาลงทุน อาจเป็นการสร้างความร่วมมือเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีร่วมกัน โดยใช้วัตถุดิบและบริบทของไทยเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนา

.....

ภาคผนวกที่ 1

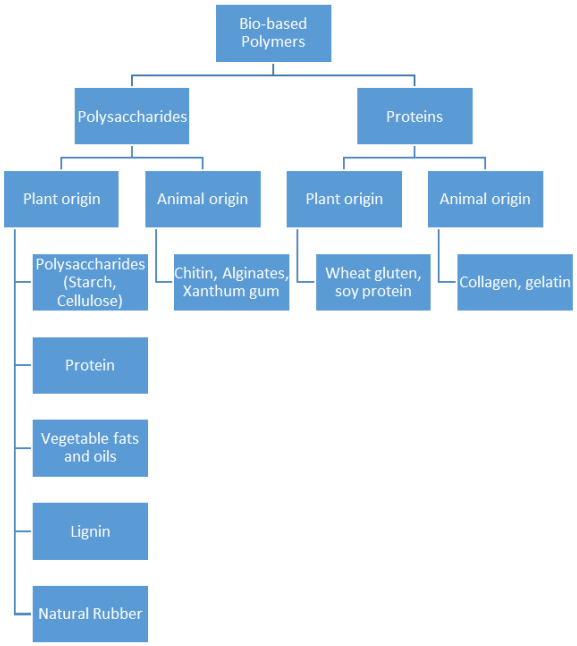
ในภาคผนวกที่ 1 เป็นการอธิบายถึงข้อมูลพื้นฐานต่างๆ สำหรับผู้ที่สนใจข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้เข้าใจถึงความเป็นมาของพลาสติก ความแตกต่างของประเภทพลาสติกต่าง ๆ ว่าประเภทใดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง (หัวข้อที่ 1) และสิ่งที่เรียกว่าพลาสติกชีวภาพที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายนั้น มีรูปแบบใดบ้าง (หัวข้อที่ 2) รวมทั้งกล่าวถึงวัตถุดิบใดบ้างที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ (หัวข้อที่ 3) และกล่าวไปถึงการใช้งานที่จะถูกแบ่งออกเป็นการใช้งานในรูปแบบปัจจุบันและในรูปแบบใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต (หัวข้อที่ 4) และหลังจากใช้งานเรียบร้อยแล้วจะจัดการหลังหมดอายุใช้งานได้อย่างไรบ้าง (หัวข้อที่ 5) รวมไปถึงมาตรฐานและการรับรองต่าง ๆ ของพลาสติกชีวภาพว่ามีมาตรฐานใดบ้างที่รองรับ (หัวข้อที่ 6) ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่อ้างอิงและแปลมาจากเว็บไซต์ http://www.bioplastics.guide/

1. ภาพรวมแหล่งที่มาของพอลิเมอร์ (พลาสติก)

พอลิเมอร์ (อังกฤษ: polymer) มาจากรากศัพท์กรีกสำคัญ 2 คำ คือ *Poly* (จำนวนมาก) และ *Meros* (ส่วน หรือ หน่วย) พอลิเมอร์เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) พอลิเมอร์จะประกอบไปด้วยหน่วยซ้ำกันของโมโนเมอร์ (Monomer) หลาย ๆ หน่วยมาทำปฏิกิริยากัน โดยหากแบ่งตามแหล่งวัตถุดิบจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Bio-based Polymers และ Fossil-based Polymers

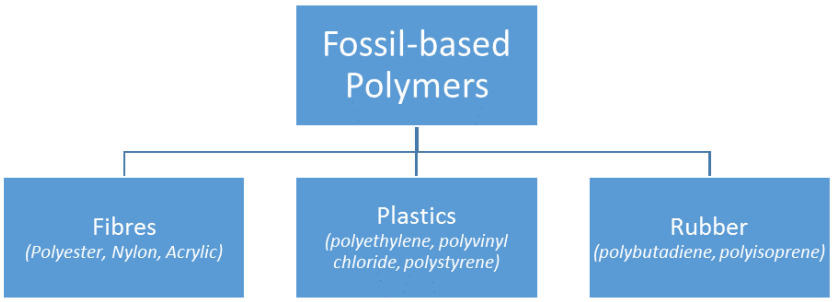
1.1 Bio-based Polymers พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ มีต้นกำเนิดมาจากพืชและสัตว์ ตัวอย่าง เช่น แป้ง (starch) เซลลูโลส โปรตีนหรือลิกนินที่มีหน้าที่เป็นโครงสร้างของพืชหรือสัตว์

การจำแนกประเภทของ Bio-based Polymers เป็นไปตามรูปด้านล่างนี้



โดยส่วนใหญ่ที่รู้จักและนิยมใช้กัน คือ Polysaccharides ซึ่งใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ ส่วนใหญ่จะมาจากพืชประกอบด้วยแป้งและเซลลูโลส โดย Biobased polymers จาก polysaccharides จะถูกนำไปใช้ ดังนี้ Starch based (Thermoplastic Starch), Cellulose based (Cellophane, Cellulose acetates), พลาสติก PLA

1.2 Fossil-based polymers – พอลิเมอร์ที่ผลิตได้จากในห้องปฏิบัติการ ถือเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ หรือพอลิเมอร์ที่มนุษย์สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น พลาสติก (polythene) เส้นใยสังเคราะห์ (nylon 6, 6) และยางสังเคราะห์ (Buna - S) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม การจำแนกประเภทของพอลิเมอร์สังเคราะห์ จึงแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังแสดงในรูปด้านล่าง



ในแวดวงอุตสาหกรรม วิศวกรรมและเทคโนโลยี จะมักจำแนกพอลิเมอร์เป็นประเภทต่างๆ ตามคุณสมบัติดังนี้

- **Thermoplastics** คือวัสดุที่สามารถทำให้นิ่ม (หลอม) ได้ด้วยความร้อนและขึ้นรูปใหม่ (reformed หรือ molded) เป็นรูปร่างอื่น ในทางเทคนิค thermoplastics เป็นวัสดุที่เราเรียกว่าพลาสติก ตัวอย่างที่คุ้นเคย ได้แก่ polyethylene และ nylon
- **Thermosetting plastics** เป็นวัสดุที่หลอมละลายในขั้นต้น แต่เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะแข็งตัวอย่างถาวร ไม่สามารถทำให้นิ่มและขึ้นรูปใหม่ได้ ตัวอย่างของ thermosetting plastic ชนิดหนึ่งได้แก่ ฟีนอลิก (Bakelite)

นอกจากนี้ ยังสามารถจำแนกประเภทเพิ่มเติมได้อีก ตามความสามารถในการย่อยสลายของพอลิเมอร์ ได้แก่ Non-biodegradable fossil-based polymer และ Biodegradable fossil-based polymer

1.2.1 Non–biodegradable fossil-based polymers หมายถึง พอลิเมอร์ที่ไม่สลายไปสู่สภาพที่เป็นธรรมชาติและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเวลาผ่านไปโดยกระบวนการทางชีวภาพ พลาสติกส่วนใหญ่จะเป็นพวก non-biodegradable เนื่องจากมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีต้นทุนต่ำ มีความคล่องตัวและความทนทาน ความทนทานนี้บางส่วนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่พลาสติกไม่ใช่เป้าหมายของแบคทีเรีย เพราะมันไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ อย่างไรก็ตามพลาสติกสามารถถูกทำให้ biodegradable ได้โดยการเติมสารเคมีบางชนิดที่สลายโครงสร้างของพอลิเมอร์

