

การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ Biodiesel Production

จักรพงศ์ ไชยบุรี*

บทคัดย่อ

น้ำมันดีเซลชีวภาพได้รับความสนใจอย่างมากเมื่อไม่นานมานี้ เนื่องจากผลิตขึ้นจากทรัพยากรที่หมุนเวียนได้ และเป็นประโยชน์ในด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามราคาของน้ำมันดีเซลชีวภาพก็ยังเป็นอุปสรรคสำคัญในการที่จะผลิตเพื่อการค้า การที่จะทำให้ราคาของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีราคาถูกลงนั้นมีทางเลือกเบื้องต้น คือ การใช้น้ำมันที่ใช้ทำอาหารแล้วมาใช้เป็นวัตถุดิบ การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพมีวิธีการหลักอยู่ 4 วิธีคือ การนำมาใช้โดยตรงและเป็นน้ำมันผสม การทำเป็นไมโครอิมัลชัน การแตกสลายด้วยความร้อน และการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน วิธีที่นิยมใช้ที่สุดก็คือการใช้น้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์มาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

Abstract

Biodiesel has become more attractive recently because of its environmental benefits and the fact that it is made from renewable resources. The cost of biodiesel, however, is the main hurdle to commercialization of the product. The used cooking oils are used as raw material. There are four primary ways to make biodiesel, direct use and blending, microemulsions, thermal cracking (pyrolysis) and transesterification. The most commonly used method is transesterification of vegetable oils and animal fats.

1. บทนำ

น้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของน้ำมันดีเซล ซึ่งผลิตมาจากทรัพยากรทางชีวภาพที่สามารถจะสร้างขึ้นใหม่ได้ เช่น น้ำมันพืชและไขมันจากสัตว์ และมีข้อดีคือสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ไม่มีพิษ มีความเข้มข้นของไอที่ปล่อยออกมาต่ำ ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม (Krawczyk, 1996 : 801-829)

เมื่อประมาณ 100 ปีที่แล้ว Rudolf Diesel ได้ทดลองใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่เขาสร้างขึ้น (Shay, 1993 : 227-242) หลังจากที่มีการปิโตรเลียมซึ่งมีราคาถูก ได้มีการนำน้ำมันดิบมากลั่นเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลจึงได้พัฒนาขึ้นมาพร้อมกัน ในปีค.ศ. 1930 และ 1940 น้ำมันพืชถูกนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลในบางครั้งบางคราว แต่ก็มักใช้ในสถานการณ์ที่จำเป็นเท่านั้น เมื่อเร็วๆ นี้ จากการที่น้ำมันดิบมีราคาสูงขึ้น

* อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

และเป็นที่ยอมรับกันว่าปิโตรเลียมเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงเรื่องผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชและไขมันจากสัตว์ก็กลับมาได้รับความสนใจอีกครั้งหนึ่ง การเพิ่มปริมาณการใช้ปิโตรเลียมอย่างต่อเนื่องนอกจากจะทำให้มลภาวะในอากาศระดับท้องถิ่นเพิ่มขึ้นอย่างมากแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย (Shay, 1993 : 227-242) น้ำมันดีเซลชีวภาพมีข้อดีในหลายด้านโดยเฉพาะในการทำเหมืองใต้ดินที่มีมลภาวะของอากาศในสภาพแวดล้อมปิด น้ำมันดีเซลชีวภาพมีศักยภาพที่จะลดระดับของมลพิษ และลดระดับของการเกิดเป็นสารก่อมะเร็ง (Krawczyk, 1996 : 801-829)

