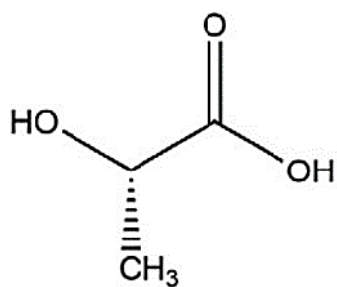


ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมกรดแลคติก

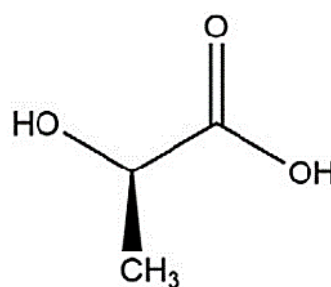
1. ข้อมูลทั่วไปของกรดแลคติก

กรดแลคติก (Lactic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่พบได้ในธรรมชาติ มีสูตรโมเลกุล $C_3H_6O_3$ และชื่อทางเคมี 2-Hydroxypropionic acid หรือ 1-Hydroxyethane-1-carboxylic acid โครงสร้างของกรดแลคติกประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ในโมเลกุลเดียวกัน ส่งผลให้มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนที่ละลายน้ำได้ดี กรดแลคติก สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากกระบวนการทางชีวภาพและทางเคมี อีกทั้งยังเป็นโมเลกุลที่มีสมบัติไครัล (chiral) ทำให้มีเอแนนทิโอเมอร์ (enantiomer) สองรูปแบบ ได้แก่ กรด L-แลคติก (L-lactic) และกรด D-แลคติก (D-lactic) ดังแสดงใน **รูปที่ 1**¹ ซึ่งสามารถอยู่ในรูปแบบหมุนเวียนแสงโพลาไรซ์ (optically active) แบบ L (+) หรือ D (-) หรืออยู่ในรูปของส่วนผสมเรซิมิก (racemic mixture) ที่มีทั้งสองรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต²

รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุล D และ L ของ Lactic acid



(S)-Lactic acid
L-(+)-Lactic acid



(R)-Lactic acid
D-(-)-Lactic acid

ที่มา : Ojo, A. O., & de Smidt, O. (2023).

สมบัติทางกายภาพและเคมีของกรดแลคติก

กรดแลคติกมีมวลโมเลกุล 90.08 g/mol และมีสถานะเป็นของเหลวไม่มีสีถึงเหลืองอ่อนที่อุณหภูมิ 15 °C และความดัน 1013 บาร์ กรดแลคติก สามารถละลายในน้ำ เอทานอล และตัวทำละลายอินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้อื่น ๆ เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารดูดความชื้น จึงมักพบในรูปของสารละลายเข้มข้นที่มีความเข้มข้นสูงสุดถึงร้อยละ 90 กรดแลคติกเป็นกรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (hydroxycarboxylic acid) ที่ง่ายที่สุด โดยมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดแตกต่างกันตามชนิดและความดัน ดังแสดงใน **ตารางที่ 1**³ ความหนาแน่นของกรดแลคติกในรูปของแข็งที่อุณหภูมิ 20 °C เท่ากับ 1.249 g/mL ขณะที่สารละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีความหนาแน่นแตกต่างกันตามความเข้มข้น เช่น 1.057 g/mL เมื่อความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และ

¹ ที่มา : Rumon, M. A. (2020).

² ที่มา : Ojo, A. O., & de Smidt, O. (2023).

³ ที่มา : Dusselier, M., Wouwe, P., Dewaele, A., Makshina, E., & Sels, B. (2013).

1.201 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อความเข้มข้นร้อยละ 88.6 โดยน้ำหนัก ค่าคงที่การแตกตัว (K_a) ของกรดแลคติกที่อุณหภูมิ 25 °C คือ 1.37×10^{-4} และค่าคงที่การแตกตัวของโปรตอน (pK_a) สำหรับไอโซเมอร์ L และ D คือ 3.79 และ 3.83 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางความร้อนกรดแลคติก

สมบัติทางความร้อน		ค่าที่รายงาน
จุดหลอมเหลว (Melting point)	Type D-, L+	52.8-54.0 °C
	Type DL	16.8-33.0 °C
จุดเดือด (Boiling point) (at 1.87 kPa)	Type D-, L+	103 °C
	Type DL	122 °C
จุดเดือด (Boiling point) (at 0.5 mmHg)	Type D-, L+	103 °C
	Type DL	122 °C

2. กระบวนการสังเคราะห์

ตลาดกรดแลคติกทั่วโลกประจำปีในปี 2566 มีมูลค่า 3.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ พลาสติกชีวภาพ PLA คาดว่าจะมีมูลค่าประมาณ 713.22 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2573 และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย (CAGR) สูงถึงร้อยละ 21.4 ระหว่างปี 2567-2573⁴ ซึ่งสะท้อนถึงการขยายตัวที่รวดเร็วในตลาดนี้ การผลิตกรดแลคติกสามารถทำได้ 2 วิธีหลัก คือ การหมักโดยใช้แบคทีเรีย และการสังเคราะห์ทางเคมี วิธีการหมักโดยใช้แบคทีเรียเป็นที่นิยมมากกว่า เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่มีราคาถูกได้ อย่างไรก็ตาม การสังเคราะห์ทางเคมีก็ยังมีบทบาทสำคัญในบางอุตสาหกรรมเนื่องจากสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่ายและรวดเร็ว

