

การผลิตไฮโดรเจนและการผลิตมีเทนจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส

ประวรรณ สุขพูล^๑ และอลิศรา เรืองแสง^{๑,๒}

^๑ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, prawat.s@kku.ac.th

^๒ ภาควิชาชีววิทยา สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, alissara@kku.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการแสวงหาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ หรือพลังงานที่ได้จากชีวมวล โดยเฉพาะการผลิตจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบหลักเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส เช่น ชังข้าวโพด ชานอ้อย ทะลายปาล์มเปล่า และกากมันสำปะหลัง ถือเป็นแนวทางการพัฒนาการผลิตพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

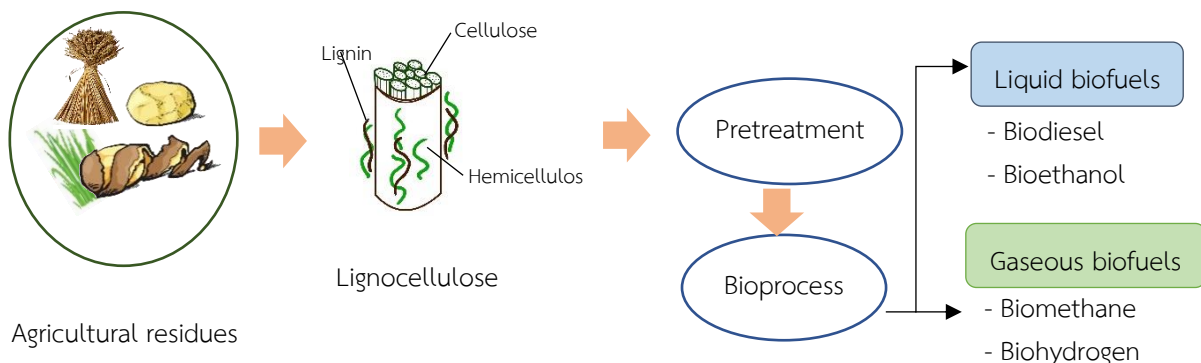
เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมากจากกระบวนการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ๒๕๖๓) จึงถือได้ว่าประเทศไทยมีข้อได้เปรียบในแง่การเข้าถึงวัตถุดิบปริมาณมากและหาได้ง่ายเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ บทความนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์จากวัสดุลิกโนเซลลูโลสในประเทศไทยเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ ไฮโดรเจน และมีเทน

วัสดุลิกโนเซลลูโลส

วัสดุลิกโนเซลลูโลสคือชีวมวลจากพืช พบได้ทั่วไปในธรรมชาติหรือเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ได้แก่ พืชพลังงาน เช่น หญ้าเนเปียร์ เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น กากอ้อย ทะลายปาล์มเปล่า กากมันสำปะหลัง และเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เช่น กากหมักรองชานอ้อย (Zoghalmi and Paës, 2019; Sheng et al. 2021) มีองค์ประกอบหลักซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส ๓๐-๕๐ เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส ๒๐-๓๐ เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน ๑๐-๒๐ เปอร์เซ็นต์ (Srivastava et al., 2021) ข้อจำกัดของการใช้วัสดุลิกโนเซลลูโลสคือวัสดุลิกโนเซลลูโลสมีความทนทานต่อการย่อยสลาย ซึ่งเกิดจากโครงสร้างที่ซับซ้อนของผนังเซลล์พืช จึงทำให้ต้องปรับสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลส เช่น การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่วสดุลิกโนเซลลูโลส การเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการย่อยสลายของเอนไซม์ (Sheng et al. 2021) วิธีดังกล่าวทำให้โครงสร้างของวัสดุลิกโนเซลลูโลสแยกออกจากกัน ดังนั้น วัสดุลิกโนเซลลูโลสจึงถูกย่อยสลายได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ได้น้ำตาลที่หมักได้ (fermentable sugar) เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนประเภทหนึ่งที่เกิดจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพ จัดเป็นพลังงานที่สะอาด ช่วยลดการปล่อยมลพิษและแก๊สเรือนกระจก เชื้อเพลิงชีวภาพแบ่งเป็น ๒ ประเภทตามสถานะของผลิตภัณฑ์ (Srivastava et al., 2021) ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวภาพในสถานะของเหลว เช่น ไบโอดีเซล ไบโอเอทานอล และเชื้อเพลิงชีวภาพในสถานะแก๊ส เช่น ไบโอมิเทน ไบโอไฮโดรเจน ดังแสดงในภาพที่ ๑



ภาพที่ ๑ การแบ่งประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส

มีเทน เป็นแก๊สองค์ประกอบหลักของแก๊สชีวภาพ ผลิตได้จากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศผ่านกระบวนการทางชีวเคมี ๔ ขั้นตอน ได้แก่ การย่อยสลาย การผลิตกรด การผลิตแอมโมเนีย การผลิตมีเทน โดยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลากหลายชนิดในสภาวะไร้อากาศและได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ แก๊สชีวภาพที่ประกอบด้วยมีเทนเป็นส่วนใหญ่คือ ๕๐-๗๕ เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ ๒๕-๕๐ เปอร์เซ็นต์ และแก๊สอื่น ๆ ๒-๘ เปอร์เซ็นต์ มีเทนเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีค่าความร้อนสูง ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่นละอองน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น มีเทนส่วนใหญ่จะนำไปใช้เพื่อการผลิตความร้อนและไฟฟ้า มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะในรูปของมีเทนอัด (กระทรวงพลังงาน, ๒๕๖๒)

ไฮโดรเจน เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีศักยภาพเป็นเชื้อเพลิงในอนาคต เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงถึง ๑๔๓ เมกะจูลต่อกิโลกรัม ไฮโดรเจนจัดเป็นพลังงานสะอาด เนื่องจากการเผาไหม้ของไฮโดรเจนจะได้เพียงความร้อนและน้ำ ไม่เกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากกระบวนการทางชีวภาพเรียกว่า ไฮโดรเจนชีวภาพ ทั้งนี้ การผลิตไฮโดรเจนแบ่งออกเป็นแบบหลัก ๓ แบบ คือ การแยกสลายน้ำด้วยแสง (biophotolysis) การหมักแบบใช้แสง (photo fermentation) และการหมักแบบไม่ใช้แสง (dark fermentation) การแยกสลายน้ำด้วยแสงจะต้องอาศัยการสังเคราะห์ด้วยแสงในสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรียเพื่อผลิตไฮโดรเจน ขณะที่การหมักทั้งแบบใช้แสงโดยแบคทีเรียสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic bacteria) และแบคทีเรียไม่ใช้แสงจะใช้น้ำตาลที่ได้จากวัสดุลิกโนเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อผลิตไฮโดรเจน ไฮโดรเจนสามารถนำไปใช้โดยการป้อนผ่านเซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขับเคลื่อนรถยนต์หรือเป็นพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ นอกจากนี้ ไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์สูงยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขับเคลื่อนกระสวยอวกาศอีกด้วย (Mona et al., 2020; Singhania et al., 2021)

ข้อจำกัดและข้อท้าทายของการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส

ประเทศไทยมีข้อได้เปรียบในแง่การเข้าถึงวัสดุลิกโนเซลลูโลสเพื่อการผลิตไฮโดรเจนและมีเทน อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุลิกโนเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนจำเป็นต้องมีการปรับสภาพเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายวัสดุลิกโนเซลลูโลสได้ง่าย การเลือกวิธีการปรับสภาพที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของชีวมวลและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ การเกิดสารยับยั้ง ต้นทุน และระยะเวลา การปรับสภาพ รวมถึงการควบคุมสภาวะแวดล้อม พลังงาน และกระบวนการเก็บเกี่ยวไฮโดรเจนและมีเทน

ดังนั้น วิธีการปรับสภาพและกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและผลได้ (yield) ของไฮโดรเจนและมีเทน

บทสรุป

บทความนี้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่มีอยู่มากและหาได้ง่ายในประเทศไทย เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ คือ ไฮโดรเจนและมีเทน ซึ่งถือเป็นแนวทางการพัฒนาการผลิตพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตอบสนองต่อแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. ๒๕๕๘-๒๕๗๙ ของประเทศไทยและนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจแบบยั่งยืนได้อย่างมั่นคง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ผลการผลิตและใช้แก๊สชีวภาพอัดตาม แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. ๒๕๕๘-๒๕๗๙. [อินเทอร์เน็ต]. ๒๕๖๒ [เข้าถึงเมื่อ ๑๓ มกราคม ๒๕๖๕]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=48108.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี ๒๕๖๓. [อินเทอร์เน็ต]. ๒๕๖๔ [เข้าถึงเมื่อ ๑๓ มกราคม ๒๕๖๕]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2564/yearbook2563.pdf>.
- Mona S, Kumar SS, Kumar V, Parveen K, Saini N, Deepak B, et al. Green technology for sustainable biohydrogen production (waste to energy): A review. Sci. Total Environ. 2020;728:138481.
- Sheng Y, Lam SS, Wu Y, Ge S, Wu J, Cai L, et al. Enzymatic conversion of pretreated lignocellulosic biomass: A review on influence of structural changes of lignin. Bioresour Technol. 2021;324:124631.
- Singhania RR, Ruiz HA, Awasthi MK, Dong C-D, Chen C-W, Patel AK. Challenges in cellulase bioprocess for biofuel applications. Renew Sustain Energy Rev. 2021;151:111622
- Srivastava N, Shrivastav A, Singh R, Abohashrh M, Srivastava KR, Irfan S, et al. Advances in the structural composition of biomass: Fundamental and bioenergy applications. J Renew Mater. 2021;329:124870
- Zoghalmi A, Paës G. Lignocellulosic biomass: Understanding recalcitrance and predicting hydrolysis. Front Chem. 2019;7:874.