งานวิจัยในอดีตที่ศึกษาการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืช ประกอบด้วยงานวิจัยน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะเยา และ น้ำมันแรปส์ดี (rapeseed oil) สำหรับน้ำมันจากสัตว์แม้จะกล่าวถึงบ่อยๆ แต่ยังไม่มีการศึกษามากนักเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช วิธีการบางอย่างที่ใช้ได้กับน้ำมันพืชนั้นไม่สามารถใช้ได้กับน้ำมันสัตว์เป็นเพราะคุณสมบัติทางธรรมชาติที่แตกต่างกัน ส่วนน้ำมันจากสาหร่ายทะเลแบคทีเรียและพวกเห็ดรา ก็ได้มีการศึกษาค้นคว้าไว้ด้วยเช่นกัน (Shay, 1993 : 227-242) สาหร่ายทะเลเซลล์เล็ก ๆ ได้มีการศึกษาไว้แล้วว่าสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำมันดีเซลเมทิลเอสเทอร์ได้ (Nagal and Lemke, 1990 : 335-361) และน้ำมันสน กับยางไม้ก็ได้รับการศึกษาว่าทำเป็นน้ำมันดีเซลได้ด้วยเช่นกัน (Calvin, 1985 : 147-160)

2. การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพมีวิธีการหลักอยู่ 4 วิธีคือ

- 2.1 การนำมาใช้โดยตรงและเป็นน้ำมันผสม
- 2.2 การทำเป็นไมโครอิมัลชัน
- 2.3 การแตกสลายด้วยความร้อน
- 2.4 การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

2.1 การนำมาใช้โดยตรงและการผสม (Direct use and blending)

ในช่วงต้นทศวรรษ ปีค.ศ.1980 ได้มีการพิจารณากันว่าน้ำมันพืชที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ Bartholomew (1981 : 286A-288A) ได้เสนอแนวความคิดในการใช้อาหารเป็นเชื้อเพลิง โดยชี้ว่าปิโตรเลียมควรเป็นเพียงทางเลือกหนึ่งของเชื้อเพลิงแทนที่จะเป็นน้ำมันพืชหรือแอลกอฮอล์ รูปแบบของพลังงานที่สามารถสร้างขึ้นใหม่ทดแทนได้จะต้องเริ่มเข้ามาแทนที่ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป งานวิจัยที่ก้าวหน้าที่สุดเป็นการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในแอฟริกาใต้ เนื่องจากพื้นที่ถูกห้ามนำน้ำมันเข้าประเทศ ในปีค.ศ.1980 รถแทรกเตอร์ในบราซิลใช้เครื่องยนต์ที่มีห้องก่อนการสันดาปโดยใช้เชื้อเพลิงที่มีน้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบร้อยละ 10 ซึ่งสามารถช่วยในการรักษากำลังงานรวมของเครื่องยนต์โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์เลย ในทางปฏิบัติจริงไม่สามารถที่จะใช้น้ำมันพืชอย่างเดียวย่อละ 100 แทนน้ำมันดีเซลได้ แต่ควรใช้น้ำมันพืชร้อยละ 20 ผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 80 การทดลองในช่วงเวลาสั้นในบางครั้งสามารถใช้ได้ในอัตราส่วนถึง 50 : 50

รถยนต์เครื่องดีเซลอาจใช้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารแล้วมากรองเพื่อเป็นเชื้อเพลิง (Anon, 1982 : 780A-781A) มีการใช้น้ำมันที่ใช้ทำอาหารแล้ว และน้ำมันที่ใช้แล้วร้อยละ 95 ผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 5 เพื่อใช้งาน การผสมหรือการให้ความร้อนน้ำมันก่อน (preheating) ถูกนำมาใช้เพื่อที่จะลดเขยออุณหภูมิที่เย็นกว่าที่อยู่ล้อมรอบซึ่งจะทำให้ น้ำมันหนืดเกินไป พบว่าไม่มีปัญหาการเกิดโค้ก (coking) และการเกิดคาร์บอน จุดสำคัญคือต้องกรอง

น้ำมันก่อนนำมาใช้และปัญหาเพียงอย่างเดียวที่ได้มีการรายงานเอาไว้คือการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น(ความหนืดจะเพิ่มขึ้นระหว่างการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ polyunsaturated vegetable oil) ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ 4,000-4,500 ไมล์

