

ไบโอรีไฟเนอรี

ความต้องการแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่ยั่งยืนและกระบวนการผลิตในทางอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้นทั่วโลก ทำให้เทคโนโลยีไบโอรีไฟเนอรีได้รับความสนใจอย่างมาก **ไบโอรีไฟเนอรี (Biorefinery)** หรือ โรงกลั่นชีวภาพ คือ กระบวนการหรือเทคโนโลยีการผลิตที่มีการใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ (Feedstock) ในการผลิตเชื้อเพลิง พลังงาน และสารเคมีที่มีมูลค่าเพิ่ม ต่างจากโรงกลั่นปิโตรเลียมแบบดั้งเดิมที่พึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้แล้วหมดไป โดยอาศัยเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น การหมัก การเร่งปฏิกิริยาดังด้วยเอนไซม์ หรือเทคโนโลยีทางวิศวกรรมเคมี เช่น กระบวนการเคมีความร้อนและเคมีไฟฟ้า ซึ่งมักใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา^{1,2} ชีวมวลเป็นวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ โดยเฉพาะพืชที่สามารถสะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และสามารถใช้แทนพลังงานฟอสซิลได้ ตัวอย่างของชีวมวล ได้แก่ เศษไม้ เศษวัสดุจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด ชี้อ้อย รวมถึงของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ และขยะอินทรีย์ต่าง ๆ³

ไบโอรีไฟเนอรีมีบทบาทสำคัญและความจำเป็นในยุคปัจจุบัน เนื่องจากมีศักยภาพในการตอบโจทย์ความท้าทายต่าง ๆ ในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และพลังงาน นอกจากนี้ยังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืนยิ่งขึ้น เหตุผลหลักที่ไบโอรีไฟเนอรีมีความสำคัญสรุปได้ดังนี้

- **ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล:** เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นแหล่งพลังงานที่จำกัดและไม่ยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไบโอรีไฟเนอรีมีบทบาทในการแปรรูปชีวมวลให้กลายเป็นพลังงานทดแทน เช่น ไบโอดีเซล เอทานอล และพลังงานชีวภาพอื่น ๆ ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล
- **ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก:** การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพและผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากไบโอรีไฟเนอรีช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ชีวมวลเป็นสารที่เป็นกลางทางคาร์บอน เนื่องจากชีวมวลจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกระหว่างการแปรรูปและการใช้งานได้
- **ส่งเสริมเศรษฐกิจท้องถิ่นและสร้างงาน:** การพัฒนาไบโอรีไฟเนอรีในพื้นที่ชนบทช่วยสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจและสร้างงานให้กับคนในท้องถิ่น โดยเฉพาะในภาคการเกษตรที่มีวัตถุดิบชีวมวลเป็นจำนวนมาก การใช้ของเหลือจากการเกษตรหรือพืชผลที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จะช่วยเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร
- **เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร:** ไบโอรีไฟเนอรีสามารถใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบชีวมวลทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นเศษวัสดุหรือของเสียจากอุตสาหกรรมและการเกษตร เช่น เศษพืช ชี้อ้อย หรือของเสียจากโรงงานน้ำตาล โดยกระบวนการนี้มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการสูญเสีย และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น
- **ตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ชีวภาพ:** ผลิตภัณฑ์จากไบโอรีไฟเนอรีไม่ได้มีเพียงพลังงานชีวภาพ แต่ยังรวมถึงสารเคมีชีวภาพ วัสดุชีวภาพ เช่น พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) ซึ่งมีความต้องการเพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลิตภัณฑ์ชีวภาพเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเข้ามาทดแทนผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมในอนาคต
- **สนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน:** ไบโอรีไฟเนอรีสอดคล้องกับหลักการของเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด โดยการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่และรีไซเคิลแทนการทิ้งให้เป็นของเสีย⁴⁻⁶

