บทความรับเชิญ

การผลิตไบโอดีเซลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ: เชื้อเพลิงชีวภาพยุคใหม่

วรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล*

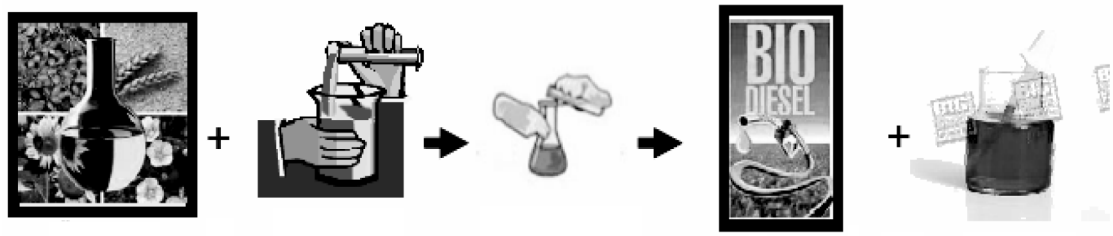
โลกในปัจจุบันกำลังประสบกับปัญหาปริมาณน้ำมันที่ลดลงจนใกล้จะหมดลงทุกขณะ ราคาน้ำมันจึงมีราคาแพงขึ้น สาเหตุประการหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากปริมาณการผลิตเครื่องยนต์ดีเซลเพิ่มสูงขึ้น จึงมีการส่งเสริมงานสำรวจและวิจัยเพื่อค้นหาแหล่งพลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง หลายประเทศทั่วโลกกำลังมุ่งศึกษาวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่เพื่อการผลิตพลังงานจากมวลชีวภาพที่มีอยู่ในธรรมชาติ ข้อควรคำนึงในการตัดสินใจเลือกพลังงานทางเลือกใหม่ที่สำคัญ คือ ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันจากฟอสซิล และสามารถควบคุมแหล่งพลังงานใหม่นี้ให้ผลิตได้อย่างต่อเนื่องและไม่มีวันหมด ไบโอดีเซลนับเป็นพลังงานทดแทนทางเลือกหนึ่งที่มีผู้สนใจศึกษากันอย่างมากในปัจจุบัน

การใช้น้ำมันพืชมาเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงแท้จริงแล้วได้เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2440 เมื่อ รูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolph Diesel) ซึ่งเป็นชาวเยอรมัน ได้คิดค้นประดิษฐ์เครื่องยนต์ดีเซลเป็นครั้งแรกของโลก และได้ทดลองใช้น้ำมันถั่วลิสงกับเครื่องดีเซลซึ่งได้นำไปแสดงที่กรุงปารีส ในปี พ.ศ. 2443 ซึ่งเป็นที่สนใจอย่างยิ่งของผู้เข้าชม ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทางเกษตรอีกแนวทางหนึ่ง แต่ในขณะนั้นเรื่องราวของดีเซลยังไม่เป็นที่สนใจหรือแพร่หลายนัก เนื่องจากโลกในช่วงเวลานั้นมีน้ำมันปิโตรเลียมและถ่านหินในปริมาณมากเพียงพอในการใช้เป็นเชื้อเพลิง ในปี พ.ศ. 2455 ก่อนที่รูดอล์ฟ ดีเซล จะเสียชีวิตหนึ่งปี เขาได้กล่าวด้วยความเชื่อมั่นว่า ในอนาคตการใช้น้ำมันจากพืชมาเป็นเชื้อเพลิงจะต้องมีความสำคัญต่อมวลมนุษย์อย่างแน่นอน และสิ่งที่เขากล่าวก็เป็นจริงดังที่ปรากฏในปัจจุบัน ความสนใจการใช้น้ำมันพืชมาเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ได้กลับมาเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันพืชโดยตรงหรือนำไปผสมกับตัวทำละลาย นับเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในเครื่องยนต์ เนื่องจากจะสร้างปัญหากับการทำงานของเครื่องยนต์ได้ในระยะยาวจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ ในเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์ก็สามารถคิดค้นดัดแปลงน้ำมันพืชให้มีความหนืดลดลงและมีคุณสมบัติต่างๆ ที่ดีเหมือนน้ำมันดีเซล อีกทั้งมีข้อดีหลายประการที่เหนือกว่าน้ำมันดีเซล โดยผ่านกระบวนการทางเคมีคือ ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: Warawut.C@chula.ac.th

ไบโอดีเซล คือ แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ที่ผลิตได้โดยกระบวนการปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น โดยนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยาร่วมกับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลและเอทานอล สุดท้ายของปฏิกิริยาก็จะได้แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันหรือไบโอดีเซลนั่นเอง นอกจากนี้แล้วจะเกิดกลีเซอรีนเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมอีกชนิดหนึ่งด้วย ข้อดีของการใช้ไบโอดีเซลมีมากมาย เช่น สามารถลดการนำเงินตราออกนอกประเทศโดยการลดปริมาณการซื้อน้ำมันดิบจากประเทศผู้ผลิตน้ำมันได้อย่างมหาศาล ยิ่งกว่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล การใช้ไบโอดีเซลช่วยรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นได้ เพราะเป็นเชื้อเพลิงสะอาดผลิตจากพืช น้ำมันสัตว์ แม้กระทั่งน้ำมันที่ใช้แล้วก็ตาม จากการศึกษาวิจัยปรากฏว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลสามารถลดการปล่อยก๊าซภาวะเรือนกระจก เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ รวมทั้งไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้เผาผลาญ และฝุ่นเขม่า สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นพืชก็สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ให้กับตนเองในการสังเคราะห์แสงได้หมด จึงไม่มีก๊าซชนิดนี้ปลดปล่อยในสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญเป็นเชื้อเพลิงที่ปราศจากซัลเฟอร์ไม่สร้างสารพิษแก่มนุษย์ นอกจากนี้แล้วสามารถใช้ไบโอดีเซลได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์หรือดัดแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล



น้ำมันพืช แอลกอฮอล์ ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (ไบโอดีเซล) กลีเซอรีน

รูปที่ 1 กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชเพื่อผลิตไบโอดีเซล

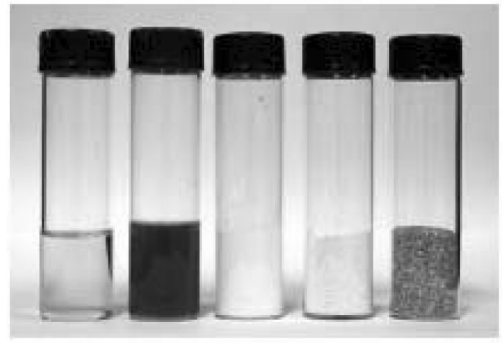
วัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันพืชชนิดต่างๆ การเลือกชนิดของพืชน้ำมันโดยหลักใหญ่แล้วอยู่ที่ว่าพืชใดที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในพื้นที่นั้นๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลืองใช้เป็นวัตถุดิบในสหรัฐอเมริกา น้ำมันจากเมล็ดเรพนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในยุโรป ส่วนน้ำมันที่ใช้แล้วในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมอาหารมักใช้ผลิตไบโอดีเซลในประเทศที่พัฒนาแล้วและมีพื้นที่เกษตรน้อย เช่น ประเทศญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยได้มีการวางยุทธศาสตร์ไบโอดีเซล โดยมีเป้าหมายส่งเสริมให้ใช้วัตถุดิบหลักจากปาล์มดิบ สบู่ดำ และน้ำมันที่ใช้แล้ว และวางเป้าหมายให้มีการผลิตไบโอดีเซล 8.5 ล้านลิตรต่อวัน เพื่อใช้ผสมกับดีเซลร้อยละ 10 ในปี พ.ศ. 2554 และให้มีการส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลในชุมชน และสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่การปลูกปาล์มและสบู่ดำให้มีปริมาณที่เพียงพอเพื่อป้อนโรงงานผลิตไบโอดีเซล อย่างไรก็ตามมาตรฐานของไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นเป็นเรื่องสำคัญที่สุดในการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการนำมาใช้กับเครื่องยนต์โดยไม่มีปัญหาใดๆ

รูปที่ 2 ตัวอย่างพืชน้ำมันในประเทศไทย เช่น ปาล์ม สบู่ดำ มะพร้าว

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจำเป็นต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยาให้ได้ผลผลิตเร็วและสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งตลอดเวลาที่ผ่านมานิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น การผลิตโดยกระบวนการทางเคมีนี้สามารถใช้ได้ดีและเหมาะสมกับไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชที่ไม่มีไขมันอิสระ หรือมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมากเป็นองค์ประกอบ โดยกรดไขมันอิสระนี้เองจะทำให้มีผลเสียต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรีน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนเพิ่มขึ้นเพื่อแยกทั้งไบโอดีเซลและกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวจะทำให้มีผลเสียและกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้กระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีนี้ต้องใช้อุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้การผลิตไบโอดีเซลได้รวดเร็วและให้ผลผลิตสูง จึงต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูงตามไปด้วย

รูปที่ 3 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ในปัจจุบันงานวิจัยของเรามุ่งความสนใจสู่การค้นคว้าวิจัยตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพซึ่งมีข้อดีเหนือตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีหลายประการ ตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ (biocatalyst) เช่น ไลเพส (lipase) เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะจากจุลินทรีย์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น แบคทีเรีย รา และยีสต์ การผลิตไบโอดีเซลโดยตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพนี้นับเป็นกระบวนการใหม่ที่เป็นที่สนใจอย่างยิ่ง วิธีการนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ต้องใช้พลังงานมากมาย เนื่องจากเกิดขึ้นในสภาวะอุณหภูมิปกติทั่วไป ส่วนกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันไม่สร้างปัญหาใดๆ ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล กลีเซอรีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงเกิดขึ้นจะอยู่ในรูปเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ จึงสามารถแยกออกมาจากไบโอดีเซลได้ง่าย และสามารถใช้ประโยชน์ต่อไปโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการผลิตโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี วิธีการใช้เอนไซม์ไลเพสโดยให้อยู่ในรูปตรึงบนวัสดุแข็งและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยที่ยังรักษาความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาได้เหมือนเดิม ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาราคาของเอนไซม์ที่สูงอยู่ให้ลดลงได้ ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ในกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพเพื่อการผลิตไบโอดีเซลจะยังสามารถรักษาสภาพของวิตามินอีที่มีอยู่ในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์มในปริมาณสูงไม่สูญสลาย ซึ่งสามารถแยกออกมาใช้ประโยชน์ได้และมีมูลค่าสูง ในขณะที่สารเหล่านี้ถูกทำลายโดยความร้อนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี อย่างไรก็ตามการใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพในการผลิตไบโอดีเซลยังมีประเด็นที่ต้องทดลองวิจัยและพัฒนาอีกมากมาย เช่น จะทำอย่างไรให้เอนไซม์ไลเพสสามารถทำงานเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ได้ผลผลิตสูงสุด ทำอย่างไรให้ราคาของเอนไซม์ลดลงจนเป็นที่พอใจที่จะสามารถนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ และการพัฒนากระบวนการผลิตจากการเร่งปฏิกิริยาชีวภาพอย่างประหยัดด้วยต้นทุนที่สามารถแข่งขันกับกระบวนการทางเคมีหรือวิธีอื่นๆ ได้



รูปที่ 4 ตัวอย่างเอนไซม์ตรึงรูป

เอกสารอ้างอิง

1. วรวุฒิ จุพาลักษณานุกูล. 2548. การผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการกระตุ้นด้วยเอนไซม์ไลเพส. *Energy Plus กระทรวงพลังงาน* 6: 24.
2. Chulalaksananukul, W., Condoret, J. S. and Combes, D. 1992. Kinetics of Geranyl Acetate Synthesis by Lipase-Catalysed Transesterfication in n-Hexane. *Enzyme and Microbial Technology* 14: 293-298.
3. Chulalaksananukul, W., Condoret, J. S. and Willemot, R. M. 1990. Kinetics Study of Esterification by Immobillized Lipase in n-Hexane. *FEBS Letters* 276: 181-184.
4. Iso, M., Chen, B., Eguchi, M., Kudo, T. and Shrestha, S. 2001. Production of Biodiesel Fuel from Triglycerides and Alcohol Using Immobilized Lipase. *Journal of Molecular Catalysis B* 16: 53-58.
5. Marty, A., Chulalaksananukul. W., Condoret, J. S., Willemot, R. M. and Durand, G. 1990. Comparison of Lipase-Catalysed Esterification in Supercritical Carbon Dioxide and in n-Hexane. *Biotechnology Letters* 12: 11-16.
6. Marty, A., Chulalaksananukul, W., Condoret, J. S., and Willemot, R. M. 1992. Kinetics of Lipase-Catalyzed Esterfication in Supercritical CO_2. *Biotechnology Letters* 39: 273-280.
7. Shimada, Y., Watanabe, Y., Samukawa, T., Sugihara, A., Noda, H., Fukuda, H. and Tomonaga, Y. 1999. Conversion of Vegetable Oil to Biodiesel Using Immobilized *Candida antarctica* Lipase. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76: 789-793.
8. Soumanou, M. M. and Bornscheuer, U. T. 2003. Improvement in Lipase-Catalyzed Synthesis of Fatty Acid Methyl Esters from Sunflower Oil. *Enzyme and Microbial Technology* 33: 97-103.