บทนำ

ในปัจจุบันการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนที่จะนำมาใช้กับเครื่องจักรดีเซลมีความสำคัญมากขึ้นเนื่องจากการลดลงของแหล่งพลังงานปิโตรเลียมสำรอง ส่งผลให้ราคาน้ำมันจากปิโตรเลียมซึ่งประเทศไทยไม่สามารถผลิตได้เอง ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศถึง 90% มีราคาสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ยังผลกระทบต่อราคาสินค้าที่สูงขึ้น และภาวะเศรษฐกิจของประเทศที่เสียดุลการค้ากับต่างประเทศที่มีมูลค่ามหาศาล ซึ่งในส่วนของน้ำมันดีเซลนั้นในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2005 พบว่าความต้องการใช้เพิ่มขึ้นถึง 8% จากปีที่แล้วคือ 302,400 บาเรลต่อวัน นอกจากนี้การใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของไอเสียที่มาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรที่ใช้ปิโตรเลียม ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดการทำลายของชั้นโอโซนเป็นต้นเหตุของสภาวะเรือนกระจก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานใหม่ที่เป็น renewable, sustainable, สามารถผลิตได้เองในท้องถิ่น, มีความปลอดภัยและไม่ก่อมลภาวะหรือทำลายสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากรายงานการวิจัยมากมายระบุว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันหรือไขมันจากพืชหรือสัตว์มาทดแทนดีเซลจากปิโตรเลียมได้

น้ำมันปาล์มจัดเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยมากที่สุด เนื่องจากสามารถปลูกได้ในประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศที่เหมาะสมโดยเฉพาะทางตอนใต้ของประเทศจึงไม่จำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศมากนัก จัดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนได้ (renewable resource) นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบคือสามารถช่วยแก้ปัญหาภาวะราคาปาล์มตกต่ำที่เป็นปัญหามาโดยตลอด ประกอบกับรัฐบาลชุดปัจจุบันได้วางนโยบายเพื่อเพิ่มพื้นที่การปลูกปาล์มขึ้นอีก 800,000 เอเคอร์ ภายในปี 2007 จากที่มีอยู่แล้วในขณะนี้ 600,000 เอเคอร์ เพื่อให้เพิ่มกำลังการผลิตน้ำมันปาล์มดิบเป็น 7 ล้านตันต่อปี ซึ่งน้ำมันปาล์มที่เพิ่มขึ้นนี้จะนำไปใช้กับเครื่องจักดีเซลในอีก 4 ปีข้างหน้าดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีมารองรับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีในประเทศให้มากและคุ้มค่าที่สุด อีกทั้งไม่ทำลายสภาวะแวดล้อมหรือก่อให้เกิดการสะสมของสารตกค้างที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งการผลิตไบโอดีเซลได้เองจะช่วยลดกำลังการนำเข้าปิโตรเลียม รวมถึงการนำเข้าเพื่อซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ นอกจากนี้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มยังมีคุณสมบัติเทียบเท่าดีเซลจากปิโตรเลียม โดยจากการเปรียบเทียบดีเซลจากปิโตรเลียมกับไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ รวมถึงน้ำมันปาล์ม พบว่า ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่วนค่าพลังงานความร้อน (volumetric heating values) ต่ำกว่าเล็กน้อย เช่นเดียวกับไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดอื่น ในขณะเดียวกันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีค่า Cetane number ที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล (Fukuda *et al.*, 2001) นอกจากนี้ Yamane และคณะ (อ้างโดย Fukuda *et al.*, 2001) พบว่า ไบโอดีเซลที่มีปริมาณ methyl oleate สูงมีจุดติดไฟที่ดี อีกทั้งยับยั้งการเกิด กรดไนตรัสออกไซด์, HCHO, CH_3CHO และ HCOOH ให้เกิดในระดับต่ำ ซึ่งน้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมัน oleic acid อยู่เป็นองค์ประกอบส่วน

ใหญ่สูงถึง 42.8% (Ng *et al.*, 2003) ดังนั้นน้ำมันปาล์มจึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย

อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันพืชหรือสัตว์เป็นแหล่งเชื้อเพลิงโดยตรงนั้นมักจะก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องจักรดีเซล เช่น การอุดตัน การจับตัวกันของเขม่า การเกิดคราบเหนียว และส่งผลเสียต่อการหล่อลื่นเครื่องจักร เนื่องจากสารหล่อลื่นถูกน้ำมันพืชเข้าปนเปื้อนเกิดลักษณะเหนียวเป็นเจล อีกทั้งน้ำมันพืชยังมีความหนืดสูงมากกว่าน้ำมันดีเซล 11-17 เท่า มีการระเหยต่ำทำให้เกิดการสะสมเป็นตะกรันสะสมในเครื่องจักรเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากการที่น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ประกอบด้วยโมเลกุลใหญ่ของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีกลีเซอรอลเป็น backbone ที่มีกรดไขมันสามโมเลกุลเข้ามาจับโดยพันธะเอสเทอร์ นอกจากไตรกลีเซอไรด์แล้วในน้ำมันพืชโดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบอื่นๆเช่น กรดไขมันอิสระ, ฟอสฟอลิปิด, sterol, น้ำและสิ่งเจือปนอื่นๆ (Meher *et al.*, 2006) จึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงโครงสร้างทางเคมีเพื่อให้อยู่ในรูปที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนแหล่งดีเซลได้ ซึ่งกระบวนการที่ใช้กันคือ การเผาไหม้น้ำมันด้วยความร้อนสูง (pyrolysis), การผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์ (micro-emulsification) และปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่น (transesterification) หรืออีกชื่อหนึ่งคือ แอลกอฮอล์ไลซีส (alcoholysis)

กระบวนการที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลทางการค้าในปัจจุบัน และนับเป็นกุญแจสำคัญในการผลิตเชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชที่สะอาดและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมคือ กระบวนการที่ใช้ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการแทนที่ของแอลกอฮอล์ในโมเลกุลของเอสเทอร์ด้วยแอลกอฮอล์อีกชนิดหนึ่ง โดยกระบวนการที่คล้ายกับ hydrolysis เพียงแต่ใช้แอลกอฮอล์แทนที่จะเป็นน้ำ จึงเรียกกระบวนการนี้อีกชื่อหนึ่งว่า แอลกอฮอล์ไลซีส กระบวนการนี้ช่วยทำให้ไตรกลีเซอไรด์ (น้ำมันพืช, สัตว์) มีความหนืดลดลง ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นเกิดขึ้นได้ต้องอาศัย กรด ด่าง หรือเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่ง ซึ่งในการผลิตไบโอดีเซลทางการค้ามักใช้กระบวนการที่มีด่าง เช่น NaOH หรือ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นนั้นมีข้อจำกัด คือน้ำมันที่ใช้เป็นวัฤดิบในการผลิตจะต้องมีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) ต่ำกว่า 3% ปฏิกิริยาจึงจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ หากค่ากรดไขมันอิสระสูงขึ้นนอกจากมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำมันไปเป็นไบโอดีเซลต่ำลงแล้ว ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดสบู่ และการสูญเสียด่างที่เป็นตัวเร่งโดยถูกทำให้เป็นกลางด้วยกรดไขมันอิสระ ส่วนสบู่ที่เกิดขึ้นก็ไปขัดขวางการแยกเอากลีเซอรอลออกจากไบโอดีเซลที่ได้ ซึ่ง Ma และคณะ (1998 อ้างโดย Meher และคณะ, 2006) พบว่า เมื่อมีการเติมกรดไขมันอิสระ 0.6% ผลผลิตไบโอดีเซลจากไขมันวัว จากการใช้ปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นที่เร่งด้วย NaOH ลดลงเหลือน้อยกว่า 5% แต่หากมีการเติมน้ำลงไปในระบบ 0.9% ผลผลิตลดลงเป็น 17% Freedman และคณะ (1984) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ในการผลิตโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นจะทำให้ได้ผลผลิตสูงถึง 93-98 % ในขณะที่น้ำมันดิบให้ผลผลิตเพียง 67-86% ดังนั้นในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งจำเป็นต้องใช้

น้ำมันพืชที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ ซึ่งถ้าเป็นน้ำมันปาล์มก็ตกลิตรละ 15-16 บาท ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่วนการเร่งปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งนั้นสามารถใช้กับน้ำมันที่มีคุณภาพต่ำ เช่น น้ำมันดิบ หรือน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว ได้ดีโดยให้ผลผลิตอัลคิลเอสเทอร์สูง แต่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้ามาก และยังต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100 °ซ มากกว่า 3 ชั่วโมงเพื่อทำให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ Freedman และคณะ (1984) พบว่าการเร่งปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันถั่วเหลืองด้วย 1% HCl ที่อุณหภูมิ 65°ซ โดยมีอัตราส่วนแอลกอฮอล์กับน้ำมันเป็น 30:1 จะต้องใช้เวลานานมากกว่า 20 ชั่วโมงในการทำปฏิกิริยา ในขณะที่การทำปฏิกิริยาที่ 117 และ 78°ซ ต้องใช้เวลา 3 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ

การเร่งปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยการใช้เอนไซม์ไลเปสเป็นวิธีที่สามารถหลีกเลี่ยงข้อจำกัดที่เกิดจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยกรดหรือด่างได้ เนื่องจากเอนไซม์สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้กับทั้งไตรกลีเซอไรด์และกรดไขมันอิสระโดยไม่ก่อให้เกิดสบู่ ทำให้สามารถใช้กับน้ำมันที่มีความบริสุทธิ์ต่ำหรือน้ำมันที่มีราคาถูก เช่น น้ำมันดิบหรือน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วได้ดี เป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยา ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาที่เร่งโดยเอนไซม์ไลเปสนี้สามารถทำบริสุทธิ์ คือแยกออกจากกลีเซอรอลได้ง่าย โดยไม่มีปัญหาการเกิดอีมัลชั่นเนื่องจากสบู่ อย่างไรก็ตามการใช้ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้นก็ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือเอนไซม์ไลเปสที่ขายทางการค้ามีราคาแพง และต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ และมีการพัฒนาคุณสมบัติของเอนไซม์ให้เหมาะสมกับน้ำมันหรือไขมันที่ประเทศเขาผลิตเองได้ ดังนั้นการใช้เอนไซม์จากต่างประเทศอาจมีความจำเพาะต่ำกับกรดไขมันที่มีอยู่มากในน้ำมันปาล์ม ส่งผลให้ผลผลิตไบโอดีเซลต่ำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ไลเปสที่มีความจำเพาะและย่อยน้ำมันปาล์มได้ดี ซึ่งสามารถพบได้โดยทั่วไปในสิ่งแวดล้อมที่มีการสะสมและย่อยสลายวัสดุและผลพลอยได้จากปาล์ม ดังเช่น บริเวณโรงงานน้ำมันปาล์ม หรือสวนปาล์ม ส่วนการลดต้นทุนในการทำบริสุทธิ์เอนไซม์คือ การใช้เซลล์จุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ไลเปสตรึงไว้กับตัวกลาง (whole cell biocatalyst) ซึ่งเป็นวิธีที่มีศักยภาพสูงในการหมุนเวียนใช้เอนไซม์ได้หลายๆครั้ง ซึ่งมีผลทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของการใช้เอนไซม์ไลเปสได้ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการทำบริสุทธิ์เอนไซม์ และการตรึงเซลล์ทำให้สามารถใช้เซลล์ในการผลิตไบโอดีเซลซ้ำๆกันได้หลายครั้ง ดังนั้นการใช้ whole cell biocatalyst จึงเป็นวิธีที่มีศักยภาพสูงในการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตเอนไซม์ไลเปสและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรมได้