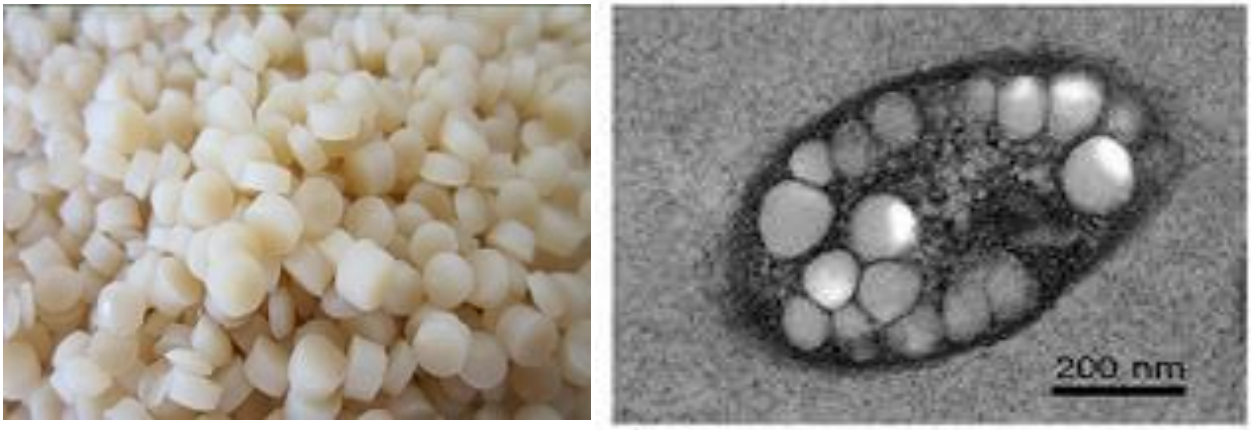
ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs

พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (Polyhydroxyalkanoates หรือ PHAs) จัดเป็นพอลิเอสเทอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable polymer) กล่าวคือ เป็นโพลีเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งโดยส่วนมากจะพบในสิ่งมีชีวิตจำพวกจุลินทรีย์ ที่สามารถสังเคราะห์สารโพลิเอสเทอร์ประเภท PHAs ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะสังเคราะห์ PHAs ไว้ภายในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำรองเมื่อเกิดภาวะขาดแคลนสารอาหาร จากการศึกษา พบว่า มีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถสังเคราะห์ PHAs ไว้ในเซลล์ปริมาณสูง เช่น แบคทีเรียแกรมบวกพวก *Bacillus megaterium*

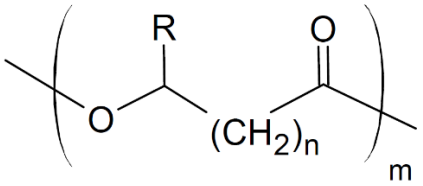
รูปที่ 1 เม็ดพลาสติก PHAs (ซ้าย) และเซลล์แบคทีเรียที่มีการสะสมเม็ด PHAs (ขวา)



ที่มา: www.lipidlibrary.aocs.org

พอลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอทที่สำคัญที่พบในปัจจุบันมี 3 ชนิด ได้แก่ โพลี(3-ไฮดรอกซีบิว-ทีเรต) (PHB) โพลีไฮดรอกซีวาเลอเรต (PHV) และ โพลีไฮดรอกซีเฮกซาโนเอท (PHH) โดยมีโครงสร้างทางเคมี ดัง***รูปที่ 2***

รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (Polyhydroxyalkanoates: PHAs)



PHB: R = $-CH_3$
PHV: R = $-CH_2-CH_3$
PHH: R = $-CH_2-CH_2-CH_3$

ที่มา: www.polymerdatabase.com

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกายภาพหลาย ๆ ประการแล้วพบว่า PHAs ที่เกิดขึ้นนี้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับ โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมจำพวกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) และพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) แต่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องความเปราะและความสามารถในการขึ้น

รูป[1]โดยจาก***รูปที่ 3*** พบว่า คุณสมบัติของโพลีเมอร์ปิโตรเลียมจำพวก Polypropylene และ Polyethylene มีความทนทานต่อแรงดึงที่มากกว่า และมีความยืดหยุ่นที่ดีเมื่อเทียบ PHB จึงนำไปใช้ประโยชน์ในการขึ้นรูปได้หลากหลายรูปแบบมากกว่า

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ PHB LDPE และ PP

Polymer	Melting Temperature T_m (°C)	Glass-Transition Temperature T_g (°C)	Young's Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation to Break (%)
PHB	180	4	3.5	40	5
P(3HB-*co*-20 mol%3HV)	145	−1	0.8	20	50
P(3HB-*co*-6 mol%3HA) *	133	−8	0.2	17	680
Polypropylene	176	−10	1.7	38	400
Low-density polyethylene	130	−30	0.2	10	620

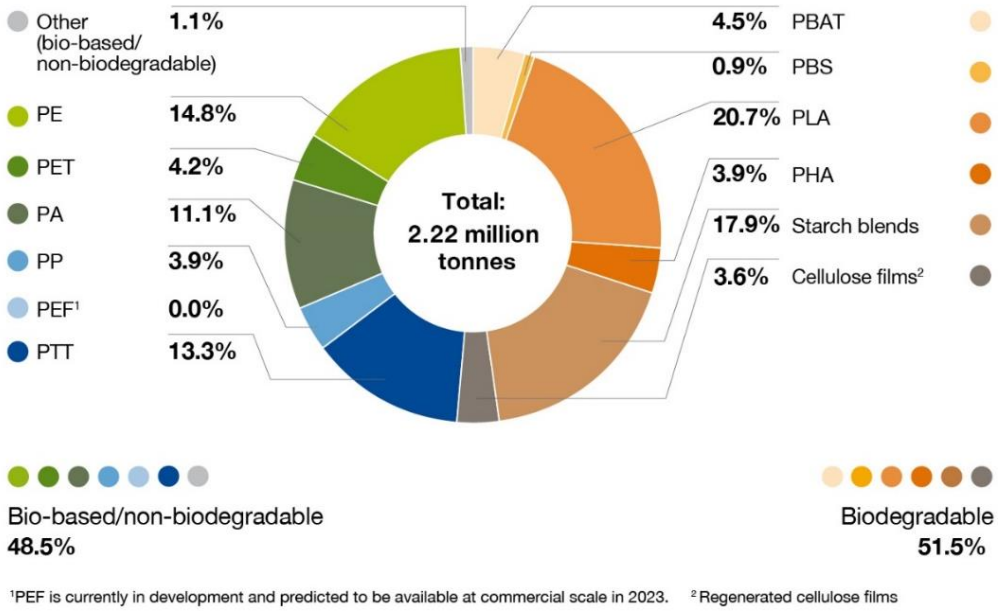
ที่มา: www. lipidlibrary.aocs.org

ด้วยคุณสมบัติที่ใกล้เคียงนี้ รวมถึงการมีข้อได้เปรียบสำคัญ 3 ประการ คือ ประการแรก เป็นวัสดุหมุนเวียนในธรรมชาติ (Renewable resources) คือ PHAs นั้นสามารถผลิตได้จากการหมักของจุลินทรีย์โดยใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันพืช น้ำตาล และแป้ง ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีการหมุนเวียนอยู่ในธรรมชาติสามารถเกิดขึ้นทดแทนได้เรื่อย ๆ แต่ด้วยราคาต้นทุนทางวัตถุดิบที่ยังมีราคาค่อนข้างสูงจึงทำให้ต้องศึกษาเพื่อหาวิธีในการลดต้นทุนต่อไป ประการต่อมา คือ สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Bio-degradable) กล่าวคือ PHAs สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เกิดได้ทั้งมีอากาศและไร้อากาศจึงเหมาะแก่การกำจัดแบบฝังกลบ ซึ่งกระบวนการย่อยโดยจุลินทรีย์นี้จะเกิดผลพลอยได้ คือ น้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว นอกจากนี้ยังพบว่า PHAs ย่อยสลายในทะเลได้อีกด้วย ประการสุดท้าย คือ สามารถเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต (Biocompatible) กล่าวคือ สามารถปลูกถ่ายเข้าสู่ร่างกายโดยไม่เป็นพิษ จึงเป็นคุณสมบัติสำคัญในการนำไปต่อยอดเป็นวัสดุที่ใช้ทางการแพทย์ เช่น ไหมเย็บแผล รวมถึงวัสดุที่ต้องฝังลงสู่ร่างกาย ซึ่งข้อได้เปรียบดังกล่าว มีความสอดคล้องกับกระแสการดำเนินธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน จึงทำให้ PHAs ถูกพยายามนำเข้ามาใช้แทนที่โพลีเมอร์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ใช้แล้วหมดไปและย่อยสลายได้ยากตามธรรมชาติ

ปัจจุบัน พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอท หรือ PHAs มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การผลิตอยู่ที่ร้อยละ 3.9 ของการผลิตพลาสติกชีวภาพรวมทั่วโลก หรือคิดเป็นกำลังการผลิตที่ 0.087 ล้านตันโดยประมาณ ดังแสดงใน ***รูปที่ 4***

[1] ที่มา: บทความ Polyhydroxyalkanoates โดย Bernd HA Rehm, เผยแพร่ เว็บไซต์ lipidlibrary.aocs.org/chemistry/physics/microbial-lipid/polyhydroxyalkanoates

รูปที่ 4 กำลังการผลิตพลาสติกชีวภาพทั่วโลก จำแนกตามชนิดพอลิเมอร์ ปี 2565



ที่มา: European Bioplastics, Nova-Institute (2022)

สถานการณ์ของ PHAs ในตลาดโลกคาดการณ์ว่าจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี (CAGR) อยู่ที่ร้อยละ 15.3 ในช่วงปี 2565 ถึง 2570 โดยคาดการณ์มูลค่าการตลาดอาจสูงถึง 167 ล้านเหรียญสหรัฐ[2] ในปี 2570 โดยตลาดที่ใหญ่ที่สุดของ PHAs ในด้านปริมาณและมูลค่าการตลาด คือ กลุ่มประเทศแถบยุโรป เนื่องมาจากความเข้มงวดของกฎหมาย ข้อบังคับต่าง ๆ ในการใช้พลาสติก รวมถึงการส่งเสริมการใช้พลาสติกชีวภาพหรือพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ในหลาย ๆ ประเทศของทวีปยุโรป ปัจจัยขับเคลื่อนการตลาดที่สำคัญของ PHAs คือ ความต้องการวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การหันมาควบคุมหรือในบางประเทศประกาศยกเลิกการใช้ถุงพลาสติก การออกโครงการ Clean Sea ของ UNEP ในปี 2560 รวมถึงการที่สหภาพยุโรปได้มีการประกาศกฎระเบียบเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายการวัสดุสัมผัสอาหาร (EU) ฉบับที่ 10/2011 ปี 2562 ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ช่วยส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์จาก PHA ให้มากขึ้น แม้ว่า PHAs สามารถตอบโจทย์ทางด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมหรือทางด้านสุขภาพได้เป็นอย่างดีแต่ด้วยต้นทุนทางด้านการผลิตของ PHAs เมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไปแล้วยังมีมูลค่าที่สูงกว่าอยู่ถึง ร้อยละ 20 ถึง 80 โดยสาเหตุหลักคาดว่ามาจากในปัจจุบันการใช้ PHAs ยังไม่แพร่หลายมากนัก รวมทั้งอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา

สำหรับสถานการณ์ตลาด PHAs ในตลาดประเทศไทย อย่างที่ทราบกันดีว่า PHAs นั้นสามารถผลิตขึ้นได้จากจากการหมักของจุลินทรีย์ โดยใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันพืช น้ำตาล และแป้ง ซึ่งพืชชนิดดังกล่าวนั้นถือเป็นพืชเศรษกิจของไทยทั้งสิ้น จึงทำให้มีผลผลิตหรือแม้กระทั่งวัสดุเหลือใช้ในภาคเกษตรเป็นจำนวนมากถึง 160 ล้านตันต่อปี จึงสามารถนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพนิด PHAs ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็น