ข้อดีของการใช้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดีเซลคือ (1) เป็นของเหลวเหมือนกัน (2) ค่าความร้อนของการเผาไหม้มีค่าถึงร้อยละ 80 ของน้ำมันดีเซล (3) หาได้ง่าย (4) สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนข้อเสียคือ (1) ความหนืดสูง (2) การเป็นไอต่ำ (3) มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาของโซไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Pryde, 1983 : 1557-1558) ปัญหาที่พบจะเกิดขึ้นเมื่อใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์เป็นช่วงเวลานานๆ เท่านั้น โดยเฉพาะกับเครื่องยนต์แบบไดเรคอินเจคชั่น (direct-injection) ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ (1) เกิดโค้กพอกบนหัวฉีดน้ำมัน ทำให้ฉีดน้ำมันเป็นฝอยเล็กๆ ไม่ได้ และอาจเกิดการอุดตันของหัวฉีด (2) คาร์บอนสะสมในเครื่อง (3) เป็นวงคราบเขม่า และ (4) น้ำมันหล่อลื่นเกิดเป็นเจลและข้นขึ้นเนื่องจากการปนเปื้อนของน้ำมันพืช

2.2 การทำเป็นไมโครอิมัลชัน (microemulsions)

เพื่อต้องการแก้ปัญหาในเรื่องน้ำมันพืชมีความหนืดสูง จึงได้มีการทำเป็นไมโครอิมัลชันกับตัวทำละลายเช่น เมทานอล เอทานอล และ 1-บิวทานอล

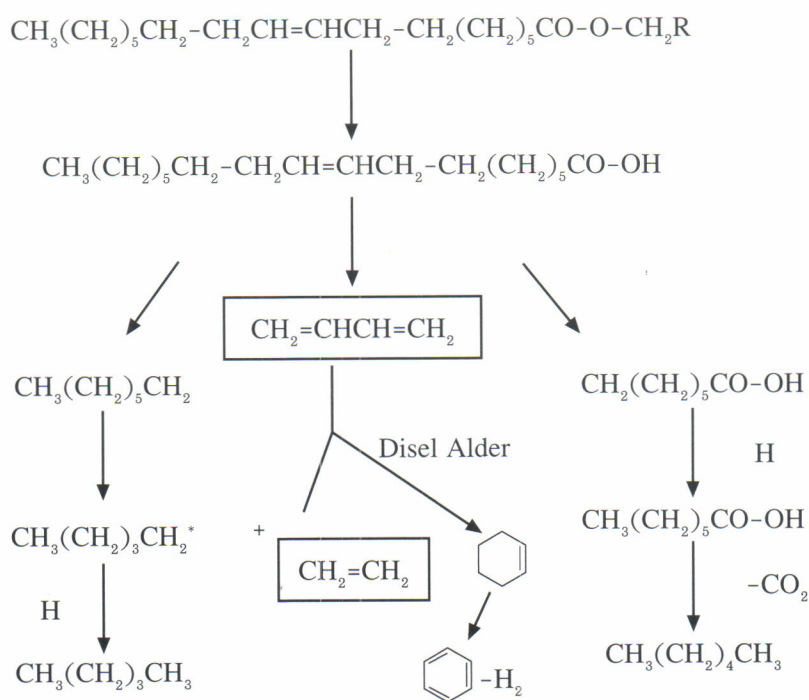
การทำไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-150 นาโนเมตร โดยของเหลวทั้ง 2 ชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดมีประจุและไม่มีประจุ (Schwab et al., 1987 : 1372-1378) วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เป็นละอองฝอยจากหัวฉีดเนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช (Pryde, 1984 : 1609-1610) คุณสมบัติการใช้งานในช่วงเวลาสั้น ๆ ของไมโครอิมัลชันชนิดมีประจุและไม่มีประจุของเอทานอลกับน้ำมันพืชดีเกือบเท่ากับน้ำมันดีเซลเบอร์สอง ทั้ง ๆ ที่มีค่าซีเทนและปริมาณพลังงานต่ำ (Goering et al., 1982b : 279-286)

Ziejewski et al. (1984 : 1620-1626) เตรียมอิมัลชันโดยใช้น้ำมันทานตะวัน 190-พรุฟ เอทานอล (190- Proof ethanol) และ 1-บิวทานอล โดยมีอัตราส่วนปริมาตรเป็น 53 : 13 : 34 พบว่าอิมัลชันไม่มีประจุนี้มีความหนืด 6.31 เซนติพอยต์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าซีเทนเท่ากับ 25 และปริมาณขี้เถ้า (ash) น้อยกว่าร้อยละ 0.01 เมื่อเพิ่มปริมาณของ 1-บิวทานอลในอิมัลชันพบว่าจะได้ความหนืดที่ต่ำลงกับรูปแบบของละอองฝอยที่ดีขึ้น ในการทดสอบเสถียรภาพในการใช้งานในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 200 ชั่วโมงพบว่าไม่มีสิ่งแสดงว่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะด้อยลงแต่อย่างใด แต่ยังคงมีรายงานของปัญหาในเรื่องการเกิดการอุดตันที่หัวฉีดเป็นครั้งคราว การเกิดการสะสมของคราบคาร์บอน การเผาไหม้เกิดไม่สมบูรณ์ และการเพิ่มความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น

2.3 การแตกสลายด้วยความร้อน (Thermal cracking or pyrolysis)

ไพโรไลซิส เป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวหรือโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยด้วย และรวมถึงความร้อนที่เกิดขึ้นโดยไม่ใช้ออกาศหรือออกซิเจน และการแตกพันธะทางเคมีไปเป็นโมเลกุลเล็กๆ (Weisz et al., 1979 : 57-58) เคมีของการเกิดไพโรไลซิสอธิบายได้ยาก เนื่องจากความหลากหลายของปฏิกิริยาและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น วัสดุที่ทำไพโรไลซิสอาจเป็นน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ กรดไขมันธรรมชาติ และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน การทำไพโรไลซิสไขมันถูกค้นคว้ามามากกว่า 100 ปี โดยเฉพาะในส่วนของซีกโลกที่ขาดแคลนปิโตรเลียม

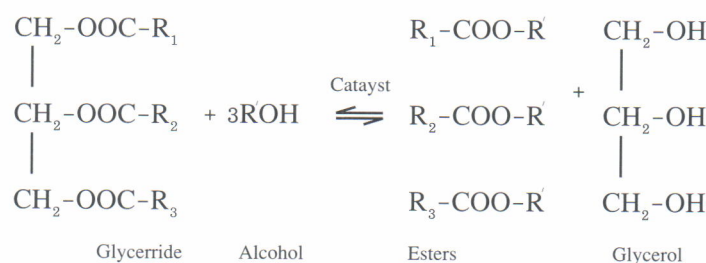
ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 มีการพยายามสังเคราะห์ปิโตรเลียมจากน้ำมันพืชด้วยการทำไพโรไลซิสเป็นครั้งแรก นักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาถึงการทำให้ไพโรไลซิสของน้ำมันพืชเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง ในปี ค.ศ.1974 มีบันทึกรายงานเกี่ยวกับระดับการผลิตที่ใหญ่ของไพโรไลซิสของสบู่แคลเซียมจากน้ำมันมะเยา (Chang and Wan, 1947 : 1543-1548) น้ำมันมะเยาถูกทำให้กลายเป็นสบู่ด้วยหินปูนจากนั้นก็ถูกทำให้แตกตัวด้วยความร้อนได้เป็นน้ำมันดิบ เมื่อนำไปกลั่นก็จะได้น้ำมันดีเซล และได้น้ำมันเบนซินกับน้ำมันก๊าดจำนวนเล็กน้อย สบู่จากน้ำมันมะเยา 68 กิโลกรัมจะสามารถผลิตน้ำมันดิบได้ 50 ลิตร Grossley et al.(1962 : 9-14) ได้ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่อชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการให้ความร้อนกลีเซอไรด์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิด เช่น เกลือของโลหะขนาดใหญ่ พบว่าจะได้พาราฟิน (paraffins) และโอเลฟิน (olefins) เหมือนกันกับที่ได้จากปิโตรเลียม น้ำมันถั่วเหลืองถูกทำให้แตกตัวด้วยความร้อนและถูกกลั่นในเครื่องมือกลั่นตามมาตรฐาน ASTM (Niehaus et al.,1986 : 683-689; Schwab et al.,1988 : 1781-1786) Schwab et al.(1988 : 1781-1786) ใช้น้ำมันดอกคำฝอยที่มีน้ำมันโอเลอินสูง ไฮโดรคาร์บอนจากไพโรไลซิสของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกคำฝอยที่มีปริมาณโอเลอินสูงเมื่อผ่านการกลั่น ได้ปริมาณร้อยละ 73-77 และ ร้อยละ 80-88 ตามลำดับ (Alencar et al.,1983 : 1268-1270; Schwab et al.,1988 : 1781-1786) องค์ประกอบต่างๆ หาโดยใช้ GC-MS กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการแตกสลายด้วยความร้อนของไตรกลีเซอไรด์แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการแตกสลายด้วยความร้อนของไตรกลีเซอไรด์ (Schwab et al.,1988 : 1781-1786)

2.4 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน (Transesterification or Alcoholysis)

ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันหรือแอลกอฮอล์ไลซิส เป็นปฏิกริยาของไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์ เพื่อเกิดเป็นเอสเทอร์ใหม่และกลีเซอรอล ปฏิกริยาแสดงไว้ในรูปที่ 2 มักจะใช้ตัวเร่งปฏิกริยาเพื่อเพิ่มอัตราการเกิด ปฏิกริยาและผลผลิตด้วย เนื่องจากปฏิกริยาเป็นปฏิกริยาที่ย้อนกลับได้ การใช้แอลกอฮอล์มากเกินไปจะช่วยให้ สมดุลเคลื่อนไปทางผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2 ปฏิกริยาการทำเอสเทอร์ิฟิเคชันไตรกลีเซอไรด์ด้วยแอลกอฮอล์

อะลิฟาติกแอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหมู่เดียวและมีคาร์บอน 1-8 อะตอม สามารถนำมา ใช้ทำปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันเช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล บิวทานอล และเอมีลแอลกอฮอล์หรือ เพนทานอล ซึ่งระหว่างแอลกอฮอล์ต่างๆ เหล่านี้เมทานอลและเอทานอลถูกนำมาใช้บ่อยที่สุด โดยเฉพาะเมทานอล เพราะมีราคาถูกและประโยชน์ในด้านคุณสมบัติทางกายภาพของมัน (ความมีขี้ และ เป็นแอลกอฮอล์ที่มีโซ่สั้นที่สุด) ซึ่งจะสามารถทำปฏิกริยาได้รวดเร็วกับไตรกลีเซอไรด์ และ NaOH ก็สามารถละลายได้ง่ายในเมทานอลด้วย มวลสาร สัมพันธ์ของการทำปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ คือ ใช้อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 3 : 1 ของแอลกอฮอล์ กับไตรกลีเซอไรด์ ในทางปฏิบัติจะต้องใช้อัตราส่วนที่สูงกว่านี้เพื่อให้สมดุลของปฏิกริยามีทิศทางที่จะได้ผลผลิตของ เอสเทอร์มากที่สุด ปฏิกริยาสามารถเร่งด้วยด่าง กรด หรือเอนไซม์ โดยที่ตัวเร่งปฏิกริยาที่เป็นด่างประกอบด้วย NaOH KOH คาร์บอเนต และพวกโซเดียมหรือแคลเซียมเอทอกไซด์ เช่น โซเดียมเมทอกไซด์ โซเดียมเอทอกไซด์ โซเดียมโพรพอกไซด์ และโซเดียมบิวทอกไซด์ ตัวเร่งปฏิกริยาที่เป็นกรดนั้นมักจะใช้กรดซัลฟิวริก กรดซัลโฟนิค และ กรดไฮโดรคลอริก ส่วนตัวเร่งปฏิกริยาทางชีวภาพนั้นสามารถใช้ไลเปส (lipases) ได้ การทำปฏิกริยา ทรานส์เอส- เทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกริยาจะเร็วกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่ง และใช้มากกว่าในทางการค้า

Freedman et al. (1986 : 1375-1380) ได้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของ น้ำมันถั่วเหลือง การทำเอสเทอร์เมื่อใช้บิวทานอลและน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) ในอัตราส่วนโมลเท่ากับ 30 : 1 และ ใช้ H_2SO_4 เข้มข้นร้อยละ 1 อุณหภูมิ 77-117 องศาเซลเซียส โดยสังเกตผลที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปครั้งละ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผลของเวลาและอุณหภูมิกับอัตราของปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นเส้นโค้งรูปตัวเอส (S) ซึ่งอธิบาย ได้ว่าปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรก แล้วค่อยๆ เกิดเร็วขึ้น และจะลดลงอีกครั้งที่ปฏิกริยาใกล้เสร็จสมบูรณ์ ปฏิกริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกริยาอันดับหนึ่งเทียมเมื่อใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งเมื่อใช้บิวทานอล : SBO ในสัดส่วน 6 : 1 ปฏิกริยาไปข้างหน้าโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งเป็นปฏิกริยาอันดับสองที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน (consecutive) ส่วนเมื่อ ใช้บิวทานอล : SBO ในสัดส่วน 6 : 1 โดยเติมโซเดียมเมทอกไซด์ร้อยละ 0.5 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นการเกิดขึ้นร่วม กันระหว่างปฏิกริยาอันดับสองที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันกับปฏิกริยาชั้้น (Shunt reactions) อันดับสี่ ค่าคงที่ของ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาที่ใช้ต่างเป็นตัวเร่งจะมากกว่าเมื่อใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยา พลังงานกระตุ้น (activation energy, E_a) มีค่าอยู่ในช่วง 8-20 กิโลแคลอรี/โมล ค่าพลังงานกระตุ้นในปฏิกิริยาขั้นที่ของการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นกลีเซอรอลมีค่า 20 กิโลแคลอรี/โมล

กลีเซอรอลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจะต้องทำให้น้ำกลับไปใช้ได้ใหม่สามารถแยกกลีเซอรอลได้โดยให้ตกตะกอนหรือแยกโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifuging)

ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นกระบวนการที่ใช้ผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในทวีปยุโรปและในอเมริกา และใช้ผลิตเมทิลเอสเทอร์สำหรับรถบรรทุกและเครื่องบินด้วยการทำทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีการกล่าวถึงไว้มากมายในเอกสารทางวิทยาศาสตร์และสิทธิบัตร (Bradshaw and Meuly, 1944 : 360-844; Freedman et al., 1984 : 1638-1643; Freedman et al., 1986 : 1375-1380; Schwab et al., 1987 : 1372-1378; Allen et al., 1945 : 383-579; Trent, 1945 : 383-632; Tanaka et al., 1981 : 303-590; Wimmer, 1992b : 349-571; Ali, 1995 : 289-293; Ma et al., 1999 : 289-293)

3. สรุป

วิธีที่นิยมใช้ที่สุดในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพก็คือการทำทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันและไขมันตามธรรมชาติ จุดมุ่งหมายของกระบวนการก็คือการลดความหนืดของน้ำมันหรือไขมันลง แม้ว่าวิธีไมโครอิมัลชันและวิธีการผสมน้ำมันด้วยตัวทำละลายก็สามารถลดความหนืดได้เช่นกัน แต่ยังเกิดปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ การเกิดคราบคาร์บอน และการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนวิธีไพโรไลซิสนั้นจะผลิตน้ำมันเบนซินออกมามากกว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือ อัตราส่วนโดยโมลของกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ ตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยา และปริมาณของกรดไขมันอิสระกับน้ำในน้ำมันและไขมัน อัตราส่วนโดยโมลที่ยอมรับกันโดยทั่วไปของแอลกอฮอล์ต่อน้ำคืออัตราส่วน 6 : 1 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดหรือใช้เอนไซม์

4. เอกสารอ้างอิง

- Alencar, J.W., Alves, P.B. and Craveiro, A.A. "Pyrolysis of tropical vegetable oils," **J. Agric. Food Chem.** 31 : 1268-1270 ; 1983.
- Ali, Y. **Beef tallow as a biodiesel fuel.** PhD. Dissertation. USA : University of Nebraska-Lincoln, 1995.
- Allen, H.D., Rock, G. and Kline, W.A. "Process for treating fats and fatty oils," **US Patent.** 2 : 383-579 ; 1945.
- Anon. "Filtered used frying fat powers diesel fleet," **JAOCs.** 59 : 780A-781A ; 1982.
- Bartholomew, D. "Vegetable oil fuel," **JAOCs.** 58 : 286A-288A ; 1981.
- Bradshaw, G.B. and Meuly, W.C. "Preparation of detergents," **US Patent.** 2 : 360-844 ; 1944.
- Calvin, M. "Fuel oils from higher plants," **Ann. Proc. Phytochem. Soc. Eur.** 26 : 147-160 ; 1985.
- Chang, C.C. and Wan, S.W. "China's mortar fuels from tung oil," **Ind. Eng. Chem.** 39 : 1543-1548 ; 1947.

- Freedman, B., Pryde, E.H. and Mounts, T.L. "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils," **JAOCS**. 61 : 1638-1643 ; 1984.
- Freedman, B., Butterfield, R.O. and Pryde, E.H. "Transesterification kinetics of soybean oil," **JAOCS**. 63 : 1375-1380 ; 1986.
- Goering, C.E., Campion, R.N., Schwab, A.W. and Pryde, E.H. **In vegetable oil fuels, proceedings of the international conference on plant and vegetable oils as fuels.** North Dakota. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, MI 4 : 279-286 ; 1982b.
- Grossley, T. D., Heyes, T.D. and Hudson, B.J.F. "The effect of heat on pure triglycerides," **JAOCS**. 39 : 9-14 ; 1962.
- Krawczyk, T. "Biodiesel-Alternative fuel makes inroads but hurdles remain," **INFORM**. 7 : 801- 829 ; 1996.
- Ma, F., Clements, L.D. and Hanna, M.A. "The effect of mixing on transesterification of beef tallow," **Bioresource Technology**. 69 : 289-293 ; 1999.
- Nagel, N. and lemke, P. "Production of methyl fuel from miceoalgea," **Appl. Biochem. Biotechnol**. 24 : 355-361 ; 1990.
- Niehaus, R.A., Goering, C.E., Savage, L.D. and Sorenson, S.C. "Cracked soybean oil as a fuel for a diesel engine," **Trans. ASAE**. 29 : 683-689 ; 1986.
- Pryde, E.H. "Vegetable oil as diesel fuel: Overview," **JAOCS**. 60 : 1557-1558 ; 1983.
- Pryde, E.H. "Vegetable oil as fuel alternatives - symposium overview," **JAOCS**. 61 : 1609-1610 ; 1984.
- Schwab, A.W., Bagby, M.O. and Freedman, B. "Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils," **Fuel**. 66 : 1372-1378 ; 1987.
- Schwab, A.W., Dykstra, G.J., Selke, E., Sorenson, S.C. and Pryde, E.H. "Diesel fuel from thermal decomposition of soybean oil," **JAOCS**. 65 : 1781-1786 ; 1988.
- Shay, E.G. "Diesel fuel from vegetable oils: status and opportunities," **Biomass and Bioenergy**. 4 : 227-242 ; 1993.
- Tanaka, Y., Okabe, A. and Ando, S. "Method for the preparation of a lower alkyl ester of fatty acids," **US Patent**. 4 : 303-590 ; 1981.
- Trent, W.R. "Process of treating fatty glycerides," **US Patent**. 2 : 383-632 ; 1945.
- Weisz, P.B., Haag, W.O. and Rodeweld, P.G. "Catalytic production of high-grad fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-delective catalysis," **Science**. 206 : 57-58 ; 1979.
- Wimmer, T. "Preparation of esters of fatty acids with short-chain alcohols," **Austrian AT**. 349-571 ; 1992b.
- Ziejewski, M., Kaufman, K.R., Schwab, A.W. and Pryde, E.H. "Diesel engine evalution of a nonionic sunflower oil-aqueous ethanol microemulsion," **JAOCS**. 61 : 1620-1626 ; 1984.