2.1 วิธีการหมักโดยใช้แบคทีเรีย

การสังเคราะห์กรดแลคติกโดยกระบวนการหมักทางชีวภาพเกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย ซึ่งช่วยย่อยสลายแหล่งอาหารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น แป้ง น้ำตาล กลูโคส และเซลลูโลส ให้เป็นกรดแลคติกภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดแลคติกแบบหมักเป็นสิ่งสำคัญ โดยแบคทีเรียที่ใช้ในการสร้างกรดแลคติกจัดเป็นกลุ่มแบคทีเรียโพรคาริโอต (Procaroyotes) เรียกว่า แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่อยู่ในโดเมนแบคทีเรีย มีรูปร่างกลมหรือเป็นท่อน ทนต่อสภาวะที่เป็นกรดได้ ไม่สร้างสปอร์ และโดยปกติไม่สามารถ

⁴ ที่มา : Grandveiwresearch

เคลื่อนที่เองได้ นอกจากนี้ยังไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase) ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ แต่บางสายพันธุ์สามารถทนต่อสภาวะที่มีออกซิเจนได้ (Aero-tolerant) โดยแบคทีเรียกรดแลคติกเป็น ต้องการสารอาหารที่สมบูรณ์สำหรับการเจริญเติบโตและสามารถหมักน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอมอื่น ๆ ได้ กระบวนการหมักนี้จะสร้างผลิตภัณฑ์ออกมาต่างกัน ซึ่งสามารถใช้จำแนก LAB ออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. แบคทีเรียกลุ่มฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative LAB) สามารถผลิตกรดแลคติกจากการหมักน้ำตาลได้ประมาณร้อยละ 95 ส่วนที่เหลือร้อยละ 5 จะเป็นกรดอะซิติก (Acetic acid) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงเล็กน้อย ตัวอย่างกลุ่มแบคทีเรียกลุ่มฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ ได้แก่ กลุ่ม สกุล *Lactobacillus* สกุล *Streptococcus* และ สกุล *Pediococcus* กระบวนการนี้เกิดขึ้นในสองขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเรียกว่าไกลโคไลซิส (Glycolysis) หรือวิถีเอ็มเบเดน-เมเยอร์ฮอฟ-พาร์นาส (Embden-Meyerhof-Parnas pathway; EMP Pathway) กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) และ ขั้นตอนที่สองกรดไพรูวิกจะถูกรีดิวซ์ (Reduced) เป็นกรดแลคติก ดังแสดงใน**สมการที่ 1** กระบวนการนี้ช่วยให้จุลินทรีย์สามารถสร้างพลังงานได้ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) และเป็นกลไกหลักในการผลิตกรดแลคติกในอุตสาหกรรมหมัก



2. แบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative LAB) สามารถผลิตกรดแลคติก 50% จากกระบวนการหมักน้ำตาลร้อยละ 50 จะผลิตเป็นกรดอะซิติก (Acetic acid), กรดฟอร์มิก (Formic acid), เอทานอล (Ethanol) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ ได้แก่ สกุล *Leuconostoc* และ สกุล *Lactobacillus* บางชนิด กระบวนการหมักของแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟใช้เส้นทาง เพนโทสฟอสเฟต (Pentose Phosphate Pathway, PPP) ในการสลายกลูโคส โดยกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น กลีเซอรัลดีไฮด์ 3-ฟอสเฟต (Glyceraldehyde 3-phosphate), อะเซทิล-ฟอสเฟต (Acetyl-phosphate), และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

- กลีเซอรัลดีไฮด์ 3-ฟอสเฟต จะเข้าสู่กระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) และถูกเปลี่ยนเป็น กรดแลคติก (Lactic acid)
- อะเซทิล-ฟอสเฟต สามารถถูกเปลี่ยนไปเป็น กรดอะซิติก (Acetic acid) หรือเอทานอล (Ethanol) ขึ้นอยู่กับสภาวะของกระบวนการหมัก

การผลิตกรดแลคติกในแบคทีเรียกลุ่มนี้จึงมีความแตกต่างจากกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ ซึ่งผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักเกือบทั้งหมด โดยกระบวนการเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟสามารถสร้าง⁵ ผลิตภัณฑ์ร่วมที่มีประโยชน์ เช่น กรดอะซิติกที่ช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารหมัก และเอทานอลที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้

⁵ ที่มา : Castillo Martinez, F. A., Balciunas, E. M., Salgado, J. M., Domínguez González, J. M., Converti, A., & Pinheiro de Souza Oliveira, R. (2013).

แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria: LAB) เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถพบได้ทั่วไปในเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์นม และอาหารหมักดอง เนื่องจากมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีสารอาหารอย่างเพียงพอและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและกระบวนการหมัก ประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลคติกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของจุลินทรีย์ แหล่งอาหาร อุณหภูมิ ค่า pH และระดับออกซิเจน โดย LAB สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) และสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ (Microaerophilic) อุณหภูมิและค่า pH เป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อกระบวนการเผาผลาญของจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการผลิตกรดแลคติก การเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักจึงเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้การรักษาค่า pH ให้เหมาะสมมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก รวมถึงอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยทั่วไป แบคทีเรียส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีค่า pH ใกล้เคียง 7 เนื่องจากจุลินทรีย์หลายชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่เป็นด่างสูง อย่างไรก็ตาม ระหว่างกระบวนการหมัก กรดแลคติกที่ผลิตขึ้นจะทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตกรดแลคติก ดังนั้น กระบวนการหมักจึงมักมีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยการเติมสารละลายต่าง เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และอีกปัจจัยสารอาหารที่เพียงพอ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตกรดแลคติกต้องการสารอาหารที่เพียงพอและเหมาะสม โดยเฉพาะแหล่งคาร์บอน เช่น น้ำตาล แร่ธาตุ วิตามิน และไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการผลิตกรดแลคติกอย่างมีประสิทธิภาพ ไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของวิตามินบี ซึ่งทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ในปฏิกิริยาของเอนไซม์ สารสกัดจากยีสต์เป็นหนึ่งในแหล่งที่ดีของไนโตรเจน วิตามิน และสารอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แม้ว่าสารอาหารจะมีความสำคัญ แต่การเติมสารตั้งต้นมากเกินไป หรือการสะสมของกรดแลคติกในระบบ อาจส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ระยะเวลาการหมักนานขึ้น และผลผลิตกรดแลคติกลดลง ดังนั้น การควบคุมสภาวะการหมักอย่างเหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกรดแลคติก

กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์มีข้อได้เปรียบเหนือการสังเคราะห์ทางเคมีในหลายด้าน หนึ่งในข้อดีสำคัญคือ สามารถเลือกใช้สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (LA) ที่มีโอไซเมอร์ชนิดเดียวได้ ซึ่งช่วยควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน นอกจากนี้ กรดแลคติกที่ได้จากการหมักยังมีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ช่วยลดปริมาณขยะจากภาคอุตสาหกรรมและภาคการเกษตร และนอกจากนี้ กระบวนการหมักสามารถดำเนินการที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50°C ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับการสังเคราะห์ทางเคมี แม้ว่าการหมักจะใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน แต่สามารถให้ผลผลิตที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตโดยใช้สารเคมี กรดแลคติกที่ได้จากกระบวนการหมักทางชีวภาพยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้วัตถุดิบชีวภาพเป็นแหล่งตั้งต้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง

ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา และพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ซึ่งช่วยส่งเสริมแนวทางการผลิตที่ยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม^{6,7,8}

2.2 วิธีการสังเคราะห์ด้วยสารเคมี

กรดแลกติก (Lactic Acid) สามารถสังเคราะห์ได้ผ่านปฏิกิริยาเคมีหลายวิธี โดยกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีนี้อาศัยปฏิกิริยาของสารตั้งต้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์กรดแลกติก อย่างไรก็ตาม สารตั้งต้นที่ใช้ในแต่ละกระบวนการจะแตกต่างกัน ส่งผลให้กลไกของปฏิกิริยาแตกต่างกันไปด้วยในปัจจุบัน การสังเคราะห์กรดแลกติกจากอนุพันธ์ของกรดแลกติก เป็นวิธีเดียวที่ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากการสังเคราะห์ทางเคมีโดยตรงยังไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

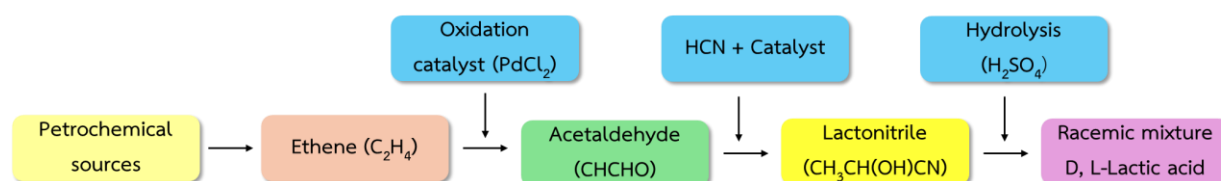
ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในการผลิตกรดแลกติกจากแหล่งปิโตรเคมี

1. การสังเคราะห์จากเอทีน (Ethene)

- ออกซิเดชันของเอทีน (Ethene Oxidation) – เอทีน (Ethene) ทำปฏิกิริยากับแพลเลเดียม (II) คลอไรด์ (Palladium(II) chloride) เพื่อเปลี่ยนเป็นอะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)
- การเปลี่ยนเป็นแล็กโทไนไตรล์ (Lactonitrile Formation) – อะเซทัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide) ในสภาวะที่มีเบสและแรงดันสูง ส่งผลให้เกิดแล็กโทไนไตรล์ (Lactonitrile)
- ไฮโดรไลซิสเป็นกรดแลกติก (Hydrolysis to Lactic Acid) – แล็กโทไนไตรล์ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) ทำให้ได้กรดแลกติก (Lactic Acid) ในรูปของส่วนผสมราซีมิก (Racemic mixture) ที่ประกอบด้วยไอโซเมอร์ทั้ง L และ D ดังแสดงในรูปที่ 2

ในขณะที่เอทิลีน (Ethylene) ต้องผ่านกระบวนการออกซิเดชันเพื่อเปลี่ยนเป็นอะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ก่อนนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดแลกติก

รูปที่ 2 การสังเคราะห์กรดแลกติกจากแหล่งปิโตรเคมี



ที่มา : Abidemi Oluranti Ojo and Olga de Smidt (2023)

2. การสังเคราะห์จากโพรพิลีน (Propylene)

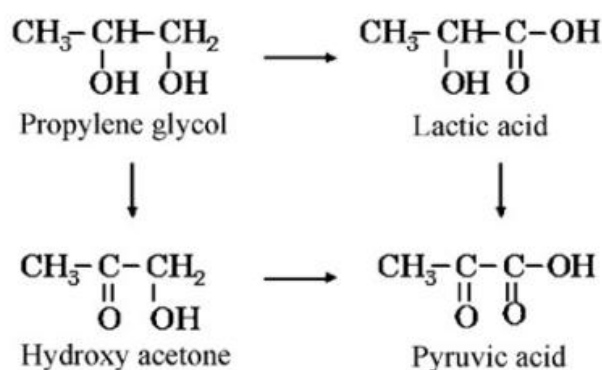
⁶ที่มา : Abidemi Oluranti Ojo and Olga de Smidt (2023)