[2] อ้างอิงข้อมูลจาก www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pha-market-395.html

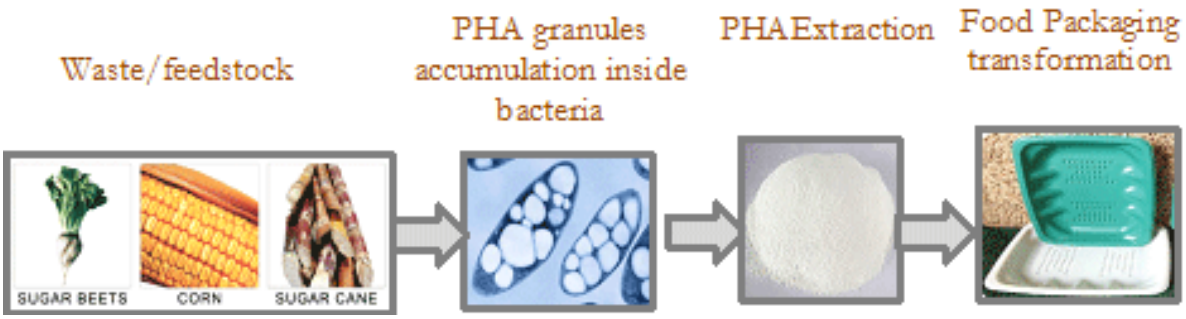
ทางเลือกที่น่าสนใจในการขยายศักยภาพการผลิตของตลาดพลาสติกชีวภาพ ซึ่งคาดมูลค่าตลาดมีโอกาสเติบโตสูงเฉลี่ยร้อยละ 40 ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าตลาดประมาณ 1.9 หมื่นล้านบาท ในปี 2569[3]

- **การใช้ประโยชน์ PHAs ในภาคอุตสาหกรรม**

การใช้พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอทในอุตสาหกรรม ด้วยคุณสมบัติของ PHAs ที่สามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ และไม่เป็นพิษจึงเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง (Single-use packaging) หรือผลิตภัณฑ์สัมผัสอาหาร เช่น บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ ซึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถือเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมหลักของ PHAs ก็ว่าได้ นอกจากนี้สามารถนำมาใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีกด้วย อาทิ

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์: PHAs เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลว (Melting temperature: Tm) ที่กว้างตั้งแต่ 50-180 องศาเซลเซียส สามารถใช้ในการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ เช่น ถุงพลาสติก ถุงช้อปปิ้ง ฟิล์มถนอมอาหาร ขวดใส่แชมพู รวมทั้งถ้วยเย็นและร้อน ฝาถ้วยโยเกิร์ต ถ้วยเครื่องปรุงและบรรจุภัณฑ์อาหารอื่น ๆ และเป็นภาชนะที่เหมาะสำหรับการจัดเก็บอาหารแช่แข็ง สามารถนำเข้าอุ่นในไมโครเวฟ และแช่ในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิสูงได้ถึง 212 ° F นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยและพัฒนาให้พลาสติกจำพวกฟิล์มและถาดโฟมบรรจุอาหารที่ผลิตจาก PHAs ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถกำจัดลงไปพร้อมกับเศษอาหารได้ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสหภาพยุโรป

รูปที่ 5 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์จาก PHAs



ที่มา tecnopackaging.com

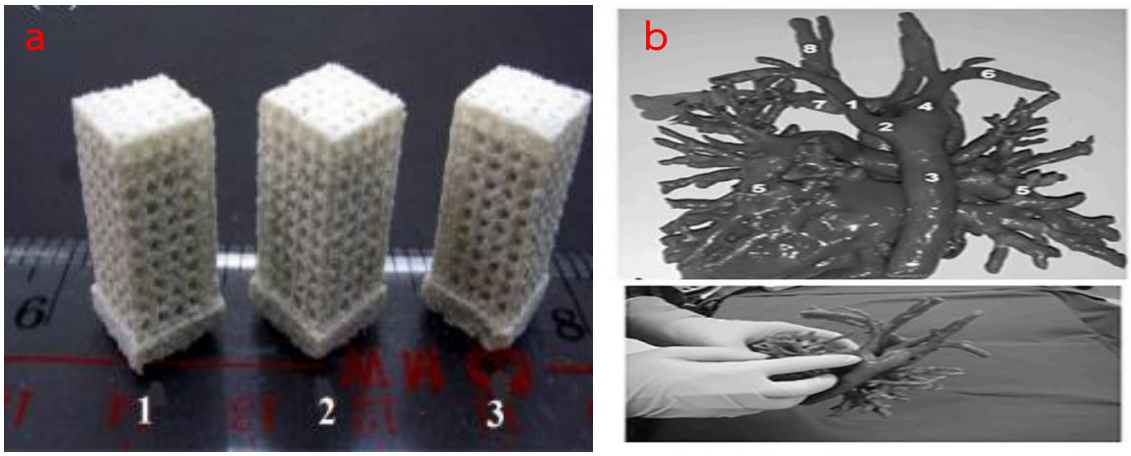
[3] ข้อมูลจาก ประชาชาติธุรกิจ 2565

รูปที่ 6 ขวดบรรจุภัณฑ์ PHAs ที่สามารถย่อยสลายในดินได้ภายในเวลา 2 เดือน

ที่มา: renewable-carbon.eu/news/pha-promising-versatile-biodegradable/

อุตสาหกรรมทางการแพทย์: ด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่ทำให้ PHAs เป็นที่ต้องการสำหรับการใช้งานทางด้านชีวการแพทย์ คือ ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ไม่ละลายน้ำมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ยืดหยุ่นได้ดี และไม่เป็นพิษ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานทางการแพทย์ได้หลากหลาย เช่น สารควบคุมทางชีวภาพ (Biocontrol agents) ตัวพายา (Drug carriers) สิ่งปลูกถ่ายที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ วิศวกรรมเนื้อเยื่อ อุปกรณ์การพยาบาล เช่น ไหมเทียม วัสดุค้ำจุนสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue scaffolds) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการป้องกันโรคไขข้อ (Anti-Rheumatic)[4]

รูปที่ 7 วัสดุค้ำจุนสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue scaffolds) (รูป a) และการทำอวัยวะเทียมจาก PHAs (รูป b)



ที่มา: ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/274661555/1_s2.0_S0928493121003568_main.pdf

[4] ที่มา: วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 7 ฉ.2,2559

ภาคการเกษตร: ในส่วนของภาคการเกษตรการนำ PHAs มาใช้ประโยชน์จะเป็นการใช้ในรูปแบบฟิล์มคลุมดิน (Mulching film) เพื่อป้องกันวัชพืชรวมถึงการกักเก็บความชื้นชะลอการระเหยของน้ำ ด้วยคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ และสามารถย่อยสลายได้ในดินได้ ต่างจากพลาสติกจำพวกพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อดินที่เพาะปลูกพืชน้อยลง หากมีชิ้นส่วนตกค้างภายในแปลงเพาะปลูก จากการเปลี่ยนฟิล์มคลุมดินในแต่ละรอบการเพาะปลูก รวมไปถึงความสามารถในการทนทนอุณหภูมิได้สูงประมาณ 176 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากฟิล์มคลุมดิน ยังสามารถนำมาใช้ในทางการเกษตรอื่น ๆ ได้อีก เช่น กระถางต้นไม้ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้งานในการเพาะปลูก เช่น เชือก และป้ายต่าง ๆ เป็นต้น แต่เนื่องด้วยต้นทุนที่ยังสูงจึงอาจทำให้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการใช้งานในเชิงพาณิชย์เท่าที่ควร[5]

รูปที่ 8 ฟิล์มคลุมดินที่ผลิตจากพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs

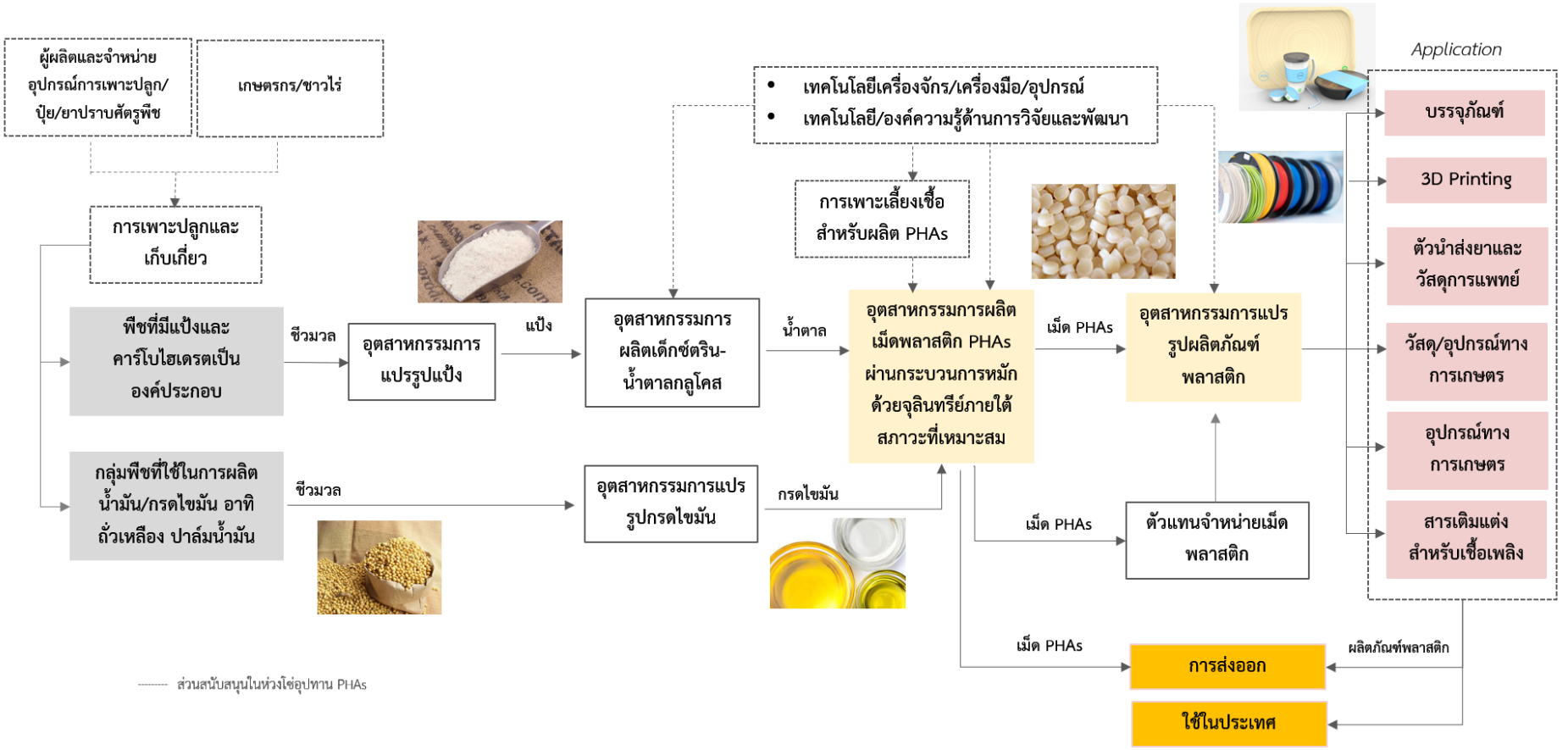
ที่มา plasticstoday

- **ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs**

จากข้อมูลการศึกษากระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs และการใช้ประโยชน์ในภาคการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมปลายทางที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs ได้ดัง***รูปที่ 9***

[5] ที่มา: บทความเรื่อง What's new in PHA bioplastics: An update with Cambridge Consultants, 2019