การจำแนกประเภทของไบโอรีไฟเนอรีสามารถแบ่งได้ตามประเภทของวัตถุดิบที่ใช้ ประเภทของตัวกลางหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น ประเภทของเทคโนโลยีกระบวนการ และสถานะของการดำเนินงานทางเทคโนโลยี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของไบโอรีไฟเนอรี^{2, 5-7}

เกณฑ์ที่ใช้แบ่งประเภท	ประเภทย่อย
1. วัตถุดิบที่ใช้	- วัตถุดิบจากภาคเกษตรกรรม เช่น พืชผลและสิ่งของเหลือใช้ทางการเกษตร - วัตถุดิบจากภาคป่าไม้ เช่น ไม้ เอื้อกระดาษ และกระดาษ - วัตถุดิบจากภาคอุตสาหกรรม เช่น ของเสียและของเหลือใช้ต่าง ๆ - วัตถุดิบจากภาคครัวเรือน เช่น ขยะมูลฝอยเทศบาลและน้ำเสีย - วัตถุดิบจากการเพาะเลี้ยงในน้ำ เช่น สาหร่ายน้ำจืดและสาหร่ายทะเล
2. ตัวกลางหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น	- ชนิดของตัวกลาง เช่น ก๊าซสังเคราะห์ ก๊าซชีวภาพ น้ำตาลเพนโทสและน้ำตาลเฮกโซส ลิกนิน น้ำมันพืช น้ำมันไพโรไลซิส และน้ำผลไม้อร์แกนิก - ชนิดของผลิตภัณฑ์ - กระบวนการไบโอรีไฟเนอรีที่ผลิตเป็นเชื้อเพลิงและพลังงาน - เชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นของแข็ง เช่น ลิกนิน และถ่าน - เชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นของเหลว เช่น ไบโเอทานอล ไบโอดีเซล และน้ำมันชีวภาพ - เชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นก๊าซ เช่น ก๊าซชีวภาพ ก๊าซสังเคราะห์ ไฮโดรเจนชีวภาพ และไบโอมิเทน - ไฟฟ้าและความร้อน - กระบวนการไบโอรีไฟเนอรีที่ผลิตเป็นวัสดุ - สารเคมีและกรดอินทรีย์ - วัสดุชีวภาพ เช่น แผ่นไม้ เยื่อ และกระดาษ - โพลีเมอร์และเรซิน เช่น พลาสติกจากแป้งและเรซินฟีนอล - อาหารและอาหารสัตว์ - ปุ๋ย - ชนิดของเคมีภัณฑ์ เช่น เอทานอล เฟอร์ฟูรัล ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล (HMF) กรด 2,5-ฟูแรนไดคาร์บอกซิลิก (FDCA) กลีเซอรอล กรดซัคซินิก กรดแลกติก กรดเลวูลินิก กรด 3-ไฮดรอกซีโพรพิโอนิก (3-HP) 3-ไฮดรอกซีโพรพิโอนัลดีไฮด์ (3-HPA) ซอร์บิทอล ซิลิทอล และไอโซพรีน เป็นต้น
3. เทคโนโลยีกระบวนการ	- กระบวนการทางกล เช่น การบีบอัด การแยกส่วน และการลดขนาด - กระบวนการทางชีวเคมี เช่น การหมัก - กระบวนการทางเคมี เช่น การไฮโดรไลซิสด้วยกรด การออกซิเดชัน และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน - กระบวนการทางเคมีความร้อน เช่น การแปรรูปด้วยความร้อนใต้พิภพ การไพโรไลซิส และการเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ
4. สถานะของการดำเนินงานทางเทคโนโลยี	- ระยะที่ 1: ใช้วัตถุดิบ 1 ตัว ได้ผลิตภัณฑ์ 1 ตัว เช่น - ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช - ไบโเอทานอลจากแป้งมันสำปะหลัง - โรงงานเยื่อและกระดาษ - ระยะที่ 2: ใช้วัตถุดิบ 1 ตัว ได้ผลิตภัณฑ์ 2 ตัว เช่น - ไบโเอทานอล ฟีนอล และไฟฟ้า จากฟางข้าวสาลี - เมทานอล ไดเมทิลอีเทอร์ และแอมโมเนียจากเศษไม้ - ซิลิทอล กรดแลกติก กรดซัคซินิก และไบโอมิเทนจากไม้ไผ่ - ระยะที่ 3: ใช้วัตถุดิบหลากหลาย ได้ผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น - เมล็ดธัญพืชเปลี่ยนให้เป็นสารเคมีต่าง ๆ - วัสดุชีวเคมีเซลลูโลสเป็นอะซิโตน เอทานอล บิวทานอล ก๊าซชีวภาพ และไฮโดรเจน

โดยพื้นฐานแล้ว กระบวนการไบโอรีไฟเนอรีสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ กระบวนการพรีทรีตเมนต์ (Pretreatment Process) กระบวนการทรีตเมนต์ (Treatment Process) และกระบวนการโพสทรีตเมนต์ (Post-Treatment Process) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนของกระบวนการไบโอรีไฟเนอรี⁸⁻¹²

เทคโนโลยี	รายละเอียด
กระบวนการพรีทรีตเมนต์	
1. กระบวนการทางกายภาพ	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวมวลผ่านกระบวนการทางกลมุ่งเน้นที่การเพิ่มพื้นที่ผิวและลดขนาดของชีวมวลเพื่อให้เอนไซม์หรือสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการถัดไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น เป้าหมายหลักคือการทำลายอุปสรรคทางกายภาพของชีวมวลโดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการแปรรูปในขั้นตอนถัดไป ได้แก่ การพรีทรีตเมนต์ทางกล การอัดขึ้นรูป การใช้ไมโครเวฟ การใช้อัลตราซาวด์ การใช้รังสีแกมมา และการใช้ความร้อนใต้พิภพ
2. กระบวนการทางเคมี	การออกแบบกระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของชีวมวลลิกโนเซลลูโลส เพื่อให้เอนไซม์สามารถเข้าถึงและย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น โดยเน้นที่การละลายเฮมิเซลลูโลสและการทำลายโครงสร้างของลิกนิน เพื่อให้สามารถแปรรูปชีวมวลเป็นน้ำตาลที่สามารถหมักได้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ การใช้กรด การใช้ด่าง การออกซิเดชัน การใช้เกลือ การใช้ของเหลวไอออนิก การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อสกัดเซลลูโลสจากวัสดุชีวมวล (Organosolv) และการเพิ่มความสามารถในการละลายของสารที่ไม่ละลายในน้ำหรือสารที่ละลายได้ยาก ให้สามารถละลายในน้ำได้ดีขึ้น (Hydrotropic)
3. กระบวนการทางเคมีกายภาพ	กระบวนการนี้รวมทั้งการดำเนินการทางกายภาพและทางเคมีเข้าด้วยกันเพื่อปรับเปลี่ยนโครงสร้างของชีวมวล โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสำหรับการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ การผสมผสานนี้มุ่งเน้นการทำลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสให้มากที่สุด ในขณะเดียวกันก็ลดการใช้พลังงานและสารเคมีที่จำเป็นต่อกระบวนการ ได้แก่ การพรีทรีตเมนต์ด้วยการระเบิดของไอน้ำ การระเบิดเส้นใยแอมโมเนีย การใช้อัลตราซาวด์ช่วย การใช้ไมโครเวฟช่วย และการใช้สารเคมีในน้ำร้อนช่วย
4. กระบวนการทางชีวภาพ	กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา เพื่อย่อยชีวมวลลิกโนเซลลูโลสจากพืช ให้กลายเป็นน้ำตาลที่ง่ายต่อการย่อยสลาย การใช้จุลินทรีย์ช่วยลดความต้านทานของชีวมวล ทำให้สามารถแปรรูปเป็นน้ำตาลที่สามารถหมักได้ง่ายขึ้น ได้แก่ การพรีทรีตเมนต์ด้วยจุลินทรีย์และการใช้เอนไซม์
กระบวนการทรีตเมนต์	
1. กระบวนการทางความร้อน/เคมีความร้อน	กระบวนการสำคัญในการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นพลังงาน เชื้อเพลิง และสารเคมี โดยวิธีการเหล่านี้ใช้ความร้อนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น ก๊าซเชื้อเพลิงและของเหลวชีวภาพ พร้อมกับลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กระบวนการสำคัญได้แก่ การเผาไหม้ (Combustion) การผลิตก๊าซสังเคราะห์ (Gasification) และการเผาไหม้ในสภาพไร้ออกซิเจน (Pyrolysis)
2. กระบวนการทางชีวภาพ/เคมีชีวภาพ	กระบวนการที่ใช้สิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะจุลินทรีย์ เพื่อย่อยสลาย เปลี่ยนแปลง หรือแปรรูปวัสดุอินทรีย์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าและเป็นประโยชน์มากขึ้น วิธีการนี้ถูกนำไปใช้มากขึ้นในหลากหลายสาขา เช่น การจัดการของเสีย การฟื้นฟูสภาพแวดล้อม และการแปรรูปชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมี กระบวนการหลักได้แก่ การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และการหมัก (Fermentation)
3. กระบวนการทางเคมี	การสกัดน้ำมันจากพืชไขมัน และนำน้ำมันที่ได้มาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตไบโอดีเซล โดยกระบวนการนี้เปลี่ยนโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงและซับซ้อนน้อยกว่า เพื่อลดความหนืดและความอวบน้ำเฉพาะของน้ำมัน กระบวนการหลักที่ใช้ ได้แก่ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) และปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification)
กระบวนการโพสทรีตเมนต์	
1. กระบวนการแยกของแข็งและของเหลว	กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลว ซึ่งช่วยให้สามารถกู้คืนทั้งสองเฟสหรือกำจัดส่วนประกอบที่ไม่ต้องการได้ ในบริบทของโรงงานไบโอรีไฟเนอรีและกระบวนการอุตสาหกรรม การแยกของแข็งและ