⁷ที่มา : โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ : กรดแลกติก

⁸ที่มา : โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ : พอลิแลคติกแอซิด

โพรพิลีน (Propylene, C_3H_6) เป็นอีกหนึ่งสารตั้งต้นที่สามารถใช้ผลิตกรดแลคติกได้โดยตรงผ่านกระบวนการเปลี่ยนโพรพิลีนไกลคอลเป็นกรดแลคติก ทำได้โดยการเปลี่ยนโพรพิลีนเป็น โพรพิลีนไกลคอล (Propylene Glycol, $C_3H_8O_2$) ผ่านกระบวนการออกซิเดชัน จากนั้นนำไป ออกซิไดซ์เป็นไพรูวิกแอซิด (Pyruvic Acid, CH_3COCO_2H) และรีดักชันต่อไปเป็น กรดแลคติก⁹ ดังแสดงใน **รูปที่ 3**

รูปที่ 3 โครงข่ายปฏิกิริยาเคมีของโพรพิลีนไกลคอล



ที่มา : Sugiyama, S., Tanaka, H., Bando, T., Nakagawa, K., Sotowa, K.-I., Katou, Y., & Ninomiya, W. (2013).

3. การสังเคราะห์กรีเซอรอล

การผลิตกรดแลคติกสามารถสังเคราะห์ได้จากสารตั้งต้นกลีเซอรอลโดยผ่านกระบวนการทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) และ ปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal Reaction)

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนกลีเซอรอลไปเป็นสารประกอบออกซิไดซ์ เช่น ไกลออกซาล (Glyoxal), ไกลออกซาลิกแอซิด (Glyoxylic Acid) หรือ ไพรูวิกแอซิด (Pyruvic Acid) ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกต่อไป

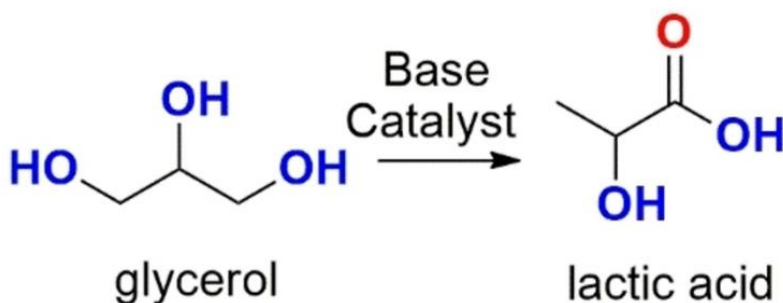
2. ปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal Reaction)

ปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอลเป็นกระบวนการที่ใช้ น้ำในสภาวะอุณหภูมิและความดันสูง (เช่น 200–300°C และแรงดันสูงกว่า 10 MPa) ในกระบวนการนี้อาจมีการเติมตัวเร่ง (Catalyst) เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลีเซอรอล (Glycerol) ไปเป็นสารที่สามารถเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นกรดแลคติก ดังแสดงใน **รูปที่ 4**¹⁰

⁹ ที่มา : Sugiyama, S., Tanaka, H., Bando, T., Nakagawa, K., Sotowa, K.-I., Katou, Y., & Ninomiya, W. (2013).

¹⁰ ที่มา : Mohan, K. R., Reghunath, & Pinheiro, (2023).