พลาสติกที่ทำมาจากฟอสซิล (Fossil-based plastics) ได้แก่

Code & Symbol	ชื่อ	คุณสมบัติ	การใช้งาน
	Polyethylene Terephthalate (PET or PETE)	Clarity, strength/toughness, barrier to gas and moisture, resistance to heat	Plastic soft drink and water bottles, beer bottles, mouthwash bottles, peanut butter and salad dressing containers, ovenable film, ovenable pre-prepared food trays.
	High Density Polyethylene (HDPE)	Stiffness, strength / toughness, resistance to chemicals and moisture permeability to gas, ease of processing and forming.	Milk, water, juice, cosmetic, shampoo, dish and laundry detergent bottles; trash and retail bags, yogurt and margarine tubs, cereal box liners.
	Polyvinyl Chloride (V or Vinyl or PVC)	Versatility, ease of blending, strength / toughness, resistance to grease/oil, resistance to chemicals, clarity.	Toys, clear food and non-food packaging, shampoo bottles, medical tubing, wire and cable insulation, film and sheet; construction products such as pipes, fittings, siding, flooring, carpet backing, window frames.
	Low Density Polyethylene (LDPE)	Ease of processing, barrier to moisture, strength / toughness, flexibility, ease of sealing.	Dry cleaning, bread, and frozen food bags; squeezable bottles (i.e., honey, mustard).
	Polypropylene (PP)	Strength/toughness, resistance to chemicals, resistance to heat, barrier to moisture, versatility, resistance to grease/oil.	Ketchup bottles, yogurt containers and margarine tubs, medicine bottles.
	Polystyrene (PS)	Versatility, insulation, clarity, easily foamed (“styrofoam”).	Compact disc cases, foodservice applications, grocery store meat trays, egg cartons, aspirin bottles, cups, plates, cutlery.
	อื่นๆ	Nylon (PA) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polycarbonate (PC) Layered or multi-material mixed polymers	Custom products, bottles, plastic lumber

จากประเภทพลาสติกข้างต้น จะมีอยู่ช่วงหนึ่งที่มีกระแสรักษ์โลกที่ต้องการให้พลาสติกแบบดั้งเดิมเร่งเวลาในการสลายตัว จึงทำให้ทั่วโลกได้รู้จักกับประเภทพลาสติกใหม่ที่ชื่อว่า "Oxo-biodegradable" และ "Enzyme mediated plastics" ซึ่งที่จริงแล้วพลาสติกสองประเภทนี้ ทำมาจาก fossil based polymers เช่น polyethylene (PE) polypropylene (PP) polystyrene (PS) และ polyethylene terephthalate (PET) และรวมกับสารเติมแต่งเฉพาะเพื่อล้อคุณสมบัติให้เป็นเหมือนพลาสติกชีวภาพ ในแง่ของการจัดการเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน เช่น biodegradation อย่างไรก็ตาม สารเติมแต่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการแตกตัวของพลาสติกเท่านั้น แต่จะไม่ทำให้เกิดการย่อยสลาย ซึ่งส่งผลให้มีชิ้นส่วนพลาสติกขนาดเล็กจำนวนมากตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม พลาสติกเหล่านี้ จึงถูกจัดว่า***ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานที่ยอมรับในอุตสาหกรรมเช่น ASTM D6400, ASTM D6868 หรือ EN 13432***

ความแตกต่างระหว่าง **"Oxo-biodegradable" และ "Enzyme mediated plastics"**

- ***Oxo-biodegradable***

• พลาสติกประเภทนี้มีพื้นฐานมาจากพลาสติกทั่วไป เช่น polyethylene (PE) polypropylene (PP) polystyrene (PS) และ polyethylene terephthalate (PET) ที่มีการเติมสารบางชนิดเข้าไปเพื่อให้พลาสติกย่อยสลายเริ่มต้นโดยออกซิเจนและเร่งปฏิกิริยาโดยแสงและ/หรือความร้อน

• สารเติมแต่งที่ใช้มักเป็นเกลือโลหะของกรดคาร์บอกซิลิก หรือ dithiocarbamates ที่มีส่วนผสมของโคบอลต์ (Co) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) หรือนิกเกิล (Ni) โดยโคบอลต์ถูกใช้มากในผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ สำหรับแมงกานีสหรือนิกเกิลใช้ในฟิล์มคลุมหญ้า (mulch film) โลหะอื่น ๆ เช่น ซีเรียม (Ce) ได้รับรายงานว่ามีฤทธิ์ในการออกซิเดชั่นที่รุนแรงด้วย

- ***Enzyme-mediated plastics***

• พลาสติกในลักษณะเดียวกับ oxo-degradable plastics นำไปเสริมแต่งด้วยสารอินทรีย์ เพื่อสามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ ("enzyme-mediated degradable" plastics)

• กระบวนการย่อยสลายถูกอ้างว่าไม่ได้เกิดจากความร้อน แสง UV ความเครียดเชิงกล หรือออกซิเจน แต่เกิดจากจุลินทรีย์ อ้างอิงตามผู้ผลิตสารเติมแต่ง "ที่ย่อยสลายได้โดยใช้เอนไซม์" ระบุว่าสารเติมแต่งอินทรีย์ ร่วมกับสารพาหะ (ในกรณีส่วนใหญ่คือ ethylene vinyl acetate) จะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ โดยกรดและเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจะย่อยสลายพลาสติกให้เป็นวัสดุที่จุลินทรีย์ใช้ได้

1.2.2 Biodegradable fossil-based polymers หมายถึง พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ มีโครงสร้างทางเคมีที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ แม้ว่าจะไม่ได้ผลิตมาจากทรัพยากรหมุนเวียนก็ตาม ตารางข้างล่างจะแสดงถึงพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ พร้อมคุณสมบัติ และการใช้งาน

ชื่อ	คุณสมบัติ	สามารถนำไปใช้ทดแทน	การใช้งาน
Polybutyrate adipate terephthalate (PBAT)	PBAT เป็นที่รู้จักกันดีว่ามีความยืดหยุ่นและเหนียวซึ่งทำให้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้ร่วมกับ biodegradable polymers อื่น ๆ ที่มีโมดูลัสและความแข็งแรงสูง แต่มีความเปราะมาก	LDPE, HDPE	Garbage bags Wrapping films Disposable plastic products (lunch boxes, dishes, cups, etc.,)
Polybutylene succinate (PBS)	Good oxygen barrier	Polypropylene	Films, bags, หรือ boxes, สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางค์
Polycaprolactone (PCL)	Good water, oil, solvent and chlorine resistance	-	การผลิต speciality polyurethanes
Polyvinyl alcohol (PVOH, PVA)	Water-solubility	-	Papermaking, textiles, and a variety of coatings

2. พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) คืออะไร

พลาสติกชีวภาพ คือ พลาสติกที่ผลิตขึ้นบางส่วนหรือทั้งหมดจากพอลิเมอร์ที่ได้จากแหล่งทางชีวภาพ เช่น อ้อย แป้งมันฝรั่ง หรือเซลลูโลสจากต้นไม้และฟาง พลาสติกชีวภาพบางชนิดย่อยสลายได้ในที่โล่ง บางชนิดถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เป็นปุ๋ยหมักในโรงงานหมักแบบอุตสาหกรรม โดยได้รับความช่วยเหลือจากเชื้อรา แบคทีเรียและเอนไซม์ ในขณะที่บางชนิดเลียนแบบความแข็งแรงและความทนทานของพลาสติกทั่วไปได้ เช่น polyethylene หรือ PET

2.1 การจำแนกประเภทของพลาสติกชีวภาพ

พลาสติกชีวภาพสามารถถูกจำแนกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

2.1.1) จำแนกตามคุณสมบัติ biodegradability

พลาสติกโดยทั่วไปประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เป็นต้น หากแหล่งที่มาของคาร์บอนทั้งหมดหรือบางส่วนมาจากปิโตรเคมี แสดงว่าพลาสติกนั้นไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

ตารางพลาสติกชีวภาพที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (biodegradable bioplastics)

Biopolymer	**Feedstock**	**วัตถุดิบ**	**คุณสมบัติ**	**ใช้ทดแทน**
Starch-based	Corn, potato, wheat, tapioca	Starch	Low water vapor barrier Poor mechanical properties Bad processability Brittleness	Polystyrene (PS)
Cellulose-based	Wood pulp	Cellulose	Low water vapour barrier Poor mechanical properties Bad processability Brittleness	Polypropylene (PP)
Polyhydroxyalkanoates (PHA) and (PHB)	Corn, potatoes, maize, tapioca, vegetable oils	Starch	**PHAs** – ranging from stiff, brittle to semi rubber-like **PHB -** better oxygen barrier properties than both PP and PET, **-** better water vapour barrier properties than PP, **-** fat and odor barrier properties that are sufficient for use in food packaging	Polypropylene (PP) Polyethylene (PE)
Polylactic acid (PLA)	Corn (Major), sugar beet, potatoes, wheat, maize, tapioca	Lactic acid	High tensile strength and modulus. However, its brittleness and low crystallinity led to low thermal stability and limited applications.	Low-density and high-density Polyethylene (LDPE and HDPE) Polystyrene (PS) Polyethylene terephthalate (PET) Polypropylene (PP)

ตารางพลาสติกชีวภาพที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (non-biodegradable bioplastics)

Biopolymer	**Feedstock**	**วัตถุดิบ**	**Processing**	**การใช้งาน**
Bio-based Polyethylene terephthalate (PET)	Sugarcane	Sugar	·Fermented and distilled to ethanol · Monoethylene glycol (MEG) from bio-ethanol · MEG is combined with purified terephthalic acid (PTA)	PlantBottle by Coke, Bottles.
Bio-based Polyethylene (PE)	Sugarcane	Sugar	· Fermented and distilled to ethanol · Dehydrated to ethylene · Polymerisation	Carry bags, films and bottles
Bio-polycarbonate	Corn	Isosorbide	· Hydrogenation of glucose to produce sorbitol · Isosorbide is obtained from double dehydration of sorbitol	A substitute for high-performance glass components, electronic equipment, automotive housings, interior and exterior decor
Bio-Polyamide (PA 4,10/ PA 6,10)	Castor Oil	Sebacic acid	The dicarboxylic acid (sebacic acid) part of polyamide is produced from renewable resource (castor oil)	Electronics, Automotives, Sports

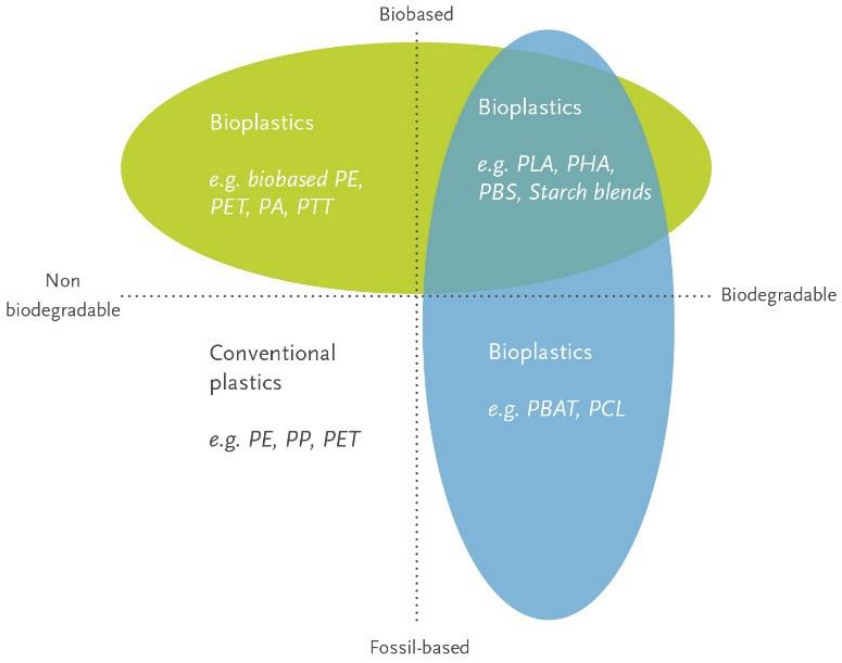
แต่หากพิจารณาโดยใช้หลักการการวัตถุดิบในการผลิตและการย่อยสลายทางชีวภาพเป็นสองปัจจัยหลักจะสามารถแบ่งพลาสติกชีวภาพออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

1. **กลุ่ม biobased** (ที่ทำมาจากชีวมวล 100% หรือบางส่วน) ที่เป็น non-biodegradable (ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ) เช่น PE, PP หรือ PET (หรือที่เรียกว่า drop-ins*) และ bio-based technical performance polymers เช่น PTT หรือ TPC-ET;
   (Drop-in plastics คือ วัสดุที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ ผลิตมาจากวัตถุดิบหมุนเวียน (renewable raw materials) ที่มีคุณสมบัติทางเทคนิคเหมือนกับพลาสติกที่ผลิตมาจากฟอสซิล โดย drop-ins plastics

ได้แก่ พลาสติกโภคภัณฑ์กลุ่ม biobased (ที่ทำมาจากชีวมวล 100% หรือบางส่วน) ที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ เช่น Bio-PE, Bio-PET, หรือ Bio-PP ในขณะที่ non Drop-ins จะหมายถึงวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือไม่ก็ได้ แต่ไม่มีคุณสมบัติทางเทคนิคเหมือนกับพลาสติกที่ผลิตมาจากฟอสซิล พวก non Drop-ins ได้แก่ PLA, PHA, Bio-PA เป็นต้น)

2. **กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็น bio-based และ biodegradable** เช่น PLA และ PHA หรือ PBS;
3. **กลุ่มที่ผลิตมาจากฟอสซิลและ biodegradable** เช่น PBAT

จากภาพเป็นการแสดงสรุปแผนภาพถึงการจัดกลุ่มของพลาสติกชีวภาพ ตามคุณสมบัติ ดังนี้



ที่มา : Material coordinate system of bioplastics

2.1.2) จำแนกตาม degree of substitution

- Drop-ins เป็นวัสดุที่ non-biodegradable ผลิตจากวัตถุดิบหมุนเวียนที่มีคุณสมบัติทางเทคนิคเหมือนกันพลาสติกที่มาจากฟอสซิล เป็นพลาสติกที่ (partly) biobased, non-biodegradable เช่น Bio-PE, Bio-PET หรือ Bio-PP

- Non Drop-ins คือวัสดุที่ biodegradable หรือไม่ก็ได้ แต่ไม่มีคุณสมบัติทางเทคนิคเหมือนกันพลาสติกที่มาจากฟอสซิล พวกนี้ได้แก่ PLA, PHA, Bio-PA เป็นต้น

Bioplastics	**Biodegradable**	**Non-biodegradable**
Drop-ins	None	Bio-PET, Bio-PE, Bio-PP
Non Drop-ins	PLA, PHA, Starch & Cellulose based	Bio-based Polyamide, Bio-Polycarbonate

3. วัตถุดิบสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ

ในการผลิต bio-based plastics นั้น มีตัวเลือกวัตถุดิบมากมาย โดยในปัจจุบันส่วนใหญ่มาจาก น้ำตาล แป้ง พืชน้ำมัน ซึ่งเราเรียกว่าวัตถุดิบรุ่นแรก (first generation feedstock) เนื่องจากการแข่งขันที่อาจเกิดขึ้นกับการใช้ในการผลิตอาหารและอาหารสัตว์ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการใช้วัตถุดิบลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose feedstock) โดยการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่หมักได้ (fermentable sugar) ดังนั้น เราสามารถแบ่งประเภทของวัตถุดิบได้ดังนี้ -

3.1 First generation – พืชที่อุดมด้วยคาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าวโพดหรืออ้อย ที่สามารถใช้เป็นอาหารหรืออาหารสัตว์ซึ่งเราเรียกว่า พืชอาหาร (food crops) หรือวัตถุดิบรุ่นที่ 1 (first generation feedstock) ซึ่งในปัจจุบันถือว่า วัตถุดิบรุ่นที่ 1 เป็นวัตถุดิบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ เนื่องจาก มีความต้องการในการใช้พื้นที่น้อยที่สุดในการเพาะปลูกและให้ผลผลิตสูงสุด วัตถุดิบประเภทนี้ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวสาลี (wheat) อ้อย มันฝรั่ง sugar beet ข้าว และพืชน้ำมัน (plant oil)

3.2 Second generation – หมายถึงวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นอาหารหรืออาหารสัตว์ อาจเป็นได้ทั้ง non-food crops (เช่น เซลลูโลส) หรือวัสดุเหลือใช้จากวัตถุดิบรุ่นที่ 1 (เช่น น้ำมันพืชเหลือทิ้ง) วัตถุดิบประเภทนี้ได้แก่ ไม้ พืชหมุนเวียนสั้น (เช่น Poplar, Willow หรือ Miscanthus) ฟางข้าวสาลี (Wheat straw) ชานอ้อย (Bagasse) ซังข้าวโพด (Corncobs) ทะลายปาล์ม (Palmfruit bunches) หญ้าสวิตช์กราส (switchgrass)

3.3 Third generation – ปัจจุบัน วัตถุดิบรุ่นที่ 3 มีความเกี่ยวข้องกับ biomass จากสาหร่ายซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าวัตถุดิบรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบกลุ่มนี้ยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับพลาสติกชีวภาพที่มาจาก CO_2 หรือก๊าซมีเทน

4. พลาสติกชีวภาพและการใช้งาน

ในการค้นหาทางเลือกของวัสดุใหม่ๆ เพื่อเป้าหมายของการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน พลาสติกชีวภาพถือว่ามีศักยภาพหลายประการ ความก้าวหน้าในวิธีการผลิตทำให้สามารถผลิตพลาสติกชีวภาพที่สามารถควบคุมคุณสมบัติทางกายภาพได้ ทำให้สามารถผลิตออกมาและใช้เลียนแบบพลาสติกที่ผลิตแบบดั้งเดิมจากฟอสซิลได้ นอกจากนี้ คุณสมบัติของพลาสติกชีวภาพบางชนิดทำให้สามารถนำไปใช้งานในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกด้วย

พลาสติกชีวภาพยังสามารถแปรรูปได้ในลักษณะเดียวกันกับพลาสติกปิโตรเคมี เช่น การฉีดขึ้นรูป (injection molding) การอัดขึ้นรูป (extrusion) และ thermoforming ในการปรับปรุงความต้านทานแรงดึง สามารถเอา bioplastic polymers ไปผสมกับ co-polymers หรือพอลิเมอร์อื่น ๆ ได้

4.1 การใช้งานพลาสติกชีวภาพในปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์ที่ Biodegradable และมีอายุการใช้งานสั้น

- บรรจุภัณฑ์
- ถุงช้อปปิ้ง
- ถุงเก็บขยะที่หมักได้
- ถาดและกล่องลรรจุ (punnet) สำหรับผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และไข่
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเลี้ยงแบบใช้แล้วทิ้ง
- การใช้งานทางการแพทย์
- Implant ในการรักษากระดูก เช่น สกรู หมุด หรือแผ่น
- วัสดุสำหรับยาและแคปซูล
- ฟิล์มคลุมหญ้า (Mulch films)

ผลิตภัณฑ์ที่ Non-Biodegradable และคงทนแข็งแรง

- อุปกรณ์ตกแต่งภายในยานยนต์ เช่น ที่นั่ง ที่พิงศีรษะหรือที่วางแขน
- เคสโทรศัพท์มือถือ

4.2 การใช้งานพลาสติกชีวภาพในรูปแบบใหม่ๆ (Emerging end-use segments)

- 3D printing
- Metalized Biaxial oriented -PLA films สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร
- ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก – ของเล่น และ ยางกัด (Teethers)
- Modified PLA สำหรับการใช้งานที่ทนทาน – การตกแต่งภายในและชิ้นส่วนยานยนต์ใต้ฝากระโปรง
- ทางการแพทย์

5. การจัดการพลาสติกชีวภาพหลังหมดอายุการใช้งาน

เป้าหมายโดยรวมสำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพเมื่อสิ้นสุดการใช้งานตามวัตถุประสงค์เดิม คือ การหมุนเวียนผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งตามลำดับขั้นของการจัดการเมื่อสิ้นสุดอายุผลิตภัณฑ์ คือ ลดการใช้ ใช้ซ้ำ รีไซเคิล การทำปุ๋ยหมัก ทั้งนี้ ทางเลือกในการจัดการกับพลาสติกชีวภาพหลังสิ้นสุดอายุการใช้งาน ได้แก่ การรีไซเคิล การกู้คืนพลังงานทดแทน (การเผา) ปุ๋ยหมัก/ biodegradation การย่อยอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) และการกู้คืนวัตถุดิบ (Feedstock recovery)

5.1 Recycling - พลาสติกชีวภาพสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่จำเป็นต้องรีไซเคิลในกระบวนการที่แยกออกมา หากวัสดุที่ย่อยสลายได้ถูกนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกแบบเดิมและย่อยสลายอย่างเต็มที่ในกระบวนการรีไซเคิล ก็อาจทำให้ลักษณะและคุณสมบัติของพลาสติกแบบเดิมที่ผสมอยู่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ หากไม่สามารถย่อยสลายได้เต็มที่ ก็อาจจะยังคงเกิดการย่อยสลายต่อไปในผลิตภัณฑ์รีไซเคิลขั้นสุดท้าย ซึ่งจะนำไปสู่

ความล้มเหลวของการใช้งานก่อนเวลาอันควร แม้ว่าเทคโนโลยีการคัดแยกพลาสติกชีวภาพจากพลาสติกทั่วไปจะมีอยู่แล้ว แต่ก็ยังอยู่ในช่วงตั้งไข่ และอาจจะมีความเป็นไปได้มากขึ้นในเร็ว ๆ นี้ เนื่องด้วยปริมาณการค้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการลงทุนที่จำเป็นได้

5.2 Renewable energy recovery (incineration) - การกู้คืนพลังงานจากพลาสติกเป็นแนวทางปฏิบัติทั่วโลกเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากพลาสติกมีปริมาณสูง พลาสติกที่ Biodegradable ทำมาจากทรัพยากรหมุนเวียน เช่น PLA โดยทั่วไปประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน โดยเฉพาะไม่มีอะตอมของคลอรีน พอไม่มีอะตอมของคลอรีนจึงไม่สร้างไดออกซินระหว่างการเผา โดยปกติแล้ว พลาสติกชีวภาพจะไม่มีองค์ประกอบของสารเติมแต่งโลหะหนัก ดังนั้นโดยทั่วไปสามารถเผาได้อย่างปลอดภัยโดยไม่มีอันตรายจากการปล่อยไดออกซิน หรือโลหะหนัก อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก biodegradability เป็นแรงจูงใจหลักของการใช้พลาสติกชีวภาพ ดังนั้น energy recovery จึงเป็นทางเลือกสุดท้ายของการจัดการพลาสติกชีวภาพที่สิ้นอายุการใช้งาน เนื่องจากยังมีทางเลือกอื่นๆ ที่น่าสนใจกว่า เช่น การรีไซเคิล การทำปุ๋ยหมัก และการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน

5.3 Feedstock recovery หรือ Chemical recycling – ในระหว่างการรีไซเคิล พลาสติกชีวภาพไม่เพียงแต่ถูกหลอมละลายและสามารถทำให้เป็นเม็ดได้อีกครั้งสำหรับการใช้งานใหม่ แต่ในบางกรณี สามารถย่อยสลายกลับไปเป็นองค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นได้ เช่น เราสามารถกู้คืนกรดแลคติกจาก PLA ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำ PLA resin ได้อีกครั้ง กระบวนการนี้ จึงเรียกอีกอย่างได้ว่า chemical recycling

5.4 Compost/Biodegradation – เราต้องมีความเข้าใจอย่างชัดเจนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองว่า biodegradable หรือ compostable นั้นแตกต่างกันอย่างไร ผลิตภัณฑ์ที่ compostable นั้นจะมีคุณสมบัติ biodegradable ด้วยเสมอ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ biodegradable นั้นไม่จำเป็นต้อง compostable เสมอไป

Compostable – ผลิตภัณฑ์ที่ compostable จะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในด้านเวลา สภาพแวดล้อม คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจำนวนมากได้รับการออกแบบให้ compostable อย่างไรก็ตามในหลาย ๆ กรณี compostability จะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการควบคุมอย่างเข้มงวดในโรงงานหมักปุ๋ยอุตสาหกรรมเท่านั้น

Biodegradable - Biodegradability สามารถวัดได้จากปริมาณ CO_2 ที่ผลิตในช่วงเวลาหนึ่งโดย biodegrading plastic มาตรฐานกำหนดว่าต้องมีการเปลี่ยน 60% ของคาร์บอนเป็น CO_2 ภายใน 180 วัน สำหรับเรซินที่ทำจากพอลิเมอร์เดี่ยว และ 90% ของคาร์บอนเป็น CO_2 สำหรับ co-polymers หรือพอลิเมอร์ผสม อย่างไรก็ตาม ไม่มีการกำหนดว่า จะต้อง “ไม่มีสารพิษตกค้าง” และไม่มีข้อกำหนดสำหรับเวลาที่ต้องใช้ในการย่อยสลายทางชีวภาพด้วย

5.5 การย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) – เป็นวิธีจัดการของเสียจำพวก biodegradable plastics ใน bio-gasifiers เพื่อเปลี่ยนของเสียให้เป็นก๊าซมีเทน ซึ่งถือเป็นวิธีที่ทำกันน้อยมากในปัจจุบัน การย่อยสลายพลาสติกชีวภาพในสภาวะไร้ออกซิเจน หากทำอย่างถูกต้องและทำร่วมไปกับของเสียที่มีคุณสมบัติ compostability จะนำไปสู่การจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. พลาสติกชีวภาพ – มาตรฐานและการรับรอง

เนื่องจาก เราไม่สามารถแยกความแตกต่างพลาสติกชีวภาพจากพลาสติกทั่วไปได้อย่างง่ายดาย จึงจำเป็นต้องมีกลไกในการรับรองคุณภาพและการติดฉลาก สิ่งนี้ทำได้โดยผ่านระบบมาตรฐานและการรับรอง

6.1 มาตรฐาน – มาตรฐาน คือชุดของข้อกำหนดที่ผลิตภัณฑ์ต้องปฏิบัติตามก่อนที่จะได้รับฉลาก หน่วยงานกำหนดมาตรฐานที่สำคัญและมาตรฐานสำหรับพลาสติกชีวภาพที่จะพิจารณาว่า ***compostable*** มีดังนี้

- ***ASTM – American Society for Testing and Materials (USA)***

  ASTM D6400 – นิยามของ compostable plastic ที่กำหนดโดย the standards association ASTM International (ASTM) คือ “พลาสติกที่ผ่านการย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพในระหว่างการหมักเพื่อให้ได้ CO_2 น้ำ สารประกอบอนินทรีย์ และชีวมวล ในอัตราที่สอดคล้องกับวัสดุที่ย่อยสลายได้ (compostable) อื่น ๆ และไม่ทิ้งสารตกค้างที่มองเห็น แยกแยะได้ หรือเป็นพิษ” (นั่นคือดูที่ Biodegrade + Disintegrate + Eco-toxicity)

- ***ISO – International Organization for Standardization (international)***

  ISO 17088:2012 – 4 ประเด็นต่อไปนี้ คือนัยยะของ compostability: a) biodegradation b) การแตกตัวระหว่าง composting c) ผลเชิงลบต่อกระบวนการหมักปุ๋ยและโรงงาน d) ผลเชิงลบต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ รวมถึงปริมาณของโลหะอันตรายและสารอันตรายอื่นๆ

- ***CEN – European Committee for Standardization (European Union)***

  อ้างอิง EN 13432 compostability standard

  - ✓ การทดสอบทางเคมี : การเปิดเผยองค์ประกอบทั้งหมดต้องปฏิบัติตามค่าเกณฑ์สำหรับโลหะหนัก
  - ✓ Biodegradability ในสภาวะการหมักที่ควบคุม (การใช้ออกซิเจน และการผลิต CO_2) : ต้องพิสูจน์ได้ว่า 90% ของสารอินทรีย์ถูกเปลี่ยนไปเป็น CO_2 ภายใน 6 เดือน
  - ✓ การแตกตัว : หลังจากการหมัก 3 เดือน และการร่อน (sifting) ผ่าน 2-mm sieve จะต้องมีเศษซากหลงเหลือที่ร่อนไม่ผ่าน ไม่เกิน 10% เมื่อเทียบกับมวลเริ่มต้น
  - ✓ การทดสอบเชิงปฏิบัติของ compostability ในโรงงานผลิตปุ๋ยหมักกึ่งอุตสาหกรรม (หรืออุตสาหกรรม): ไม่อนุญาตให้มีผลกระทบเชิงลบต่อกระบวนการหมักปุ๋ย
  - ✓ การทดสอบความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์: การตรวจสอบผลของปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (การทดสอบพืชไร่)

6.2 การรับรอง – ในยุโรป ใบรับรองอิสระสำหรับ biodegradable plastics นั้นออกโดย DIN Certco และ Vincotte

- DIN Certco ออกใบรับรองสำหรับ compostable plastics ตามมาตรฐาน EN 14995 (หรือ ISO 17088) และสำหรับ compostable packaging ตามมาตรฐาน EN 13432 (หรือ ASTM D6400)
- Vincotte ออกใบรับรองสำหรับ compostable plastics ตามมาตรฐาน EN 13432 ตลอดจนใบรับรองสำหรับพลาสติกที่สามารถหมักใน home composting (OK home composting) และพลาสติกที่ biodegrade ในดิน (OK biodegradable SOIL) และน้ำ (OK biodegradable WATER)
- ใบรับรองสำหรับ compostable plastics ยังออกโดย Biodegradable Products Institute (BPI, สหรัฐอเมริกา) และ Japan BioPlastics Association (JBPA, ญี่ปุ่น) รวมถึงองค์กรอื่น ๆ ที่เป็นที่รู้จักน้อยกว่านี้

ภาคผนวกที่ 2

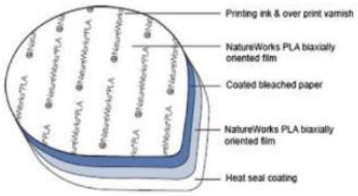
ภาคผนวกที่ 2 เป็นการนำแสดงรายละเอียดข้อมูลฉบับเต็มที่นำมาเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับบทที่ 3.1 รูปแบบการใช้ประโยชน์ของพลาสติกชีวภาพ PLA ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ คือ ในหัวข้อที่ 1 คือ ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) และภาคผนวกการใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications) (หัวข้อที่ 2) และภาคผนวกการใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications) ในหัวข้อที่ 3

1. ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications)

Application	Manufacturer/User (Product)	Description	Illustrations
Apparel	Mill Direct Apparel (jackets, caps, polo shirts), Codiceasbarre (shirts), Gattinoni (wedding dresses), Descente (sportswear), etc.	PLA fiber is used as a material for making garments. According to [1]; substitution of 10,000 polyester performance sports shirts with the usage of Ingeo™ can help to save fossil fuels equating to 540 gal gas/greenhouse gas emissions or 11,500 miles of driving a car. Apparel made of PLA has excellent wicking properties and has low moisture and odor retention. It is hypoallergenic, eliciting no skin irritation. For apparel, Ingeo™ can be blended with a maximum of 67% natural, cellulosic or man-made fiber to achieve a variety of properties.	
Bottles	Shiseido-Urara (shampoo bottles), Polenghi LAS (lemon juice bottles), Sant'Anna (mineral water bottles), etc.	PLA is known to be suitable for making bottles. Most of the PLA grades are suitable for application at or slightly above the room temperature. This is because PLA bottles tend to deform at temperatures of 50–60 °C [2], i.e., the glass transition temperature (T_g) of PLA. When the temperature reaches T_g, the amorphous chain mobility of the plastic starts to increase significantly. The PLA material, which is glassy and rigid at room temperature, gradually turns mobile and rubbery at T_g. However, PLA bottles have excellent gloss, transparency, and clarity—equal to polyethylene terephthalate (PET). The PLA also has exceptional flavor and aroma barrier properties. The substitution of 100,000 32-oz juice bottles can save fossil fuels equating to 1160 gal of greenhouse gases or a car traveling for 23,800 miles [3].	
Cups and food serviceware	Fabri-Kal (cold drink cups and lids), Coca-Cola (lining of paper hot cups), Avianca (in-flight cold drink cups), StalkMarket (cutlery sets), etc.	This is one of the most important applications of PLA. PLA is used for these applications in order to reduce the volume of nondegradable disposable food serviceware, such as cups, plates, utensils, and cutlery going to landfill. Conventionally, polystyrene and polypropylene have been widely used for making food serviceware due to their low cost, light weight, and acceptable properties. PLA is a good alternative; it has excellent gloss, clarity, printability, and rigidity. It has good barrier properties with grease, oil, and moisture, and has the flexibility to adapt with high production plastic technologies, such as injection molding and thermoforming. PLA is also suitable for coating or lining paper cups. The environmentally friendly characteristics of PLA means that it can help to save 5950 gal of gas/greenhouse gas emissions for every million of cups, forks, spoons, and knives, when substituting petrochemical polymers [4].	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

1. ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) (ต่อ)

Food packaging	Lindar (thermoform container), InnoWare Plastics (thermoform container), Carrefour Belgium (grocery bags), etc.	PLA is suitable to be used for light weight and transparent food packaging containers. It is highly glossy and can be easily printed—equal to the existing materials, such as polystyrene, polyethylene, and polyethylene terephthalate. Container lidding made from PLA is compostable and renewable; typical lidding applications include yogurt pots, sandwich containers, and fresh food trays for fruits, pastas, cheeses, and other delicatessen products. The design solution of compostable delicatessen lidding of NatureWorks® PLA is shown.  The advantages of this lidding design are: superior flavor and aroma barrier up to 47 °C, with strong resistance to most oils and fats in contact with food products [5]. The heating sealing can be done at temperatures as low as 80 °C with the heat seal strength >1.5 lb/in. PLA has good compatibility with many ink formulations with a natural surface energy of 38 dyne/cm^2. Additional treatment with both corona and flame can further enhance surface energy to over 50 dyne/cm^2. The conversion of 250,000 medium-sized deli containers to PLA can save 3000 gal of gas/greenhouse gas emissions progressively [6].	
Films	Frito-Lay (SunChip), Walmart (salad packaging), Naturally Iowa (EarthFirst® shrink sleeve label), etc.	PLA films are made for bakery goods, confectionery, salads, shrink wrap, envelope windows, laminated coatings, multilayer performance packaging, etc. PLA can be made into biaxially oriented plastic film for packaging bags. PLA plastic bags take a few months to fully degrade when buried in compost. The thickness of the film affects the rate of degradation and mass losses. PLA marketed by NatureWorks is specially made for processing using the blown film equipment for low-density polyethylene film. It can be also processed using the oriented polypropylene facility with minor modifications to setting. Every year, millions of plastic bags are disposed of, causing white pollution to the ground and water. The substitution of petroleum-based plastic bags for PLA bags can make significant environmental savings. The replacement of 20 million medium salad package bags can help to save fossil fuel equal to 29,200 gal of greenhouse gas emissions [7].	
Cards for transactions	Apple Store (iTunes), The Plastic Card Shop® (gift card), etc.	Transaction cards made of PLA are as durable as polyethylene, polyvinyl chloride (PVC), or polyethylene terephthalate. Most of the existing plastic cards are made for single use, such as gift cards or prepaid top-up cards. There are millions of regular hotel key cards, and loyalty and transaction cards produced every year. PLA cards have good adaptability to cope with security features and magnetic strips. They have durable characteristics and can be film-laminated. Water-based acrylic and solvent-based nitrocellulose and polyamide are the suitable inks for printing onto PLA cards. By converting 40 million plastic cards to PLA, this can make an environmental saving equivalent to 20,800 gal of gas/greenhouse gas emissions or a car traveling 691,700 miles [8].	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

1. ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) (ต่อ)

Rigid consumer goods	Bioserie (iPod and iPad covers), Henkel (correction roller and stationery), NEC (Nucycle desktop computer), Cargo (lipstick case)	PLA is widely used as the casing for electronic devices, cosmetics, and stationary. The rigid character of PLA can provide protection to enclosures for highly sensitive products, such as electronics and cosmetics. There are a few grades of PLA on the market specially designed for high-impact and heat-stable applications. PLA is readily coupled with fibers to form composites for extreme applications. Potential applications for PLA composite include computer casings with good stiffness. PLA is very important for electronics industry nowadays, because the development and turnover of electronic appliances is tremendous. A handheld device can become outdated because of embedded software in a single year. Every year, millions of mobile phone casings are disposed. Every 1,000,000 casings generate 6,400 gal of greenhouse gas emissions. Laptop cases, disposable razors, pens, cosmetic containers, etc. all put burden on landfill. Substitution of petrochemical-based plastics with PLA can reduce the volume of waste in landfill sites due to the biodegradability of PLA. Life cycle analysis demonstrates that a desktop computer with PLA content (~75% plant based) offers a significant carbon footprint reduction, lowering CO_2 emissions by around 50% compared to the petroleum-based polycarbonate/ABS blends.	
Home textiles	Eco-centric (cushion), Ahlstrom (tea bag), Natural Living® (mattress topper), etc.	PLA can be transformed into fiber to substitute existing PET products, such as fabrics. PLA in this form has equally good breathability and comfort. It has outstanding moisture management properties and good thermoregulating characteristics. PLA fabric is easy to care for quick drying and requires no ironing. In a comparison of PLA fiber with soy and bamboo fibers to determine the percentage of shrinkage after washing and tumble drying following the AATCC 135-2004 IIIA [9], PLA fiber showed a reduction of 2.2% in length after three washes, while soy and bamboo fibers reduced by 15.0% and 17.2 %, respectively [10]. Although bamboo, soy, and PLA are all biodegradable and agriculturally derived, PLA fiber tends to show superior properties.	
Nonwoven products	GroVia (diapers), Elements Naturals® (baby wipes), Renewable Fiber LLC (shopping bags), etc.	Many nonwoven products can be made from PLA instead of PET and polypropylene. Existing synthetic nonwoven products, such as diapers, baby wipes, sanitary pads, and shopping bags, require hundreds of years to degrade after landfill burial. PLA is favorable because it can be spun into fibers. It has low flammability, with a limiting oxygen index of 26, high resilience and excellent wicking. It has also been found that PLA fibers exhibit 20% and 45% higher extension than wool and cotton, respectively [11]. It has been shown in tests that PLA does not cause irritation to the mammalian body [12]. When 1 million diapers are converted from PET and polypropylene to PLA, it can help to save fossil fuel equivalent to 1,000 gal of gas/greenhouse gas emissions or driving a car for 12,800 miles.	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

1. ภาคผนวกการใช้งานในครัวเรือน (Domestic applications) (ต่อ)

Foam trays	Sealed Air (Cryovac® NatureTRAY food tray), Dyne-a-pak Inc. (Dyne-a-pak Nature™ meat foam tray), etc.	Foam trays are important in packaging, especially for fresh food. "Styrofoam" is the well-known foam tray made from polystyrene. This type of polystyrene is cheap but nondegradable. Recycling of foam trays is not a profitable business because the collection volume is large in order to rework it into a small amount of dense resin. The density of Styrofoam is 0.025 g/cm^3 compared to virgin polystyrene resin, which is 1.05 g/cm^3. This means that 42 foam trays are needed to revert to the original dense polystyrene. PLA is a good replacement because the disposed PLA foam tray can be composted easily without causing adverse effects to the environment. Moreover, the compostable nature of PLA provides enriching nutrients when buried in soil.	
Expanded foam	Foam Fabricator, Inc. (expandable foam for cushioning)	The technology was developed by Biopolymers Network, and the work received the "Best Innovations in Bioplastics Award" at the Annual European Bioplastics Conference. The technology relies on the application of an expansion agent of CO_2, which is a safer substance compared to expandable polystyrene using pentane as the expansion agent. The compostability of the expanded PLA foam provides an environmentally friendly solution to the electrical and electronics industry, which uses expanded foam as a cushioning material during shipping.	
Children's toys	Kik&Boo (soft toy filled with PLA fiber)	PLA can be used to make both rigid and soft toys for children. In one example, the fabric of the soft toy is produced from woven PLA fiber, while the soft toy is filled with PLA fiber padding. Both soft and rigid toys made of PLA are washable and hygienic. The production of PLA does not involve toxic petrochemicals; thus, it reduces the exposure of the children to toxins.	
Fashion products	Fashion Helmet (designer helmet), Rizieri (ladies shoes), etc.	Environmentally friendly PLA can be used to produce typical parts of the helmet. This is only limited by the artistic design; the outer part of the helmet is covered with PLA-calendered cloth. Similarly, the ladies fashion brand, Rizieri, of Milan, Italy, has created an innovation known as "Zero Impact," involving models of "handmade" products based on PLA or Ingeo® fabric. These products have all the delicacy of silk to the touch.	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

2. ภาคผนวกการใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications)

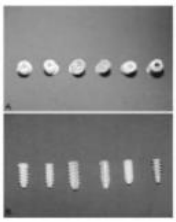
Application	Manufacturer/User (Product)	Description	Illustrations
Engineering materials	Singoshu (Lactboard® for draining plate)	Drainage material is used in construction ground works to reduce or eliminate hydrostatic pressure while improving the stability of the enclosed materials. PLA drainage material has good workability for soft ground with sufficient permeability and tensile strength. The favorable biodegradability of PLA enables the drainage material to return to nature safely. In other words, after the consolidation period, PLA can reduce the load on the surrounding environment and be detoxified. The PLA material can become impaired after completion of the shield for excavation and underground construction consolidation settlement.	
Automotives	Toyota (floor mat of Toyota Prius and spare tire cover), Toray (fiber for car mat), etc.	The automotive industry uses large quantities of plastics, especially polyethylene, polyvinyl chloride (PVC), and acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS), which are derived from nonrenewable petroleum sources. The levels of recycled plastics in use are as low as 30% (by weight); the remaining are virgin polymers. When the car is disposed of, the percentage of plastic recycled from it can be as low as 20%. This means that a large volume of automotive plastics eventually end up polluting the environment. PLA is an environmentally friendly material for automotive applications. This is particularly important for those parts that cannot be recycled, such as car mats and cushion fabrics. The rigidity of PLA is an advantage for external cover applications. Although PLA is biodegradable, the rate of degradation is low and requires high moisture conditions to initiate the hydrolysis process (the depolymerization reaction). The involvement of microorganisms takes part only after the depolymerization reaction transforms the material to low-molecular-weight oligomer lactate. Normally, this process takes time, and this exceeds the lifetime of the products.	
Building materials	LG Hausys (laminated flooring and wallpapers), Saint Maclou (carpets), Sommer Needlepunch (Eco2punch® carpets), etc.	Most PLA products in the construction industry are related to flooring. Products include carpet, laminated flooring materials, and wallpapers. PLA in this area is aimed at substituting PVC, which dominates as a building material. One of the problems of PVC is that its processing requires plasticizers, which increases flammability. Consequently, halogen flame retardants are added to achieve better fire resistance. In contrast, PLA is derived from agricultural sources, and involves less toxic substances during processing stage. Most of the building materials made of PLA can last well when well maintained. These PLA products can be disposed without causing serious pollution to the environment at the end of life.	
Electrical and electronics	Fujikura (conductor cable coating), Renesas (computer network device casing), ABB (socket casing), etc.	The usage of PLA in the electrical industry is still in the developing stage. PLA can be used as the coating agent for conductor wire. It can also be easily formed into rigid casing for socket and plug applications. Reference [13] compared PLA with polyethylene and polyvinyl chloride (PVC) and found that the resistivity of PLA ($4.3 \times 1017\ \Omega$cm) is higher than polyethylene ($>1016\ \Omega$cm) and PVC ($1011 - 1014\ \Omega$cm). The dielectric dissipation factor of the three polymers are PLA = 0.01%, polyethylene = 0.01%, and PVC = 0.10%. Generally, PLA has equally good electrical properties as other commodity polymers used in the electric and electronics industries. (See Table 3.3 for a comparison of PLA and PVC cable.)	

2. ภาคผนวกการใช้งานในด้านวิศวกรรมและการเกษตร (Engineering and Agricultural applications) (ต่อ)

Agricultural	FKuR Kunststoff GmbH (Bio-Flex mulch film), Desch Plantpak B.V. (D-Grade® Bio thermoformed flower pot, trays and packs), BASF (Ecoflex® mulch film)	The biodegradable characteristic of PLA is favorable in agricultural applications. This is because PLA can be well composted without leaving harmful residues in the soil. PLA mulch film can provide soil protection, weed management, fertilizer retention, etc. Over time, the mulch films slowly degrade and finally decompose when the crops reach the harvest period. This eliminates the need for farmers to collect and dispose the used mulch film. The composted PLA mulch film also provides soil nutrients. Flower pots made of PLA can be buried in soil and left there to degrade when the plant is ready to be planted in the ground.	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

3. ภาคผนวกการใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications)

Application	Manufacturer/User (Product)	Description	Illustrations
Surgical implants	Zimmer (Bio-Statak® suture anchor and bone cement plug), Ethicon (Vicryl suture and Vicryl mesh) and Sulzer (Sysorb® screw), etc.	PLA and its copolymer PLGA (polylactide-co-glycolide) are compatible with living tissue. However, this is limited to the L stereoisomer of PLA because mammalian bodies only produce an enzyme that breaks down this one. PLA and PLGA are used to fabricate screws, pins, scaffolds, etc., to provide a temporary structure for the growth of tissue, eventually breaking down after a certain period. The purpose of copolymerizing with comonomer glycolide is to control the rate of degradation through the modification of crystallization. Sometimes, L and D isomers of lactides are copolymerized for this purpose. Although poly(D-lactic acid) cannot be consumed by the body's enzymes prolonged exposure to body fluid tends to initiate hydrolysis, which eventually breaks down the macromolecules. Orthopedic surgery often uses PLA and copolymers to fabricate artificial bones and joints. PLA has been used to make surgical sutures for decades. In short, PLA is an important material for biomedical surgical applications.	
Drug carrier	Abbott (Lupron Depot® for palliative treatment of advanced prostate cancer), AstraZeneca UK Limited (Zoladex®, an injectable hormonal treatment for men with certain types of prostate cancer), Janssen Pharmaceuticals (Risperdal® Consta®, for treatment of schizophrenia and for the long-term treatment of bipolar I disorder), etc.	Most of the PLA drug carriers on the market are available in the copolymer form. This is due to the fact that high purity PLA possesses high crystallinity and takes a longer time to degrade while releasing active drugs. The majority of PLA drug carriers are copolymerized with different percentages of polyglycolic acid (PGA). Normally, such drug carriers slowly release the medication for long-term treatments. For instance, leuprolide acetate applied with a miscrosphere delivery system of PLA and PLGA is used for the treatment of cancer and fibroids. PLGA (polylactide-co-glycolide) can be used in the form of implants and gels with the therapeutics goserelin acetate and paclitaxel for the treatment of prostate/breast cancer, or other anticancer drugs.	

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

3. ภาคผนวกการใช้งานทางการแพทย์ (Biomedical applications)

โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมของการนำ PLA ไปผสมกับพอลิเมอร์อื่นๆ

Polymer	Area of Application	Products
Poly(lactide)	Orthopedic surgery, oral, and maxillofacial surgery	Takiron: Osteotrans™ MX, Fixsorb™ MX (screws, nails, pins) Gunze: Grandfix®, Neofix® (screws, nails, pins) Arthrex: Bio-Tenodesis® (interference screw), Bio-Corkscrew® (suture anchor) Conmed Linvatec: SmartScrew®, SmartNail®, SmartTack®, SmartPin® BioScrew® Stryker: Biosteon®, Biozip® (interference screw, anchor) Zimmer: Bio-Statak® (suture anchor), prostatic stent, suture anchor, bone cement plug Dermik Laboratories: Sculptra® (injectable facial restoration) Kensey Nash: EpiGuide®
Poly(D,L-lactide-co-glycolide) Poly (D,L-lactide-co-glycolide) 85/15 Poly(D,L-lactide-co-glycolide) 82/18 Poly(D,L-lactide-co-glycolide) 10/90	Sutures Drug delivery Oral and maxillofacial surgery General surgery Sutures, periodontal surgery, general surgery	USS Sport Medicine: Polysorb™ sutures Instrument Makar: Biologically Quiet™ (interference screw) Staple 85/15 Biomet: ALLthread™ LactoSorb®, screw, plates, mesh, surgical clip, pins, anchor Ethicon: Vicryl suture, Vicryl mesh
Poly(L-lactide-co-D,L-lactide) 98/2 Poly(L-lactide-co-D-lactide) 96/4 Poly(L-lactide-co-D,L-lactide) 50/50 Poly(L-lactide-co-D,L-lactide) 70/30 Poly(D-lactide-co-D,L-lactide-co-L-lactide)	Orthopedic surgery Oral and maxillofacial surgery	Phusiline® interference screw, Sage ConMed: Bio-Mini Revo® Sulzer: Sysorb® screw (50/50) Geistlich: ResorPin® 70/30 Kensey Nash: Drilac® Surgical dressing
Poly(D,L-lactide-co-caprolactone)	Nerve regeneration	Ascension Orthopedics: Neurolac® Polyganics: Vivosorb®

แหล่งที่มา : Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier

บรรณานุกรม

1. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับภาคผนวกที่ 1 The Bioplastics Strategy Expert - http://www.bioplastics.guide/
2. Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (Properties, Processing and Applications), William Andrew, imprint of Elsevier หน้า 56-66 และ หน้า 68-69 https://books.google.at/books?id=2ICjqmDWVQMC&printsec=copyright&hl=th&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false
3. European bioplastics https://www.european-bioplastics.org/
4. การคาดการณ์ความต้องการที่เพิ่มขึ้นโดยใช้การคำนวณของ Jem's Law อ้างอิงจากงานวิจัย The development and challenges of poly (lactic acid) and poly (glycolic acid) รวมทั้งการประมาณการณ์ปริมาณการผลิตพลาสติกชีวภาพ PLA ในตลาดโลก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542504820300026#bbib38
5. ห่วงโซ่อุปทานการผลิต PLA ในไทยของบริษัท Total Corbion PLA จาก Life Cycle Impact Assessment of Polylactic Acid (PLA) Produced from Sugarcane in Thailand https://link.springer.com/epdf/10.1007/s10924-019-01525-
6. 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย: กลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต https://thaipublica.org/2015/11/kanis-boi/
7. ผลิตภัณฑ์ EarthFirst® PLA sealant films https://www.interpack.com/vis/v1/en/exhibitors/interpack2020.2660120#vis__prodinfo_Kt0FoAiqRfSRao6Ennnpqg
8. กระทรวงอุตสาหกรรมคาดการณ์ตัวเลขการส่งออกเม็ดพลาสติกชีวภาพ (PLA) ของไทย ปี 2564 ขยายตัวเพิ่มขึ้น https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG210207205817288
9. ข้อมูลการส่งออก PLA ของประเทศต่างๆ http://www.boi.go.th/upload/content/BioplasticsBrochure.pdf
10. ข้อมูลของผู้เล่นในตลาดพลาสติกชีวภาพโลก https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bioplastics-market
11. ข้อมูลของผู้เล่นในตลาดพลาสติกชีวภาพ PLA ของโลก Bio-Polylactic Acid (PLA) Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecast (2021 - 2026) (mordorintelligence.com)

12. ข่าวการลงทุนใหม่และการขยายกำลังการผลิตพลาสติก PLA ในไทย (กรุงเทพธุรกิจ, 5 ต.ค. 2563) https://kmc.exim.go.th/detail/economy-news/20201008221746

13. ข้อมูลประกอบในเรื่องไทยมีศักยภาพที่จะเป็นศูนย์กลางการผลิตพลาสติกชีวภาพของอาเซียน https://www.ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/709405/709405.pdf&title=709405&cate=779&d=0

14. ไทยเดินหน้าครองตำแหน่งผู้ผลิตพลาสติกชีวภาพอันดับ 3 ของโลก http://sugar-asia.com/%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B3%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%87/

15. ข้อมูลการประกาศสร้างโรงงานผลิตพลาสติกชีวภาพ PLA ในยุโรป https://www.total-corbion.com/news/total-corbion-pla-announces-the-first-world-scale-pla-plant-in-europe/

.....