เทคโนโลยี	รายละเอียด
	ของเหลวอย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการโดยรวมและลดของเสีย โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การกรอง การลอยตัว การตกตะกอน และการหมุนเหวี่ยง
2. กระบวนการการเพิ่มความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์	• กระบวนการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ เช่น การกลั่น (การระเหย) การสกัดของเหลวด้วยของเหลว การแยกด้วยเยื่อเลือกผ่าน (Membrane) และการตกตะกอน
3. กระบวนการทำผลิตภัณฑ์ให้มีความบริสุทธิ์	• กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสิ่งเจือปนออกจากผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่บริสุทธิ์หรือมีความละเอียดมากขึ้น ได้แก่ การตกผลึก การดูดซับ โครมาโตกราฟี และการแลกเปลี่ยนไอออน
4. กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	• กระบวนการรวมสารต่าง ๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติและประสิทธิภาพที่ต้องการในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากชีวมวล เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มคุณภาพ ประสิทธิภาพ และการใช้งานของเชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวเคมี และผลิตภัณฑ์มีค่าต่าง ๆ เช่น การอบแห้ง การอัดเป็นเม็ด การเคลือบผิว และการอัดขึ้นรูป

ไบโอรีไฟเนอรีมีบทบาทสำคัญในการแปรรูปชีวมวลให้เป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานชีวภาพ และสารเคมีชีวภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน หลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย ได้ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีนี้ และเริ่มลงทุนในโครงการไบโอรีไฟเนอรี เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลงทุนในด้านนี้ถือเป็นก้าวสำคัญในการสร้างอนาคตที่ยั่งยืนและตอบโจทย์ด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น

- **ประเทศบราซิล:** บริษัทพลังงานในบราซิลได้สร้างโรงงานเอทานอลเซลลูโลสแห่งที่สองในประเทศ ซึ่งมีกำลังการผลิต 82 ล้านลิตรต่อปี เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของโรงงานแห่งแรก โดยใช้กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ในการสลายวัสดุเซลลูโลสที่ได้จากเศษซากทางการเกษตร เช่น ชานอ้อยและฟาง ทำให้สามารถผลิตไบโอเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากขึ้น ด้วยการใช้ชีวมวลที่ไม่ใช่อาหาร การพัฒนานี้ถือเป็นความก้าวหน้าครั้งสำคัญในเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพ ที่ช่วยลดปริมาณขยะและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก อีกทั้งเอทานอลเซลลูโลสยังมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินถึง 85%¹³
- **ประเทศอังกฤษ:** โครงการไบโอรีไฟเนอรีในสหราชอาณาจักรเป็นส่วนหนึ่งของการผลักดันในระดับประเทศเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชีวภาพ โดยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากขยะชีวมวล ซึ่งรวมถึงเศษวัสดุทางการเกษตร ขยะอาหาร และวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ ขยะเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า ช่วยลดการใช้การฝังกลบและสนับสนุนหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสและการย่อยแบบไร้อากาศในการแปลงชีวมวลเป็นน้ำมันชีวภาพ ก๊าซชีวภาพ และถ่านชีวภาพ กระบวนการเหล่านี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกู้คืนพลังงานและลดการปล่อยมลพิษให้เหลือน้อยที่สุด¹⁴
- **ประเทศแอฟริกาใต้:** โครงการไบโอรีไฟเนอรีแบบยั่งยืนในแอฟริกาใต้เป็นความริเริ่มที่สร้างสรรค์ ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การแปลงพันธุ์พืชรุกราน เช่น ต้น Prosopis ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีคุณค่า โครงการนี้ใช้กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ในการย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในชีวมวลให้กลายเป็นน้ำตาลที่สามารถนำไปหมักได้ น้ำตาลที่สกัดได้จะถูกหมักด้วยจุลินทรีย์เพื่อผลิตเอทานอลหรือเชื้อเพลิงชีวภาพอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการสกัดน้ำมันจากชีวมวลด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้ตัวทำละลายหรือการอัดด้วยเครื่องจักร ซึ่งน้ำมันนี้สามารถแปลงเป็นไบโอดีเซลหรือสารเคมีอื่น ๆ ได้ โครงการนี้ไม่เพียงแต่ช่วยแก้ปัญหาทางระบบนิเวศโดยการใช้ประโยชน์จากพืชรุกราน แต่ยังสร้างมูลค่าเพิ่มจากชีวมวลที่ยังไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ด้วย¹⁵
- **ประเทศไทย:** ประเทศไทยได้ส่งเสริมเศรษฐกิจชีวภาพอย่างเข้มแข็ง โดยเป็นส่วนหนึ่งของความพยายามในการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจหมุนเวียนและยั่งยืน มีการดำเนินโครงการและความคิดริเริ่มหลายด้านที่เกี่ยวกับชีวมวล ซึ่งมุ่งเน้นการแปรรูปชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ สารเคมีชีวภาพ และพลังงานชีวภาพ เช่น
 - บริษัทชั้นนำในการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ตั้งอยู่ในจังหวัดอุบลราชธานี ถือเป็นหนึ่งในผู้ผลิตเอทานอลรายใหญ่ในอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพของประเทศ บริษัทใช้ชีวมวลจากมันสำปะหลังในการ

แปรรูปเป็นไบโอเอทานอล เพื่อนำไปผสมกับน้ำมันเบนซินสำหรับผลิตเชื้อเพลิงประเภท E10, E20 และ E85 ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน¹⁶

- บริษัทพลังงานแห่งชาติของประเทศไทยได้เริ่มพัฒนาไบโอรีไฟเนอรีเพื่อผลิตสารเคมีและเชื้อเพลิงชีวภาพที่ยั่งยืน โดยความร่วมมือกับบริษัทต่างชาติในการเปลี่ยนของเสียจากการเกษตร เช่น ชานอ้อยและฟางข้าวโพด ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น ไบโอเอทานอลและไบโอพลาสติก ความร่วมมือนี้ช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพและสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน¹⁷
- บริษัทผู้ผลิตน้ำตาลรายใหญ่ระดับโลกแห่งหนึ่งดำเนินธุรกิจไบโอรีไฟเนอรีที่เน้นการใช้อ้อยและผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยบริษัทไม่เพียงผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล แต่ยังผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อย (ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล) ในโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย โครงการนี้ช่วยส่งเสริมทั้งการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพและพลังงานชีวมวล พร้อมสนับสนุนแนวทางการเปลี่ยนขยะให้กลายเป็นพลังงาน¹⁸
- บริษัทปิโตรเคมีชั้นนำในประเทศไทยได้ขยายสู่ธุรกิจพลาสติกชีวภาพและพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ โดยเน้นการผลิตสารเคมีและวัสดุจากทรัพยากรหมุนเวียน เช่น อ้อยและมันสำปะหลัง ความริเริ่มด้านพอลิเมอร์สีเขียวนี้มีบทบาทสำคัญในการลดมลภาวะจากพลาสติก พร้อมทั้งตอบสนองต่อแนวโน้มระดับโลกที่มุ่งสู่บรรจุภัณฑ์และวัสดุที่ยั่งยืน¹⁹

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ไบโอรีไฟเนอรีเป็นโรงงานที่แปรรูปชีวมวล วัสดุอินทรีย์ และทรัพยากรหมุนเวียนอื่น ๆ ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวเคมี และพลังงานชีวภาพที่ยั่งยืน ไบโอรีไฟเนอรีมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยเสนอทางเลือกใหม่แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ไบโอรีไฟเนอรีจึงสามารถเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีค่า และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนรวมถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คณะผู้จัดทำ

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1. รศ.ดร.กานติส | สุดสาคร |
| 2. ผศ.ดร.วิกานดา | วราห์บัณฑิต |
| 3. รศ.ดร.ชนินทร์ | ปัญญาพรผล |
| 4. รศ.ดร.ปวีณา | ประไพยนา |
| 5. ผศ.ดร.ศุภพัชรี | รอดเดชา |
| 6. ผศ.ดร.พรรณทิศา | ลิ้มแหลมทอง |
| 7. ดร.ณัชพล | เจียรสำราญ |
| 8. นางสาวปนัดดา | พิเชฐวานิชย์ |
| 9. นางสาวนันทนัฐ | บุญพบ |

สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2797-0999 ต่อ 1202 – 1204 โทรสาร 0-2561-4621

Application of industry-urban symbiosis and green chemistry for low emission and persistent organic pollutants free industrial development in Thailand.

References:

1. Salman Zafar. (2020). *The Concept of Biorefinery*. BioEnergy Consult Powering a Greener Future.
<https://www.bioenergyconsult.com/biorefinery/#:~:text=The%20Concept%20of%20Biorefinery.%20A%20biorefinery%20is%20a%20facility%20that>
2. Francisco G. Calvo-Flores and Francisco J. Martin-Martinez. (2022). *Biorefineries: Achievements and challenges for a bio-based economy*. Frontiers.
<https://www.frontiersin.org/journals/chemistry/articles/10.3389/fchem.2022.973417/full>
3. Monthly Energy Review. (2024). *Biomass explained*. EIA.
<https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/#:~:text=Biomass%20is%20renewable%20organic%20material%20that%20comes%20from%20plants%20and>
4. Arias, A., Feijoo, G., Moreira, T. (2023). Biorefineries as a driver for sustainability: Key aspects, actual development and future prospects. *Journal of Cleaner Production*, 2023(418).
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137925>
5. Junghare, M., Saxena, S., Ingle, A., Moharil, M. (2023). Biorefineries: current scenario, feedstocks, challenges, and future perspectives. *Nanotechnology for Biorefinery*. 1 – 25.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95965-0.00009-3>
6. Himadri Roy Ghatak. (2021). Biorefineries from the perspective of sustainability: Feedstocks, products, and processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021(15), 4042 – 4052.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.034>
7. Wenger, J., Stern, T. (2019). Reflection on the research on and implementation of biorefinery systems – a systematic literature review with a focus on feedstock. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 2019(5), 1347 – 1364.
<https://doi.org/10.1002/bbb.2021>
8. D. Cantero, R. Jara, A. Navarrete, L. Pelaz, J. Queiroz, S. Rodríguez-Rojo, M.J. Cocero. (2019). Pretreatment Processes of Biomass for Biorefineries: Current Status and Prospects. *Annual Review*, 2019(10), 289 – 310.
<https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060718-030354>
9. Kumar, A., Sharma, S. (2017). Recent updates on different methods of pretreatment of lignocellulosic feedstocks: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 2017(4).
<https://doi.org/10.1186/s40643-017-0137-9>
10. Galbe, M., Wallberg, O. (2019). Pretreatment for biorefineries: a review of common methods for efficient utilisation of lignocellulosic materials. *Biotechnology for Biofuels*, 2019(12).
<https://doi.org/10.1186/s13068-019-1634-1>
11. Baksi, S., Saha, D., Saha, S., Sarkar, U., Debajjyoti, B., Kuniyal, J. (2013). Pre-treatment of lignocellulosic biomass: review of various physico-chemical and biological methods influencing the extent of biomass depolymerization. *International journal of Environmental Science and Technology*. 2023(20), 13895 – 13922.
<https://doi.org/10.1007/s13762-023-04838-4>
12. Supawadee Sarawan. (2019). *Biomass Fuel Reduces Global Warming Part 2: Physical–Biological Processes of Biomass Fuel*. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
<https://www.scimath.org/article-chemistry/item/9598-2-9598>

Application of industry-urban symbiosis and green chemistry for low emission and persistent organic pollutants free industrial development in Thailand.

13. Raizen. (2024). *Introduction*. Raizen.
<https://ri.raizen.com.br/en/e2g/>
14. Horizon Bioreactor. (2024). *Revolutionizing Biomanufacturing*. Horizon Bioreactor.
<https://horizonbioreactor.com/>
15. Sekoa, P., Chunilall, V., Msele, B., Johakimu, J., Andrew, J., Zungu, M., Moloantsoa, K., Maningi, N., Habimana, O., Swartbooi, A. (2023). Biowaste biorefineries in South Africa: Current status, opportunities, and research and development needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023(188).
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113870>
16. Ubon Bio Ethanol (UBE). (2024). *Ethanol products*. Ubon Bio Ethanol (UBE).
<https://www.ubonbioethanol.com/th/home>
17. GC. (2021). *GC and Cargill authorize construction of a new integrated biopolymer production facility in Thailand reinforcing their global leadership in Sustainability and Supporting the BCG Economy model*. GC.
<https://www.pttgcgroup.com/en/newsroom/news/51/gc-and-cargill-authorize-construction-of-a-new-integrated-biopolymer-production-facility-in-thailand-reinforcing-their-global-leadership-in-sustainability-and-supporting-the-bcg-economy-model>
18. Mitr Phol Group. (2024). *Mitr Phol Net Zero*. Mitr Phol Group.
<https://sustainability.mitrphol.com/en/net-zero/>
19. SCGC. (2022). *SCGC is Among Thailand's First Group Certified Circular Mark for Eco-Friendly Plastic Innovations Under SCGC GREEN POLYMERTM, Reinforcing Chemicals Business for Sustainability*. SCGC.
<https://www.scgchemicals.com/en/articles/news/1653561927#:~:text=SCGC%20is%20committed%20to%20developing%20eco-friendly%20plastic%20innovations,bio%20compostable%20and%20plastic%20made%20from%20renewable%20resources.>