รูปที่ 4 กระบวนการเปลี่ยนกลีเซอรอลเป็นกรดแลคติก

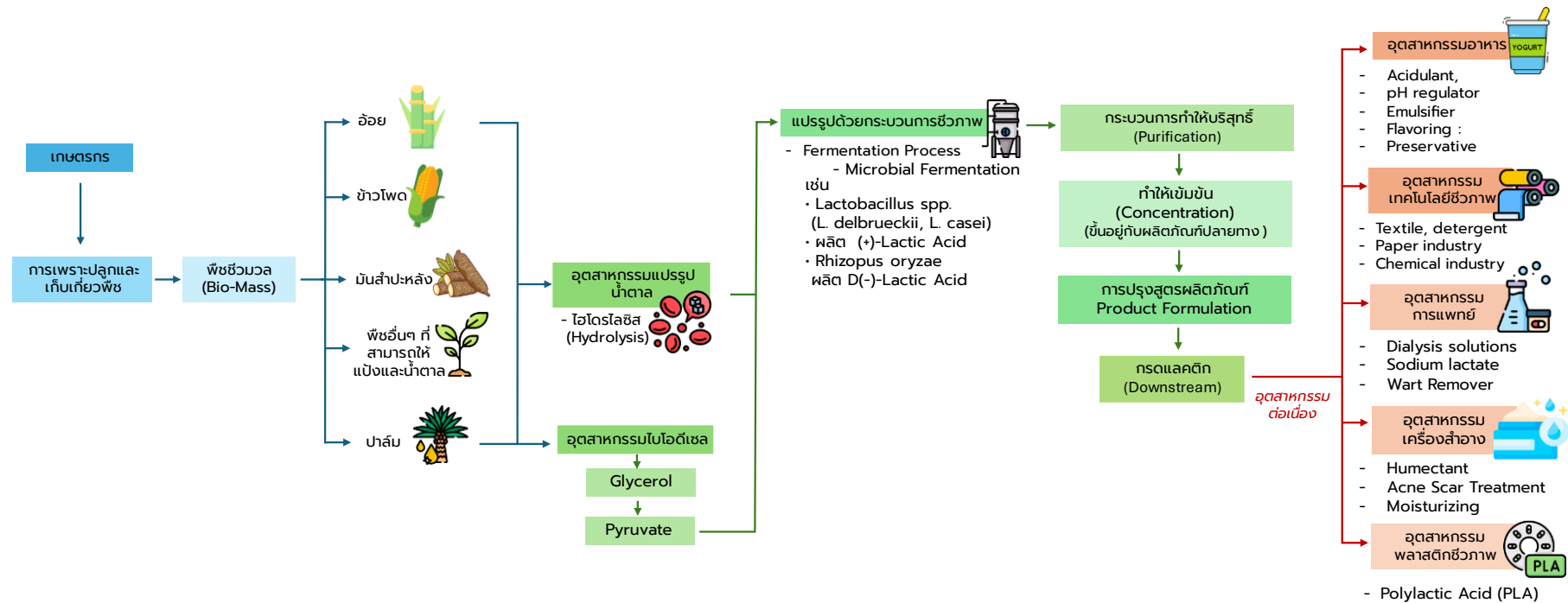


ที่มา: Mohan, K. R., Reghunath, & Pinheiro, (2023).

3. การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการผลิตและแปรรูปกรดแลคติก

กรดแลคติกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถผลิตได้จากแหล่งปิโตรเคมีและชีวมวล โดยใช้กระบวนการทางเคมีและชีวภาพที่แตกต่างกันตามเทคโนโลยีการผลิต จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบ กระบวนการผลิต และการใช้งานของกรดแลคติก พบว่า กรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ และต้องอาศัยกระบวนการชีวภาพ (Bioprocess) ในการผลิต ในปัจจุบัน กระบวนการผลิตกรดแลคติกทั่วโลก ร้อยละ 90-95 ของการผลิตทั้งหมด มาจากกระบวนการทางชีวภาพโดยการหมักซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ โดยการใช้จุลินทรีย์หรือเชื้อแบคทีเรียในการแปรรูปน้ำตาลจากแหล่งชีวมวลให้กลายเป็นกรดแลคติก กระบวนการผลิตกรดแลคติกมีความเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากการเกษตรให้กลายเป็นกรดแลคติก กรดแลคติกสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ โดยจากข้อมูลทั้งหมด สามารถวิเคราะห์และจัดทำแผนภาพห่วงโซ่อุปทานของการผลิตกรดแลคติกได้ตามที่แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) ของกรดแลคติก



ที่มา : รวบรวมโดย PIC PITH

จากการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมกรดแลคติก (Lactic Acid Industry Supply Chain) ที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบชีวภาพ พบว่า องค์ประกอบหลักที่สำคัญประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. **อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream)** อุตสาหกรรมต้นน้ำของกรดแลคติกเริ่มต้นจากอุตสาหกรรมการผลิตผลผลิตทางการเกษตรหรือพืชชีวมวล (Biomass) โดยพืชที่สามารถนำมาผลิตกรดแลคติกได้ ได้แก่ พืชที่สามารถให้แป้งและน้ำตาล เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น พืชชีวมวลเหล่านี้จะถูกนำไปแปรรูปในกระบวนการผลิตเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งจะใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นในการผลิตกรดแลคติกจากการหมัก นอกจากนี้ พืชที่สามารถนำมาผลิตกรดแลคติกได้อีกชนิดหนึ่งคือ ปาล์ม เนื่องจากปาล์มมีสารไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ที่สามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) ซึ่งจะได้ผลผลิตผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็น กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งกลีเซอรอลนี้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิตกรดแลคติก
 2. **อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Intermediate)** อุตสาหกรรมการผลิตกรดแลคติกจากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมีขั้นตอนสำคัญคือ การเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตกรดแลคติก กระบวนการนี้เริ่มต้นจากการใช้เทคโนโลยีในการแปรรูปน้ำตาลจากพืชที่มีแป้งหรือเซลลูโลสสูง โดยจะผ่านกระบวนการแปรรูปน้ำตาลจากพืชให้กลายเป็นน้ำตาลโมโน เช่น กลูโคส ฟรักโทส หรือ มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการหมักเพื่อผลิตกรดแลคติกได้
 - กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis): กระบวนการนี้จะใช้ น้ำ และ ความร้อน หรือ กรด/เบส ในการแยก พอลิเมอร์ที่มีในชีวมวลให้ออกเป็นน้ำตาลโมโน เช่น กลูโคส หรือ มอลโตส การไฮโดรไลซิสจะช่วยให้โครงสร้างที่ซับซ้อนของแป้งหรือเซลลูโลสแยกตัวออกเป็นน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการหมักได้ง่ายขึ้น
 - การใช้เอนไซม์ในการช่วยไฮโดรไลซ์: ในกระบวนการนี้ เอนไซม์ จะถูกใช้เพื่อเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของพอลิเมอร์ เช่น การใช้ เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ในการย่อยสลาย เซลลูโลส ให้เป็นน้ำตาลโมโน เช่น กลูโคส และ ฟรักโทส หรือใช้ เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (alpha-amylase) ในการย่อยสลาย แป้ง ให้เป็นน้ำตาลโมโนที่เหมาะสมสำหรับการหมัก เช่น มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยกลูโคสสองโมเลกุล เชื่อมต่อกัน
 - การสกัดน้ำตาลจากพืช: พืชที่มีปริมาณแป้งสูง เช่น ข้าวโพด อ้อย หรือมันสำปะหลัง สามารถถูกสกัดน้ำตาลได้โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำตาลจากส่วนต่างๆ ของพืช กระบวนการนี้ช่วยแยกน้ำตาลออกจากพืชได้ในรูปแบบที่พร้อมใช้งานในกระบวนการผลิตกรดแลคติก
- กลีเซอรอล (Glycerol)** ที่สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการหมักกรดแลคติกได้อีกด้วย กลีเซอรอลมักได้มาจาก กระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel Production) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา Transesterification ระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับเมทานอล (Methanol) โดยผลิตภัณฑ์หลักคือ

ไบโอดีเซล (Fatty Acid Methyl Esters, FAMES) และผลิตภัณฑ์พลอยได้คือ กลีเซอรอลดิบ (Crude Glycerol) ที่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ กลีเซอรอล สามารถนำมาใช้เป็น สารตั้งต้น กระบวนการหมัก (Fermentation) เพื่อผลิต กรดแลคติก (Lactic Acid)

เมื่อได้ น้ำตาล และ กลีเซอรอล จากแหล่งชีวมวลแล้ว จะนำไปผ่านกระบวนการทางชีวภาพโดยการหมัก ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตกรดแลคติก กระบวนการหมักนี้จะใช้ แบคทีเรีย ที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้ โดยแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 สกุลหลัก ได้แก่ *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* และ *Streptococcus* โดยในภาคอุตสาหกรรม *Lactobacillus* เป็นสกุลที่ถูกใช้ในการหมักกรดแลคติกอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกได้ดีและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคหรือแรงงานในกระบวนการผลิต ทำให้มีอัตราการเติบโตสูงและมีความสามารถในการผลิตที่ดี จุลินทรีย์ในสกุล *Lactobacillus* ที่ใช้ในการผลิตกรดแลคติกหลักๆ ได้แก่ *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus bavaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus maltaromicus* และ *Lactobacillus salivarius* ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถผลิตกรดแลคติกในรูปแบบ *L(+)* isomer ขณะที่สายพันธุ์อื่นๆ เช่น *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus jensenii* และ *Lactobacillus acidophilus* จะผลิตกรดแลคติกในรูปแบบ *D-isomer* หรือแบบผสม โดย *Lactobacillus delbrueckii* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมใช้ในการผลิตกรดแลคติกในภาคอุตสาหกรรมเพราะสามารถผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณสูงและมีความเสถียรในการผลิต

ในการผลิตกรดแลคติกเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) และการปรับปรุงความเข้มข้น (Concentration) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการเตรียมกรดแลคติกให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการสำหรับการใช้งานในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การทำให้บริสุทธิ์ของกรดแลคติกนั้นจะช่วยกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น สารเคมีหรือจุลินทรีย์ที่อาจเหลืออยู่จากกระบวนการหมัก ซึ่งการทำให้บริสุทธิ์จะช่วยให้กรดแลคติกมีความบริสุทธิ์สูงและปลอดภัยต่อการใช้งานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกชีวภาพที่ต้องการกรดแลคติกที่มีความบริสุทธิ์สูง ในและ การปรับปรุงความเข้มข้นของกรดแลคติกเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากกรดแลคติกที่ได้จากกระบวนการหมักมักจะมีน้ำและความเข้มข้นต่ำ ซึ่งอาจไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ การเพิ่มความเข้มข้นให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต เช่น ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ PLA ที่ต้องการกรดแลคติกในความเข้มข้นสูงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี

- นอกจากนี้ การปรับปรุงสูตรของกรดแลคติกให้เหมาะสมกับการใช้งานในผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องก็เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนสำคัญ เช่น การปรับปรุงสูตรของกรดแลคติกให้มีการแยกประเภทของ *L(+)* และ *D(-)* isomer หรือการทำให้กรดแลคติกมีความคงตัวทางเคมีและความเสถียรสูงขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคและผู้ใช้งานในอุตสาหกรรม

โดยในประเทศไทยมีผู้ผลิตกรดแลคติก ดังแสดงใน**ตารางที่ 2**¹¹ และผู้ที่จำหน่ายผู้จำหน่าย Lactic acid ภายในประเทศ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3**¹²

ตารางที่ 2 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Lactic acid ภายในประเทศ

ชื่อบริษัท	ที่อยู่	เบอร์โทร
บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด	3 หมู่ที่ 2 ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จ. ระยอง 21130	038-698800
บจก.เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น	4 ซ.นวมินทร์ 74 แยก 3- 7-2 แขวงราม อินทรา เขต คันนายาว กรุงเทพฯ 10230	02-947-9712

ตารางที่ 3 ตัวอย่างรายชื่อบริษัทผู้จำหน่าย Lactic acid ภายในประเทศ

ชื่อบริษัท	ที่อยู่	เบอร์โทร
บจก.เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น	4 ซ.นวมินทร์ 74 แยก 3- 7-2 แขวงราม อินทรา เขต คันนายาว กรุงเทพฯ 10230	02-947-9712
บริษัท แกมมาโก	เลขที่ 122,123 หมู่ที่ 1 ต.บางขุน อ.บาง กรวย จ.นนทบุรี 11130	02-4594731-8
บริษัท เนเจอร์ เฟรนด์ จำกัด	ถนน เอกชัย - ซอย เอก ชัย 68 แขวง บาง บอน เขต บางบอน กรุงเทพมหานคร 10150	02-803-4944
หจก.เอ็มแอนด์พี อิมแพ็กซ์	2/8 ถนนเจ้าคุณทหาร แขวงลำปลาทิว เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520	02-012-9044
หจก.แล็ป วิลเล่ย์	เลขที่ 1481 ทาวน์อินทาวน์ ซอย 3/2 ถนน ศรีวิภา แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310	02-5593807-8
บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด	73 ถนนอยู่เย็น (รามอินทรา 34) แขวง ลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 10230	093-038-3875

¹¹ ที่มา: โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ และ Bio innovation linkage

¹² ที่มา: โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ รวบรวมเพิ่มเติมโดย PIC PITH

อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream)

คือการนำกรดแลคติกไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยมีการนำกรดแลคติกไปใช้ในหลายอุตสาหกรรมอย่างหลากหลาย จากการศึกษาพบว่า กรดแลคติกถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร, การแพทย์, เครื่องสำอาง และเทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพประเภทพอลิแลคติกแอซิด (PLA) ซึ่งกรดแลคติกเป็นวัตถุดิบสำคัญ พลาสติกชีวภาพนี้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความต้องการลดการใช้พลาสติกจากปิโตรเคมี ตลาดพลาสติกชีวภาพ PLA คาดว่าจะมีมูลค่าประมาณ 713.22 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2573 และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย (CAGR) สูงถึงร้อยละ 21.4 ระหว่างปี 2567-2573 ซึ่งสะท้อนถึงการขยายตัวที่รวดเร็วในตลาด นอกจากนี้ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มยังเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดแลคติกมากที่สุดเป็นอันดับสองในปี 2566 จากการนำกรดแลคติกไปใช้งานในอุตสาหกรรมทั้งหมดทั่วโลก โดยกรดแลคติกสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและปรับรสชาติได้ ซึ่งความต้องการใช้งานด้านอาหารทั่วโลกเป็นปัจจัยสำคัญที่ผลักดันการเติบโตของการใช้กรดแลคติก

การใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกในภาคอุตสาหกรรม

ปัจจุบันกรดแลคติกได้รับการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายภาคอุตสาหกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มอย่างมาก ทั้งในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร (Food industry) และยังมีมีการนำกรดแลคติกไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ นอกเหนือจากการผลิตอาหาร (Non-food industry) เช่น อุตสาหกรรมการแพทย์ อุตสาหกรรมพลาสติก เป็นต้น ตัวอย่างการใช้กรดแลคติกในภาคอุตสาหกรรม โดยแสดงรายละเอียดการนำกรดแลคติกไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ ดังนี้

อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (Food and Beverage Industry)

กรดแลคติกเป็นสารที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตอาหาร สามารถผลิตได้จากกระบวนการหมัก หรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในอาหารหมัก เช่น ผลิตภัณฑ์นมหมักและผักผลไม้หมัก ทำให้กรดแลคติกเป็นสารที่ไม่ถือว่าเป็นสารเติมแต่งที่แปลกปลอมและปลอดภัยต่อการบริโภค โดยไม่ทิ้งสารตกค้างที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติสำคัญในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมีการนำแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) มาใช้ในการถนอมอาหาร กรดแลคติกจะทำหน้าที่ลดค่า pH ของอาหาร เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเกิดโรคในอาหาร โดยไม่กระทบต่อรสชาติและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ กรดแลคติกยังมีบทบาทสำคัญในหลากหลายด้านของอุตสาหกรรมอาหาร ดังนี้

1. **สารกันเสีย (Preservative):** กรดแลคติกในรูปของเกลือ เช่น โซเดียมแลคเตตและโพแทสเซียมแลคเตต ถูกใช้เพื่อป้องกันการบูดเน่าในผลิตภัณฑ์อาหาร นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น เนื้อไก่ เนื้อปลา และอาหารทะเล เนื่องจากช่วยลดการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจทำให้อาหารเสื่อมสภาพ

2. **สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier):** กรดแลคติกสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ช่วยให้ส่วนผสมของน้ำและน้ำมันสามารถผสมกันได้ดีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขนมปัง ซอส และครีม การใช้กรดแลคติกในลักษณะนี้ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่คงที่และไม่แยกชั้น
3. **สารแต่งกลิ่น (Flavoring):** กรดแลคติกช่วยเสริมรสชาติและกลิ่นในอาหาร โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรสเปรี้ยว เช่น เครื่องดื่ม ผลไม้ดอง และอาหารหมัก กรดแลคติกสามารถเพิ่มความสดชื่นและความเปรี้ยวให้กับอาหารได้อย่างดี

การใช้กรดแลคติกในอุตสาหกรรมอาหารเป็นวิธีที่ปลอดภัยและเป็นธรรมชาติ ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาและปรับปรุงรสชาติของอาหาร ทำให้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในกระบวนการผลิตอาหารหลายประเภท ทั้งนี้กรดแลคติกถือเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารในตลาดทั่วโลก

อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร (Non- Food Industry)

- **เทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม (Industrial Biotechnology)** กรดแลคติกมีบทบาทสำคัญในหลากหลายอุตสาหกรรม โดยใช้เทคโนโลยีการหมักและกระบวนการทางชีวภาพเพื่อผลิตสารต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ได้ได้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ ผงซักฟอก กระดาษ และอุตสาหกรรมเคมี รวมถึงการนำกรดแลคติกมาใช้ในการกระบวนการผลิตสารเคมีหลายประเภท

การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

- **อุตสาหกรรมสิ่งทอ, ผงซักฟอก และกระดาษ**
 - **การลบหมึก:** กรดแลคติกและผลิตภัณฑ์จากกรดแลคติกถูกใช้ในการลบหมึกจากวัสดุต่าง ๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการพิมพ์และสิ่งทอ
 - **ผ้าเช็ดแบคทีเรีย:** กรดแลคติกช่วยในกระบวนการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และการผลิตผงซักฟอก โดยการลดการเติบโตของจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์หรือปัญหาสุขอนามัย
 - **การขจัดตะกรัน:** ในอุตสาหกรรมกระดาษและการผลิตผงซักฟอก กรดแลคติกสามารถใช้ในการขจัดตะกรันหรือสารตกค้างที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยช่วยทำให้กระบวนการผลิตมีความสะอาดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- อุตสาหกรรมเคมี** กรดแลคติกยังทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีที่สำคัญหลายประเภท
 - **อะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde):** กรดแลคติกสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตอะซีตัลดีไฮด์ ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารเคลือบผิวและพลาสติก
 - **โพรพิลีนไกลคอล (Propylene Glycol):** กรดแลคติกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโพรพิลีนไกลคอล ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง, ยา และสารเติมแต่งอาหาร

- กรดโพรพิโอนิก (Propionic Acid): กรดแลคติกยังสามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดโพรพิโอนิก ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเป็นสารกันบูดและป้องกันเชื้อรา

- กรดอะคริลิก (Acrylic Acid): กรดแลคติกสามารถใช้ในการผลิตกรดอะคริลิก ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสี สารเคลือบ และวัสดุก่อสร้าง

- แลคเตตเอทิล (Ethyl Lactate): กรดแลคติกเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแลคเตตเอทิล ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมการเคลือบ, น้ำหอม, และการผลิตสารเคมีอื่น ๆ

การใช้กรดแลคติกและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีชีวภาพไม่เพียงแต่ช่วยในการลดต้นทุนการผลิต ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเพราะเป็นกระบวนการที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติและกระบวนการทางชีวภาพในการผลิต โดยเฉพาะในด้านของการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืน

- **อุตสาหกรรมชีวการแพทย์ (Biomedical Industry)** กรดแลคติกเป็นกรดที่สามารถสกัดได้จากกระบวนการชีวภาพ ซึ่งทำให้มีความปลอดภัยสูงต่อผู้ใช้งาน จึงมีการนำกรดแลคติกไปใช้ในหลากหลายกระบวนการในอุตสาหกรรมการแพทย์และเครื่องสำอาง โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพและความงาม

อุตสาหกรรมยา: กรดแลคติกถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของสารละลายที่ช่วยรักษาสมดุลของอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย ซึ่งสามารถทดแทนของเหลวและอิเล็กโทรไลต์ในผู้ป่วยที่สูญเสียเลือดหรือมีภาวะขาดน้ำ อีกทั้งยังถูกนำมาใช้เป็นน้ำยาฟอกไต เนื่องจากกรดแลคติกช่วยรักษาสมดุลของอิเล็กโทรไลต์และค่า pH ในระหว่างการฟอกเลือด

- **อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (Cosmetic Industry)**

อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง: กรดแลคติกถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมความงาม โดยเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหลากหลายประเภท เช่น ครีมบำรุงผิว เซรั่ม และโทนเนอร์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อผิว เช่น กรดแลคติกจัดอยู่ในกลุ่ม AHA (Alpha Hydroxy Acid) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวโดยดึงน้ำเข้าสู่เซลล์ผิวและกักเก็บความชุ่มชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยลดการเกิดสิว ผลัดเซลล์ผิวที่เสื่อมสภาพ ปรับสมดุลค่า pH ของผิว กระตุ้นการสร้างคอลลาเจน และลดเลือนริ้วรอย ทำให้ผิวแลดูเรียบเนียนและกระจ่างใสมยิ่งขึ้น

- **อุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic Industry)** ปัจจุบันพลาสติกชีวภาพเป็นเรื่องที่ทุกภาคส่วนให้ความสนใจ เนื่องจากกระแสการรักษ์โลก ซึ่งกรดแลคติกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) และพลาสติกชนิดนี้สามารถย่อยสลายได้ในทางชีวภาพ (Biodegradable plastic) โดยกรดแลคติกสามารถ นำมาสังเคราะห์เป็นพอลิแลคติกแอซิดได้ สองกระบวนการ คือกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางชีวภาพ

- การผลิต PLA โดยกระบวนการหมักทางชีวภาพ โดยนำแลคติกเปลี่ยนโครงสร้างเป็น แลคไทด์ (Lactide) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน หลังจากนั้น จะมีการกลั่นภายใต้

ระบบสุญญากาศเพื่อให้แลคไทด์เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นโพลิเมอร์ที่มีโครงสร้างสายยาวขึ้น กลายเป็น **พอลิแลคติกแอซิด (PLA)** คุณสมบัติของ PLA ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายโพลิเมอร์ที่กำหนดในกระบวนการผลิต โดยวิธีทางเคมี สามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธีผ่านปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาการควบแน่นในสถานะของแข็ง (Solid-State Polycondensation) ปฏิกิริยาต่อสายโซ่ (Chain Extension) ปฏิกิริยาการควบแน่นแบบอะซีโอโทรปิก (Azeotropic Dehydration Polycondensation) ปฏิกิริยาควบแน่นโดยเอนไซม์ (Enzymatic Polycondensation): ใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแทนสารเคมี การสังเคราะห์โดยการเปิดวง (Ring-Opening Polymerization)¹³

ด้วยคุณสมบัติที่ ขึ้นรูปง่าย ยืดหยุ่นต่อการใช้งาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พอลิแลคติกแอซิด (PLA) จึงกลายเป็นหนึ่งในวัสดุชีวภาพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ซึ่งในปัจจุบันมีการนำพอลิแลคติกแอซิดไปใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมการแพทย์ อุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น

¹³ ที่มา: โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ : กรดแลคติก