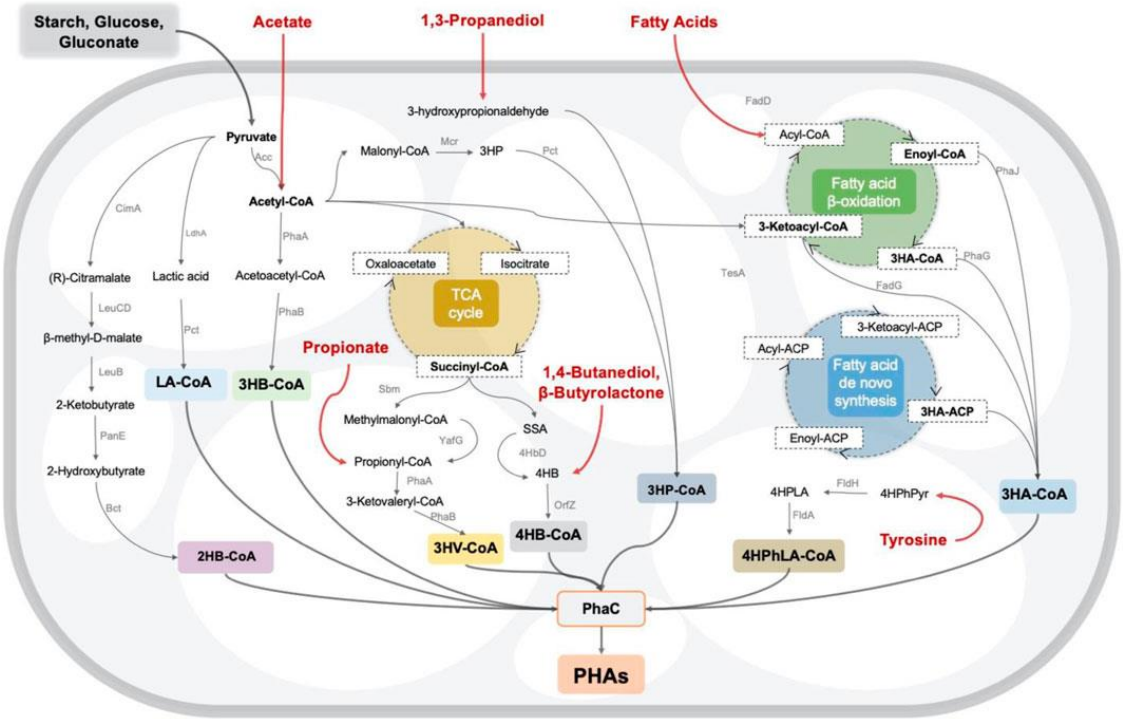
รูปที่ 9 แผนภาพห่วงโซ่อุปทานของการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs



จากการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของการผลิต PHAs ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและมีวัตถุดิบต้นน้ำจากชีวมวลซึ่งเป็นผลลิตที่เกิดจากภาคการเกษตร โดยสำหรับห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์ชีวภาพชนิด PHAs สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ส่วนที่สำคัญ ดังนี้

- **การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิต** โดยในการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิด PHAs จำเป็นสำหรับการใช้แปรรูปเป็นเคมีชีวภาพในอุตสาหกรรมขั้นกลาง โดยวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับใช้ในการผลิต PHAs เป็นกลุ่มของชีวมวลที่มีแป้ง น้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีการเพาะปลูกโดยทั่วไปในประเทศ อาทิ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ การผลิต PHAs ยังสามารถใช้วัตถุดิบทางเลือกอื่น ๆ ได้ อาทิ พืชหรือชีวมวลที่สามารถนำไปแปรรูปเป็นกรดไขมัน เช่น ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันและกรดไขมัน (Fatty acid) รวมถึงน้ำมันที่เหลือใช้จากภาคครัวเรือน เป็นต้น

รูปที่ 10 การสังเคราะห์ PHAs จากแป้ง น้ำตาลกลูโคส และกรดไขมัน



ที่มา: Gao, Q. et al. 2022

โดยในส่วนของการผลิตวัตถุดิบตั้งต้น จำเป็นต้องอาศัยส่วนสนับสนุนที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรมการเกษตรและการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจซึ่งจะช่วยให้ได้ชีวมวลตั้งต้นที่มีคุณภาพให้ผลผลิตต่อหน่วยสูง ซึ่งในส่วนนี้ จะครอบคลุมถึงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชหรือการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความเหมาะสมต่อสภาวะอากาศและการให้ปริมาณของผลผลิตที่มีความเหมาะสม ซึ่งในประเทศไทยได้มีหน่วยงานที่กำกับดูแลในเรื่องของการปรับปรุงพันธ์พืช อาทิ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร เป็นต้น

- **การผลิต PHAs** เป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปวัตถุดิบขาเข้า (Feed stock) อาทิ น้ำตาลกลูโคส กรดไขมัน เพื่อให้ได้เป็น PHAs โดยในกระบวนการผลิต จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์จุลินทรีย์ในการเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ซึ่งจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิต PHAs ได้จากกระบวนการเพาะเลี้ยงเชื้อ โดยจากงานวิจัย พบว่า แบคทีเรียที่นิยมใช้ในการผลิต PHAs หรือมีการสะสม PHAs มีหลายชนิดทั้งแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Alcaligenes spp., Pseudomonas spp.* (Anderson and Dawes, 1990) และแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *B. cereus* (Aly et al., 2013) และ *B. thuringiensis* (Charen et al., 2014) เป็นต้น โดยในอุตสาหกรรมการผลิต PHAs จะต้องมีการควบคุมสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักร รวมถึงองค์ความรู้ด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้ได้สถาวะที่เหมาะสมและให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตและการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) เม็ด PHAs ที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลายทางหรือการส่งออกเม็ดพลาสติกให้กับตลาดต่างประเทศ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้เม็ดพลาสติกชีวภาพในกลุ่ม Bio-compostable สำหรับอุตสาหกรรมปลายทางในตลาดโลกที่ค่อนข้างสูงในปัจจุบัน โดยในส่วนนี้สามารถดำเนินการโดยผู้ผลิตหรือผ่านตัวแทนจำหน่าย

- **การแปรรูปลิตภัณฑ์พลาสติก** ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องในการนำเม็ด PHAs ไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ รวมถึงภาคการส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพที่ผลิตจาก PHAs โดยจากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ของ PHAs ในปัจจุบันที่ได้กล่าวถึงรายละเอียดไว้ก่อนหน้า จะเห็นได้ว่า PHAs ถูนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้จำนวนมาก อาทิ
    - **การผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ** อาทิ ถุงพลาสติก ถุงซ้อปปิ้ง ขวดใส่แชมพู รวมทั้งถ้วยเย็นและร้อน ฝาถ้วยโยเกิร์ต อ่างและถาดสำหรับ เนื้อสัตว์และผัก ถ้วยเครื่องปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารอื่น ๆ วัสดุที่เหมาะสำหรับการจัดเก็บอาหารแช่แข็ง สามารถอุ่นในไมโครเวฟ และสามารถแช่ลงไปในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิสูงถึง 212 °F[6]
    - **การผลิตวัสดุอุปกรณ์การแพทย์** เช่น เข็มหมุดทางการแพทย์ (Surgical pins) ผ้าก๊อซ (Swabs) ข้อต่อกระดูก (Bone replacements) หลอดเลือดเทียม (Blood vessel replacements) ผ้าพันแผล (Wound dressings) และด้ายเย็บแผล[7]
    - **การผลิตตัวนำส่งยา (Drug carrier)** ในระบบนำส่งยา (Drug delivery system) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการปลดปล่อยยาในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนด นำส่งยาไปยังบริเวณหรืออวัยวะเป้าหมายเพื่อลดผลข้างเคียงหรือทำให้เกิดผลสูงสุดในการรักษา

[6] ที่มา: รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภทพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (Polyhydroxyalkanoates) โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ

[7] ที่มา: Bioplastics info. Applications of PHA as Bioplastic. [online] 2017. ที่มา: bioplasticsinfo.com/polyhydroxy-alkonates/applications-of-pha-as-bioplastic/

นอกจากนี้ ยังพบว่า PHAs เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตวัสดุอุปกรณ์การเกษตร การผลิตเส้นใยในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น วัสดุคล้ายไนลอน และไฟเบอร์ รวมถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการใช้ทั้งในประเทศและเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก