บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

(National Geographic ,2547) จากข้อมูลวารสาร National Geographic ฉบับเดือนมิถุนายน 2547 ได้สรุปตัวเลขข้อมูลปริมาณสำรองน้ำมันปิโตรเลียมทั่วโลก ซึ่งมีเหลืออยู่ 1,079,247 ล้านบาร์เรลโดยมีอัตราการผลิตของประเทศผู้ผลิตน้ำมันทั่วโลกรวมกันปีละประมาณ 22,693 ล้านบาร์เรล ซึ่งถ้าไม่มีการสำรวจแหล่งน้ำมันใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกและคิดอัตราการใช้น้ำมันคงที่ ก็จะเห็นว่า น้ำมันปิโตรเลียมน่าจะหมดจากโลกนี้ภายในระยะเวลาประมาณ 50 ปี เท่านั้น และนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกก็ต้องวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นๆ มารองรับ รวมทั้งการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานทดแทนก็มีการผลิตอย่างแพร่หลายมานานแล้วในหลายประเทศ เช่น ในปี 2545 ประเทศเยอรมนีซึ่งเป็นประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป มีการผลิตไบโอดีเซลสูงสุดถึง 1,000,000 ตันต่อปี รองลงมาเป็นประเทศฝรั่งเศส อิตาลี และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล,2545) ในส่วนของประทศไทยวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดีเซลที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่ปลูกสูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด และเป็นพืชน้ำมันที่เจริญได้ดีในแถบมรสุม เช่น ภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูก 2 ล้านไร่ในปี 2547 และสามารถปลูกได้ถึง 12 ล้านไร่ ซึ่งจะทำให้ประเทศไทยในอนาคตผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในได้รวมประมาณ 5.82 ล้านตันต่อปี โดยจะใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคประมาณ 1.2 – 1.5 ล้านตันต่อปี และที่เหลืออีก 4.3 – 4.6 ล้านตัน จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้ประมาณ 5,000 ล้านลิตรต่อปี หรือเท่ากับประมาณ 30% ของการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศในปัจจุบัน(สำนักกองทุนฟื้นฟูและพัฒนาเกษตรกร,2548)

ปัญหาสำคัญในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน คือ ไม่สามารถแข่งขันด้านราคากับน้ำมันดีเซลได้ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ ได้แก่ ไขสเตียริน กรดไขมันปาล์ม น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรีไฟน์ มีปัญหาในด้านราคาที่ไม่คงที่ สาเหตุจากการผลิตน้ำมันปาล์มในประเทศไทยเป็นการผลิตเพื่อการบริโภค เช่น น้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันทอดในอุตสาหกรรม และมาการีน เป็นต้น ทำให้ราคาของน้ำมันปาล์มดิบขึ้นลงตามความต้องการน้ำมันปาล์มในท้องตลาดโดยมีราคาต่ำสุด – สูงสุดในช่วง 13 - 22 บาท ไม่สามารถผลิตเมทิลเอสเตอร์อย่างต่อเนื่องและบางครั้งราคาต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเตอร์มีราคาสูงกว่าราคาน้ำมันดีเซลมาก

และถึงแม้ว่าจะมีการทดลองนำน้ำมันปาล์มทอดใช้แล้วซึ่งมีราคาถูกมาผลิตเมทิลเอสเตอร์ แต่จะมีปัญหาในการเก็บรวบรวมให้ได้ในปริมาณที่มากพอสำหรับการผลิต จึงจำเป็นต้องหาแหล่งวัตถุดิบที่มีปริมาณมากพอในการผลิต อีกทั้งวัตถุดิบชนิดนั้นต้องสามารถลดต้นทุนในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ลงได้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านราคากับน้ำมันดีเซล

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ซึ่งทำการศึกษาและทดลองผลิตเมทิลเอสเตอร์จากไขน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ได้ศึกษาความเป็นไปได้ขั้นต้นของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเตอร์โดยจากข้อมูลแผนยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมัน พบว่า ประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ได้มาตรฐาน 25 โรงงาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) มีปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ลบ. เมตร/ตันทะลายปาล์มสด น้ำทิ้งมีสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณสารอินทรีย์สูง โดยมีค่าซีโอดี สารแขวนลอยและน้ำมัน เท่ากับ 52.45 , 12.48, และ 8.72 กก. /ตันทะลายปาล์มสด (พูลสุข และคณะ, 2544) และไขน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียมีกรดไขมันอิสระ (FFA) มากกว่า 70 % สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลแทนส่วนกลั่นกรดไขมันปาล์ม (palm fatty acid distillate; PFAD) ได้

ในด้านราคา จากราคาขายของบริษัทสตูล อินดัสทรี เมื่อเดือนมิถุนายน 2546 ที่ผ่านมาไขน้ำมันในระบบบำบัดมีราคา 3 บาทต่อกิโลกรัม ถ้าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 1 โรงที่กำลังการผลิต 300 ตันทะลายปาล์มสดต่อวัน จะมีปริมาณไขน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 63 ตัน และจะมีปริมาณไขน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 1,575 ตันของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั้งประเทศ จึงเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณวัตถุดิบและราคาต้นทุนการผลิต ซึ่งเมื่อแปรรูปเป็นเมทิลเอสเตอร์จะทำให้มีราคาแข่งขันกับดีเซลจากน้ำมันปิโตรเลียมและสามารถพัฒนาไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

ตรวจเอกสาร

1. เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์

เมทิลเอสเตอร์กรดไขมันเป็นส่วนประกอบหลักในอุตสาหกรรม oleochemical มีการใช้ เมทิลเอสเตอร์แทนกรดไขมันเพิ่มขึ้นในหลายๆ อุตสาหกรรม ส่วนใน Lion of Japan ใช้เมทิลเอสเตอร์ในการผลิตสบู่ และนอกจากนี้แล้วเมทิลเอสเตอร์ยังสามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้อีกด้วย

1.1 ข้อดีของเมทิลเอสเตอร์

1.2.1 Lower energy consumption การผลิตเมทิลเอสเตอร์ ใช้ อุณหภูมิ และความดันต่ำกว่าการแตกตัว (splitting) ไขมัน และน้ำมัน เพื่อให้ได้กรดไขมัน

1.2.2 Less expensive equipment เนื่องจากเมทิลเอสเตอร์ ไม่เป็นสารกัดกร่อน และสามารถผลิตได้ภายใต้สภาวะ อุณหภูมิ และความดันต่ำ ดังนั้นกระบวนการนี้สามารถใช้กับอุปกรณ์ที่เป็นเหล็กคาร์บอน (carbon steel) ส่วนกรดไขมันที่ได้จาก splitting process มีความสามารถในการกัดกร่อน จึงต้องใช้อุปกรณ์ จำพวก heavy– duty stainless steel

1.2.3 More concentrated glycerine by–product transesterification เป็นปฏิกิริยาแห้ง (dry reaction) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็น กลีเซอริน ขณะที่ splitting process ของไขมัน นั้นได้ กลีเซอริน กับน้ำ ซึ่งมากกว่า 80% ของผลที่ได้ทั้งหมด เป็นน้ำ ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดการย้อนกลับอย่างช้า ๆ ซึ่งใช้พลังงานมากกว่า

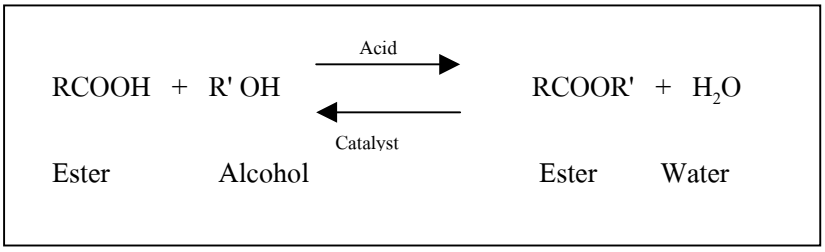
1.2.4 Easier to distill-fractionate เอสเตอร์จะกลั่นได้ง่ายกว่า เพราะมีจุดเดือดต่ำกว่า และค่าความร้อนคงที่ (heat stable) กว่า กรดไขมัน

1.2.5 Superior to fatly acid as chemical intermediate in some applications ในการผลิต alkanolamides เอสเตอร์ สามารถผลิต superamides ที่มีความบริสุทธิ์ถึง 90% ตรงข้ามกับกรดไขมันผลิต amides ที่มีความบริสุทธิ์ เพียง 65-70%

1.2.6 Easier to transport เพราะว่าเป็นสารเคมีที่มีความคงตัวสูง และไม่กัดกร่อน เอสเตอร์ จึงขนส่งได้ง่ายกว่ากรดไขมัน

1.2 เคมีของปฏิกิริยา esterification และปฏิกิริยา transesterification

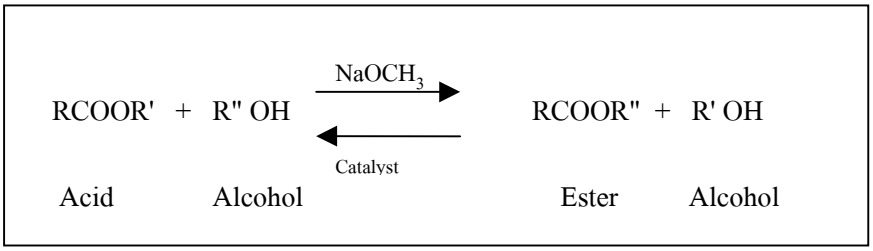
Esterification เป็นปฏิกิริยาของกรดกับแอลกอฮอล์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้กลายเป็นเอสเตอร์ มีสมการทั่วไปดังนี้



ภาพประกอบ 1 เคมีของปฏิกิริยา Esterification

โดยทั่วไปจะใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา esterification เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นต้องมีการดึงน้ำออกเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปทางด้านขวามือเพื่อเพิ่มผลได้ (yield) ของเอสเตอร์

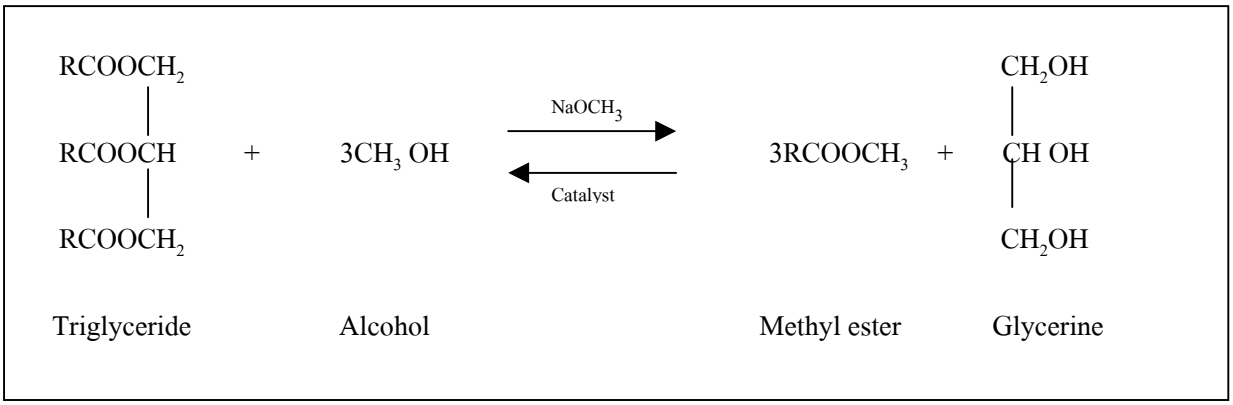
Transesterification เป็นปฏิกิริยาที่เอสเตอร์ทำกับสารประกอบอื่นเกิดเป็นเอสเตอร์ตัวใหม่ สารประกอบอื่นอาจเป็นกรด, แอลกอฮอล์ หรือเอสเตอร์อื่นเป็นกรณีพิเศษของปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น อาจเรียกชื่อปฏิกิริยาเป็น acidolysis, alcoholysis และ ester interchange มีสมการทั่วไปดังนี้



ภาพประกอบ 2 เคมีของปฏิกิริยา Transesterification

ในกรณีนี้ได้เอสเตอร์ตัวใหม่ และจะใช้ Alkaline เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในที่นี้ใช้โซเดียมเมทิลเลท (sodium methylate) แต่โซเดียมไฮดรอกไซด์ก็สามารถใช้ได้เช่นกัน Transesterification เป็นปฏิกิริยาสมดุล ถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาดำเนินไปทางขวาทำได้โดยใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ หรือดึงผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออกจากปฏิกิริยาทั้งหมด Transesterificationในเทอมทั่วไปถ้าใช้เมทานอลจะเรียกว่า methanolysis ที่นิยมใช้เมทานอลเนื่องจากมีราคาถูก แต่แอลกอฮอล์ชนิดอื่นก็สามารถใช้ได้เช่นกัน

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวกับไขมันและน้ำมันโดยใช้เมทานอลในการทำปฏิกิริยา สามารถเขียนได้ดังนี้



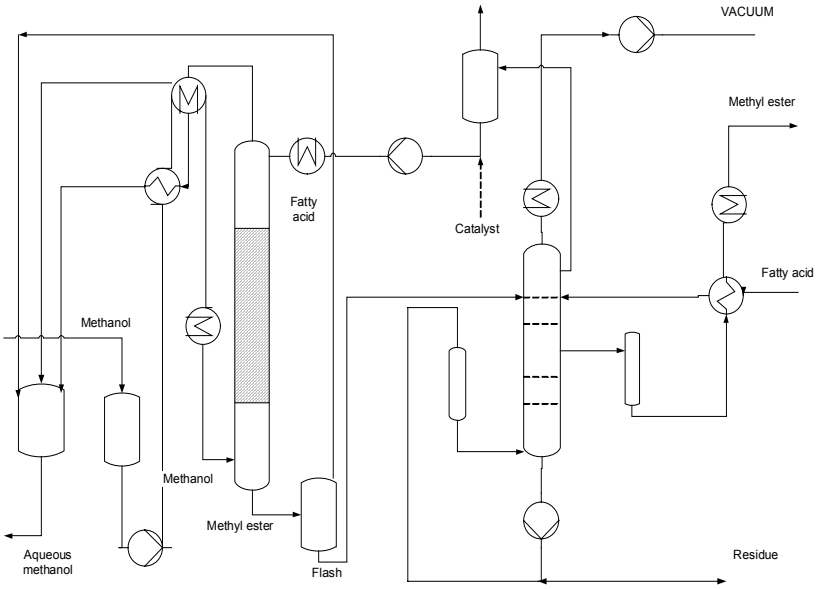
ภาพประกอบ 3 ปฏิกิริยา Transesterification โดยมีไตรกลีเซอไรด์เป็นสารตั้งต้น

ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาข้างต้นจะเป็นปฏิกิริยารวม ซึ่งจะประกอบด้วยการผันกลับต่อเนื่อง คือ จากไตรกลีเซอไรด์ เป็น ไดกลีเซอไรด์ และเป็นโมโนกลีเซอไรด์ กับ 1 โมลของเมทิลเอสเตอร์ที่แตกตัวไป และจากดุลมวลสารข้างต้น ต้องการ 3 โมลเมทานอล ต่อ 1โมลไตรกลีเซอไรด์ จึงใช้เมทานอลมากเกินพอ 100% ซึ่งจะให้อัตราการเปลี่ยน (conversion rate) สูง และจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด alkaline โดยทั่วไปนิยมใช้ โซเดียมเมทิลเลท แต่ก็สามารถใช้ KOH หรือNaOH ส่วนอัตราการเปลี่ยนขึ้นกับอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อให้เวลาที่เพียงพอปฏิกิริยาก็จะดำเนินไปสมบรูณ์ได้ ณ อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิจุดเดือดของเมทานอล และความไม่บริสุทธิ์ในน้ำมันส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนด้วย โดยภายใต้เงื่อนไขเดียวกันถ้าใช้น้ำมันพืชที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการกลั่นจะได้ 67 – 84 % conversion แต่ถ้าใช้น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการกลั่นจะได้ 94 – 97% Conversion และกรดไขมันอิสระในน้ำมันจะรบกวนการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิ และความดันสูงๆปัญหานี้จะหมดไป (Hui ,1996)

1.3. กระบวนการผลิตเมทิลเอสเตอร์

รายงานของ Kreutzer (1984) กรดไขมันเมทิลเอสเตอร์ได้มาจากปฏิกิริยา esterification ของกรดไขมัน หรือ transesterification ของไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำปฏิกิริยาดังนี้

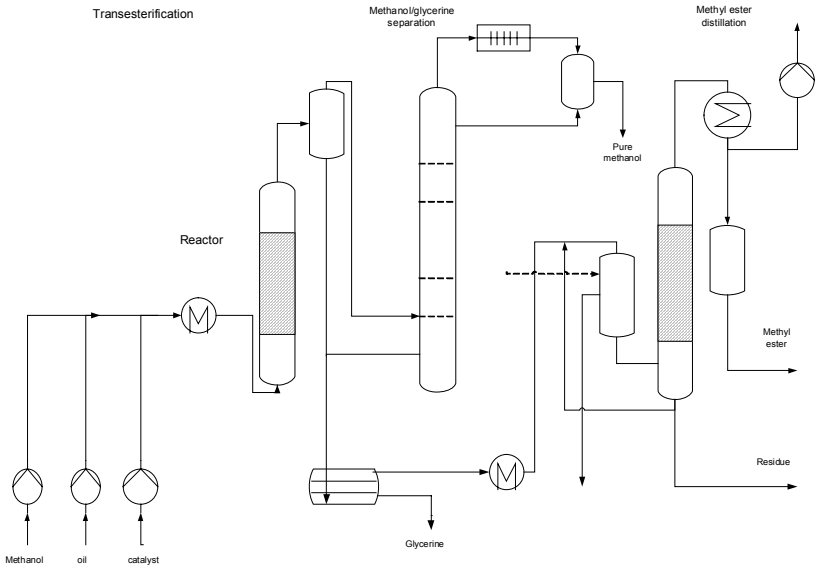
Esterification process โดยทั่วไปจะใช้อยู่ 2 วิธีคือ batch process และ continuous process โดย batch process จะทำภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 200 – 250 °C เมื่อปฏิกิริยาถึงสมดุลจะดึงน้ำออกเพื่อให้ได้ผลได้ของเอสเตอร์สูงๆ ส่วนกระบวนการที่นิยมใช้คือ continuous esterification ใน countercurrent reaction column Henkel ได้พัฒนาเทคโนโลยีนี้ขึ้นมาซึ่งมีหลักการคือ ปฏิกิริยา esterification จะเกิดพร้อมกับการดูดซับไอของไอเมทานอล (superheated methanol vapor) การไม่ดูดซับของน้ำ (ภาพประกอบ 4) และให้ความร้อนแก่กรดไขมันก่อนมีตัวเร่งปฏิกิริยาและก่อนการป้อนเข้าไปในหอกลั่นชนิด double bubble plate จากด้านบนของหอกลั่น โดยจะไหลสวนทางกันกับเมทานอลที่ป้อนจากก้นหอกลั่น ปฏิกิริยานี้จะใช้ความดันประมาณ 10 บาร์ (bar) และอุณหภูมิ 240°C ข้อดีของกระบวนการนี้คือสามารถประหยัดเมทานอลโดยใช้เมทานอลที่มากเกินพอที่อัตราส่วนโมลาร์เป็น 1.5:1 ของเมทานอลต่อกรดไขมัน เมื่อเทียบกับแบบ batch process ที่อัตราส่วนโมลาร์ 3-4:1 และเมทิลเอสเตอร์ที่ได้จากการกลั่นนี้ไม่ต้องนำไปกลั่นซ้ำ และเมทานอลที่ใช้ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เมทานอลที่มากเกินพอจะออกจากด้านบนของหอกลั่นกับน้ำที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา (เมทานอล:น้ำ = 50:50 %น้ำหนัก) เมทิลเอสเตอร์จะออกมาจากก้นหอ และส่งไป flash vessel เพื่อดึงเมทานอลออก แล้วจึงเข้าสู่หน่วยกลั่น เนื่องจากเมทิลเอสเตอร์ที่ได้จาก flash vessel มีค่าความเป็นกรดต่ำถึง 0.5 จึงไม่จำเป็นต้องกลั่นซ้ำ (refining) เมทิลเอสเตอร์ จะถูกแยกออกจากตัวเร่งปฏิกิริยาโดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นส่วนที่เหลือใช้ (residue) ภายใต้สุญญากาศ ส่วนเมทานอลจะถูกทำให้บริสุทธิ์และนำกลับมาใช้อีก



ภาพประกอบ 4 การผลิตเมทิลเอสเตอร์จากกรดไขมันโดยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชั่น

Transesterification ของไขมันและน้ำมัน เป็นกระบวนการที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ ไตรกลีเซอไรด์จะกลายเป็นเอสเตอร์ที่ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิประมาณ 50-70 °C กับเมทานอลที่มากเกินพอ ในตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด alkaline ภายเงื่อนไขนี้ต้องมีการดึงกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ออกจากน้ำมันโดยการกลั่นหรือทำการ pre esterification ก่อนสู่กระบวนการ transesterification แต่การเตรียมน้ำมันที่กล่าวมานี้ไม่มีความจำเป็นถ้าดำเนินภายใต้ความดันสูง (90 บาร์) และอุณหภูมิสูง (240°C)

(ภาพประกอบ 5) แสดง process flow diagram ของหน่วยที่ใช้ใน continuous transesterification ที่ ความดัน และอุณหภูมิสูง น้ำมันที่ใช้ไม่ต้องผ่านกระบวนการกลั่น (unrefined oil) เมทานอลที่มากเกินพอ และตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมดนี้จะถูกทำให้ร้อนจนอุณหภูมิ 240°C ก่อนป้อนเข้าแบบ parallel flow ที่ด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์โดยใช้ metering pump ผ่าน flash vessel ไปที่ถังแยก (separator) โดยชั้นบนจะเป็นเมทิลเอสเตอร์ ชั้นล่างจะเป็นกลีเซอรอล ในส่วนของ bubble tray column จะมีการคืนกลับของเมทานอลที่บริสุทธิ์ทางด้านบนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการ transesterification ด้านล่างของ bubble tray column จะส่วนที่เป็นของผสมระหว่างเมทิลเอสเตอร์-กลีเซอรอล ซึ่งกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 90% จะถูกดึงออกจากกระบวนการเอสเตอร์ และเมทิลเอสเตอร์จะถูกป้อนเข้าในคอลัมน์ distillation เพื่อทำให้บริสุทธิ์



ภาพประกอบ 5 การผลิตเมทิลเอสเตอร์จากกรดไขมันโดยปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่น

ในกรณีที่ทำปฏิกิริยา transesferification ภายใต้ความดันบรรยากาศ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ pressure vessel ซึ่งจะมีการลงทุนต่ำกว่า และจะได้เมทานอลที่มากเกินพอจากกระบวนการต่ำกว่าในกรณีที่เป็น pressure process ซึ่งสารละลายเมทานอลจากกระบวนการข้างต้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และกระบวนการภายใต้ความดันบรรยากาศต้องดึงกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันก่อน ส่วน transesferification ภายใต้ความดันนี้สามารถป้อนน้ำมันได้เลยโดยที่ไม่ต้องมีการดึงกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันก่อน ซึ่งเป็นการประหยัดเงินในด้านพลังงาน

2 การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

2.1 การศึกษาด้านวิศวกรรม เป็นการศึกษาเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิต ให้เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย

2.1.1 การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของกระบวนการ เลือกขนาดกำลังการผลิต และรูปแบบเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต เพื่อรองรับโปรแกรมการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการตลาด

2.1.2 ศึกษาสถานที่ตั้งโรงงาน โดยพิจารณาราคาที่ดิน รวมทั้งปัจจัยการผลิตด้านการสาธารณูปโภค เช่น พลังงานไฟฟ้า น้ำ การคมนาคมขนส่ง และระบบการกำจัดน้ำเสีย

2.1.3 ศึกษาปริมาณ แหล่ง การขนส่งและค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ

2.1.4 ศึกษาการวางผังโรงงานและโครงสร้างสิ่งก่อสร้าง

2.2 การศึกษาด้านการบริหาร เป็นการศึกษาเพื่อให้องค์กรการบริหารในระยะดำเนินงาน โดยศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบ การบริหารภายใน และ บุคลากร

2.3 การศึกษาด้านการเงิน เป็นการศึกษาที่นำผลที่ได้จากการศึกษาด้านการตลาด (ซึ่งในที่นี้ไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากได้ตั้งสมมติฐานว่าผลิตได้เท่าไร ขายได้หมด) และด้านวิศวกรรมมาประกอบการพิจารณาด้านการเงิน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมทางด้านการเงินของโครงการ การศึกษาด้านการเงินประกอบด้วย

2.3.1 การประมาณการเงินลงทุนของโครงการ เพื่อให้ทราบเกี่ยวกับเงินลงทุนของทรัพย์สินถาวรซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับ เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต อาคารและสิ่งปลูกสร้าง จัดเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง อาทิ ค่าออกแบบก่อสร้าง งานก่อสร้าง งานสาธารณูปโภค เป็นต้น

2.3.2 การประมาณการต้นทุนและการดำเนินงาน ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต เพื่อ ให้ทราบค่าใช้จ่ายประมาณการของต้นทุนผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางตรง ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงงานทางตรง ค่าแรงงานทางอ้อม ค่าเสื่อมราคา ค่าไฟฟ้า รวมทั้งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการผลิตของโรงงาน การประมาณการต้นทุนและการดำเนินงาน เป็นข้อมูลที่จะทำให้ทราบถึงโครงสร้างต้นทุนของการผลิต

2.4 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุน

จุดประสงค์ในการวิเคราะห์การลงทุน เพื่อศึกษาว่าโครงการลงทุนดังกล่าวมีความเหมาะสมในด้านการเงินอย่างไร โดยจะพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร ผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลากี่ปี ฯลฯ ซึ่งในที่นี้จะได้วิเคราะห์ผลตอบแทน ดังนี้

2.4.1 อัตราผลตอบแทนที่ต่ำสุด (I_{MARR})

2.4.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

2.4.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

2.4.4 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

2.4.5 อัตราส่วนผลได้และต้นทุน (Benefit-Cost Ratio)

2.4.6 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

2.4.1 อัตราผลตอบแทนต่ำสุด

อัตราผลตอบแทนต่ำสุดของโครงการสามารถหาได้โดยใช้อัตราส่วนของจำนวนเงินและดอกเบี้ยจากแหล่งต่าง ๆ ที่ได้มา

2.4.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน

อัตราผลตอบแทนการลงทุน จะแยกพิจารณา 2 ลักษณะ คือ

2.4.2.1 การหาอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนในโครงงานทั้งสิ้น

การหาอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนทั้งสิ้น (Internal Rate of Return) คือ ค่าที่ทำให้ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดไหลเข้าสุทธิในแต่ละปีของโครงการมีมูลค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+r)^t} - I_c = 0 \qquad (1)$$

โดย

I_c = เงินลงทุนของโครงการ

A_t = กระแสเงินสดไหลเข้าสุทธิในปีที่ t

n = อายุโครงการ

r = อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุน

ในการลงทุนต่างโครงการใด ๆ ก็ตาม เมื่อดำเนินงานจนครบอายุโครงการแล้ว มูลค่าของการลงทุนนั้นมิได้มีค่าลดลงเป็นศูนย์ทีเดียว แต่ยังมีมูลค่าซากเหลืออยู่ มูลค่าการลงทุนที่เหลืออยู่ในปีสุดท้ายของโครงการจะต้องนำมาพิจารณาร่วมกับปริมาณเงินสดรับ หรือจ่ายสุทธิด้วย เพื่อคำนวณหาผลตอบแทนของโครงการที่แท้จริง เนื่องจากมูลค่าที่เหลืออยู่นี้จะเป็นเงินสดรับหากมีการโอนจำหน่ายกิจการให้บุคคลอื่นต่อไป

มูลค่าการลงทุนคงเหลือ คือ $\frac{I_c}{(1+r)^n}$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$I = \frac{A_1}{(1+r)^1} + \frac{A_2}{(1+r)^2} + \ldots + \frac{A_n}{(1+r)^n} + \frac{I_c}{(1+r)^n} \qquad (2)$$

2.4.3 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาดำเนินงานที่ทำให้มูลค่าการลงทุนสะสมเท่ากับมูลค่าผลตอบแทนเงินสดสุทธิสะสม

ระยะเวลาคืนทุน เมื่อคิดผลตอบแทนเป็นเงินสดในราคาปัจจุบันเมื่อดำเนินกิจการใด ๆ หากผลตอบแทนที่ได้รับคุ้มกับจำนวนเงินลงทุนได้เร็วเท่าใด กิจการนั้นก็นับว่าดีมากเท่านั้น เพราะทำให้โอกาสเสี่ยงต่อการลงทุนในอนาคตมีน้อยลง และยังสามารถนำผลตอบแทนที่ได้ไปลงทุนในกิจการอื่น ๆ ได้อีก ระยะเวลาคืนทุนสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ว่า

$$\sum_{t=1}^{n} A_t >= \sum_{t=1}^{n} I_t \qquad (4)$$

และ

$$\sum_{t=1}^{n} A_t >= \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t + P_t}{(1+i)^t} \qquad (5)$$

เมื่อ

A_t = ผลตอบแทนเงินสดสุทธิในปีที่ t เป็นมูลค่าปัจจุบัน

I_t = การลงทุนในปี t เป็นมูลค่าปัจจุบัน

t = ปีที่ดำเนินการผลิต

n = จำนวนปีที่ผลตอบแทนเงินสดสุทธิเท่ากับการลงทุน

P_t = ดอกเบี้ยเงินกู้ในปีที่ t

R_t = เงินสดรับสุทธิในปีที่ t

I = อัตราผลตอบแทนต่ำสุดของโครงการ

2.4.4 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วในแต่ละปี ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการวัดค่าความคุ้มค่าของโครงการ

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน (Net Present Value: NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t}{(1+k)^t} - C \qquad (6)$$

โดยที่

C = เงินทุนแรกเริ่ม

R_t = กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n

k = อัตราส่วนลดขั้นต่ำที่ต้องการ

n = จำนวนปีของโครงการ

2.4.5 อัตราส่วนผลได้และต้นทุน

$$\text{อัตราส่วนผลได้และต้นทุน} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลได้}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน}}$$

ซึ่ง ถ้าอัตราส่วนนี้ = 1 หมายถึง ผลได้และต้นทุนมีค่าเท่ากัน จะเลือกโครงการหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยอื่นประกอบ

ถ้าอัตราส่วนนี้ < 1 หมายถึง ผลได้มีค่าน้อยกว่าต้นทุน จึงไม่สมควรที่จะเลือกลงทุนในโครงการนั้น ๆ

ถ้าอัตราส่วนนี้ > 1 หมายถึง ผลได้มีค่ามากกว่าต้นทุน จึงน่าที่จะเลือกโครงการนี้อยู่ในลำดับของการคัดเลือกโครงการ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาคริต ทองอุไรและคณะ,2544 ทำการผลิตไบโอดีเซลจากผลิตผลปาล์ม โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่นแบบแบทช์ ใช้เมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารเข้าทำปฏิกิริยาและใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีกรรมวิธีการผลิต 6 ขั้นตอนคือ การเตรียมน้ำมัน การเตรียมสารละลาย การทำปฏิกิริยา การแยกกลีเซอรัล การล้างและการขจัดน้ำ ผลผลิตถูกตรวจวัดองค์ประกอบด้วยเทคนิค thin layer chromatograph พบว่าเมทิลเอสเตอร์ที่ได้มีความบริสุทธิ์เกือบ 100% เมื่อการผลิตเหมาะสม โดยสัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 1:6 หรือเมทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 20% โดยน้ำหนัก และโซดาไฟ 0.5-1% ของน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60-80 ºC โดยมีการกวนประมาณ 15-30 นาที นาน 3-4 ชั่วโมง เมทิลเอสเตอร์ที่ได้มีสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เช่น ความหนืด ความหนาแน่น ความร้อน และช่วงอุณหภูมิการกลั่น แต่จุดไหลเทสูงกว่าน้ำมันดีเซลเนื่องจากการมีสัดส่วนเมทิลเอสเตอร์ที่อิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวในปริมาณสูง

สุรีย์พร,2538 ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออกเพื่อหาขนาดของอุตสาหกรรมที่มีความคุ้มค่ามากที่สุดโดยเปรียบเทียบกำลังการผลิต 3 ขนาด คือ 4,000 ตัน/ปี 6,000 ตัน/ปี และ12, 000 ตัน/ปี โดยวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมเกี่ยวกับวัตถุดิบ การเลือกกระบวนการผลิต การวางผังโรงงาน เครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต และระบบสาธารณูปโภค ตลอดจนวิเคราะห์ด้านการเงินเกี่ยวกับต้นทุน และผลตอบแทนการลงทุน

สุวิทย์ และคณะ, 2545 ศึกษาและประเมินความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย เพื่อนำเอทานอลที่ความเข้มข้น 99.5% โดยปริมาตรไปใช้เป็นสารเพิ่มออกเทนในน้ำมันแก๊สโซลีน โดยผสมเอทานอลในปริมาณ 10% โดยวิเคราะห์เกี่ยวกับศักยภาพวัตถุดิบด้านการเกษตร ออกแบบกระบวนการผลิต วิเคราะห์กระบวนการผลิต ในรูปแบบต่างๆ โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์ต่างๆด้วยโปรแกรมจำลองกระบวนการทางวิศวกรรมเคมี ตลอดจนวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ และปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อตัดสินเลือกกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบแต่ละ รวมถึงการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อราคาวัตถุดิบมีผลต่อต้นทุนการเอทานอล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อราคาแก๊สโซฮอล์

Y. Zhang ,et al.,2003 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรีไซเคิลจากการปรุงอาหารทำการประเมินด้านการออกแบบและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต โดยใช้ซอฟท์แวร์จำลองกระบวนการผลิตคำนวณสมดุลมวลและพลังงาน สภาวะในการดำเนินการผลิต รวมถึงขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลปริมาณ 8,000 ตัน/ปี ใช้เมทานอลเป็นตัวทำปฏิกิริยา หน่วยการผลิตหลัก ๆ คือ ถังปฏิกรณ์ หอกลั่น หอสกัด เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ปั๊มและหน่วยแยก ซึ่งมีการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียใน 4 กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ในกระบวนการที่หนึ่งและสองทำการผลิตไบโอดีเซลภายใต้กระบวนการตัวเร่งปฏิกิริยาอัลคาไลน์จากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ และน้ำมัน รีไซเคิลจากการปรุงอาหารตามลำดับ พบว่ากระบวนการแรก ใช้อุปกรณ์ง่ายที่สุดแต่ราคาของวัตถุดิบแพงกว่าทุกกระบวนการ ส่วนกระบวนการที่สองแม้ว่าราคาวัตถุดิบต่ำแต่กระบวนการผลิตมีหน่วยผลิตมากและซับซ้อน เพราะจำเป็นต้องเพิ่มหน่วยให้ความร้อนเพื่อลดกรดไขมันอิสระในส่วนของสารป้อน ในกระบวนการที่สามและสี่ใช้น้ำมันรีไซเคิลจากการปรุงอาหารภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด พบว่า ในกระบวนการที่สามมีหน่วยการผลิตน้อยกว่ากระบวนการที่สอง ไม่จำเป็นต้องเพิ่มหน่วยให้ความร้อนแก่สารป้อน วัตถุดิบมีราคาถูก แต่ขนาดของถังปฏิกรณ์ หอกลั่นเมทานอลและหน่วยแยกอื่นมีขนาดใหญ่ เนื่องมาจากการป้อนเมทานอลที่มากเกินพอ กระบวนการที่สี่เหมือนกระบวนการที่สาม แต่มีการเพิ่มหน่วยสกัดเฮกเซนเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอีมัลชั่นระหว่างกระบวนการแยกด้วยน้ำจึงมีอุปกรณ์มากกว่า โดยทั่วไปการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงงานต้องพิจารณาทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต และทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีเรื่องราคาของวัตถุดิบมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กระบวนการตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดโดยใช้น้ำมันรีไซเคิลจากการปรุงอาหาร เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลในเชิงการค้า

Mohamad I. ,et al.,2002 ทำการทดลองใช้น้ำมันใช้แล้วจากปาล์มในการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 90 ^{o}C ทำปฏิกิริยากับเอทานอล (commercial 96%) มีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลฟิวริกและกรดไฮโดรคลอริก สภาวะความเป็นกรด

ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.25 M ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ100% ตามลำดับ เมื่อทำการทดลองตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลฟิวริกและกรดไฮโดรคลอริก ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอคงที่ 100% และเมื่อทำการทดลองระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นคงที่ 2.25 M เพื่อเปรียบเทียบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและกรดไฮโดรคลอริกให้ conversion (yield) ที่ดีที่สุด พบว่า ที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาสูง (1.5-2.25 M) จะให้ไบโอดีเซลที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นกว่าที่ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำ ที่ความเข้มข้นคงที่ 2.25 M ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกดีกว่ากรดไฮโดรคลอริกมีความถ่วงจำเพาะต่ำ นอกจากนี้ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 100% ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นและมีความถ่วงจำเพาะต่ำ ดีกว่าที่ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอต่ำ กระบวนการที่ดีที่สุด คือ กรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2.25 M กับระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 100% สามารถลดความถ่วงจำเพาะจาก 0.916 จนมีค่าสุดท้ายที่ 0.837 เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง และไบโอดีเซลมีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโทเนียน (Newtonian fluid)

4. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.1 ออกแบบและคำนวณตามหลักวิศวกรรมเคมีของแต่ละหน่วยการผลิตของเมทิลเอสเตอร์โดยใช้น้ำมันปาล์มจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

4.2 วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อหาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงงานผลิตเมทิลเอสเตอร์จากไขน้ำมันในบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

5.1 ผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีความสามารถในการแข่งขันด้านราคากับน้ำมันดีเซลซึ่งได้จากน้ำมันปิโตรเลียม

5.2 นำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์มูลค่าเพิ่มและลดภาระการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

5.3 เป็นประโยชน์ในด้าน การค้า เกษตรกรรม พลังงาน และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่อง ตลอดจนหน่วยงานรัฐบาลในการกำหนดนโยบายพัฒนาด้านพลังงานทดแทน

6. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์

6.1 เชิงเทคนิค ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ หลังจากนั้นทำการทดลองผลิตเมทิลเอสเตอร์ในชุดต้นแบบทำปฏิกิริยาแบบกะขนาด 40 ลิตร และทำการปรับปรุงคุณภาพเมทิลเอสเตอร์ที่ได้โดยการกลั่นใสในชุดกลั่นใสขนาด 3 ลิตร รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันโดยใช้เครื่อง Thin Layer Chromatography (TLC) และวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC)

6.2 เชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากความไม่แน่นอนของนโยบายการใช้เมทิลเอสเตอร์เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล เช่น โครงการ B 2 หรือการใช้เมทิลเอสเตอร์ 2 % ต่อน้ำมันดีเซล 98% , โครงการ B 50 เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงตั้งสมมุติฐานเป็นโครงการ B100 นั่นคือใช้เมทิลเอสเตอร์เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 100% โดยขายเมทิลเอสเตอร์แก่กลุ่มเกษตรกรสหกรณ์นิคม โดยจะทำการผลิตที่วันละ 1 กะ 8-10 ชั่วโมงต่อวัน และกำหนดที่ตั้งโรงงาน อยู่บริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนั้นจึงไม่พิจารณาในเรื่องของระบบบำบัดน้ำเสีย และขนาดบ่อน้ำเสียของโรงงานผลิตเมทิลเอสเตอร์เนื่องจากใช้ร่วมกับโรงสกัด ด้านพลังงานใช้พลังงานไฟฟ้าในการกลั่นเมทิลเอสเตอร์ และใช้เส้นใยปาล์มเป็นเชื้อเพลิงหรืออาจใช้ไอน้ำส่วนที่เหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันมาใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ และสุดท้ายวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนการแปรรูปต่อหน่วย และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ในด้านผลตอบแทนการลงทุนใช้เกณฑ์ IRR NPV B/C และ ระยะเวลาคืนทุน