

การศึกษาความเป็นไปได้ขั้นต้นในการจัดตั้งโรงงานผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
ของแข็ง CaO/SrO/ZnO

PRE-FEASIBILITY STUDY OF THE BIODIESEL PRODUCTION PLANT FROM WASTE COOKING OIL
USING SOLID CATALYST CaO/SrO/ZnO

นายอนุชา ตันติไชยบริบูรณ์ 50057132

นายอภิมนตรี ดวงจันทร์ 50057207

ผศ.ดร. กานติส สุตสาคร

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 02-9428555 ต่อ 1203 และ 1204 โทรสาร 02-5614621 E-mail: fengkds@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ขั้นต้นในการจัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO เป็นการศึกษาและออกแบบกระบวนการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วย ตัวเร่งปฏิกิริยาวិวิพันธุ์ (Heterogeneous Catalyst) เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิพันธุ์มีข้อดีคือ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และยังลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการล้างผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตจากระดับปฏิบัติการ และทำการศึกษาคำการใช้งานโปรแกรม Aspen Plus เพื่อทำการออกแบบกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และทำสมดุลมวลสารและพลังงานของกระบวนการผลิต เนื่องจากโปรแกรม Aspen Plus ช่วยให้การคำนวณที่ซับซ้อนสามารถทำได้ง่ายขึ้น และสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยในกระบวนการผลิตได้ง่าย เช่น กำลังการผลิต โดยหลังจากการทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานด้วยโปรแกรม Aspen Plus เมื่อต้องการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 50,516 ลิตรต่อวัน หรือ 44,454 กิโลกรัมต่อวัน จะต้องใช้ใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 45,000 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ esterification 24,165 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ transesterification 18,302 กิโลกรัมต่อวันและจะได้ผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอล 3,898 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น 48,755,151 กิโลจูลต่อวัน จากนั้นศึกษาการใช้งานโปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer เพื่อช่วยในการประเมินราคาในการจัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง

และทำการประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV) = 51,506,864 ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR) = 16.66% ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุน ที่ยอมรับได้คือ 15% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) = 14.22 ปี จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าคุ้มค่าในการลงทุนทำโครงการนี้

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว, ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิพันธุ์

Abstract

The objective of pre-feasibility study of the biodiesel production from waste cooking oil using solid catalyst (CaO/SrO/ZnO) is to study and design biodiesel process because the advantages of heterogeneous catalyst are reuseable and less amount of wastewater from washing process. In this project , starting with study and collect data from lab-scale experiment and study about Aspen Plus, program to design and simulate biodiesel processes with complicate calculation, and use Aspen Plus to find mass balance and energy balance and scales up to commercial-scale process. After simulation with capacity of biodiesel is 50,516 litres per day (44,454 kilogrames per day) by used Waste cooking

oil 45,000 kilograms per day , methanol is used in esterification process 24,165 kilograms per day , methanol is used transesterification process 18,302 kilograms per day , get glycerol (by-product) 3,898 kilograms per day and used total energy 48,755,151 kilojoules per day. Then, we use Aspen Process Economic Analyzer program to do plant cost estimation and pre-feasibility study. We found that (Net Present Value , NPV) = 51,506,864 which is more than zero , (Internal Rate of Return , IRR) = 16.66% which is more than desired rate of return (15%) and (Payback Period) = 14.22 years so this project should be invested.

Keywords: Biodiesel, Waste cooking oil, Solid catalyst

1. บทนำ

น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งในประเทศไทย ในภาวะราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นและกระทบต่อการพัฒนาของประเทศ แหล่งปิโตรเลียมที่มีอย่างจำกัดและจำเป็นต้องสำรวจและขุดเจาะเพิ่มขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น รวมไปถึงปริมาณความต้องการและการใช้น้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้แนวโน้มราคาน้ำมันจึงสูงขึ้นเรื่อย ๆ

เชื้อเพลิงจากพืชและธรรมชาติจึงมีความจำเป็นสำหรับหลาย ๆ ประเทศ รวมทั้งประเทศไทยที่ต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนจากปิโตรเลียมที่กำลังจะหมดลง ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งก็แพงขึ้นอย่างมาก จึงทำให้เราต้องหาแหล่งพลังงานทดแทน มาทดแทนน้ำมันกันอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็น พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy), พลังงานลม (Wind Energy), พลังงานชีวมวล (Biomass), ไบโอดีเซล (Biogas) และที่ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุดตอนนี้เห็นจะเป็น "ไบโอดีเซล" (Biodiesel) ซึ่งภาครัฐกำลังให้การสนับสนุน เพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทนน้ำมัน และลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ และยังเป็นทางเลือกเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรด้วย

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตได้จากชีวมวลจำพวกพืช น้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง ปาล์ม มะพร้าว เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน

หมุนเวียน (Renewable energy) สามารถปลูกทดแทนได้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจะดึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศไปใช้ จึงเป็นหนทางควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและลดปัญหาโลกร้อน การเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (B100) เกิดขึ้นได้สมบูรณ์กว่าและให้ออกซิเจนที่สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล ไม่ก่อให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากในไบโอดีเซลไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ช่วยลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนลงร้อยละ 65 ลดปริมาณเขม่าลงร้อยละ 45 และลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลงร้อยละ 41 แต่ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ร้อยละ 6) ซึ่งแก้ไขได้โดยการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสม

ซึ่งในปัจจุบันได้มีการตื่นตัวในเรื่องพลังงานทดแทนที่สามารถสร้างใหม่ได้อย่างมาก โดยรัฐบาลไทยเองก็ได้มีการส่งเสริมสนับสนุนให้ผลิตไบโอดีเซลขึ้น วัตถุประสงค์ที่มีศักยภาพในการผลิต ไบโอดีเซล ในประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันพืชสกัดใหม่ อีก 8 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันถั่วลิสง, น้ำมันละหุ่ง, น้ำมันงา, น้ำมันเมล็ดทานตะวัน, และน้ำมันสบู่ดำ การผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกันหลายแห่ง โดยส่วนใหญ่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของเหลว หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous Catalyst) ซึ่งไม่สามารถที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำได้ นอกจากนี้ยังใช้น้ำจำนวนมากในการล้างเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากสารอื่น ทำให้เกิดเป็นน้ำเสียจำนวนมาก ต่อมาในระยะหลังเริ่มมีนักวิจัยให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous Catalyst) หรือตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งกันมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับปฏิบัติการเท่านั้น การขยายกำลังการผลิตในระดับอุตสาหกรรมสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งในประเทศไทย ยังไม่มีการรายงานมากนัก

ดังนั้นในโครงการนี้สนใจที่จะออกแบบและศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการสร้างโรงงานผลิตไบโอดีเซล (Pre feasibility study of the biodiesel production plant) จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง คือ CaO/SrO/ZnO ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous Catalyst) โดยในการออกแบบเบื้องต้นมีการใช้โปรแกรม Aspen plus มาช่วยในการหาค่าสมดุลมวล และสมดุลพลังงาน ซึ่งจะมีข้อดีในด้าน การ

คำนวณที่ซับซ้อนสามารถทำได้ง่ายขึ้น และสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตได้ง่ายขึ้น เช่น กำลัการผลิต, สภาวะในการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น หลังจากนั้นทำการประมาณราคาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตั้งโรงงาน รวมถึงทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการประเมินทางเศรษฐศาสตร์โดยในส่วนี้มีการใช้โปรแกรม Icarus มาช่วยเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

2. วิธีการทดลอง

ทำการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO (Singsat *et al.*, 2010) และใช้โปรแกรม Aspen Plus version 7.0 (Aspen Plus User Interface) ออกแบบและทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานของกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO ในระดับอุตสาหกรรม และใช้งานโปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer 7.0 (Icarus) ประเมินราคาในการจัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO

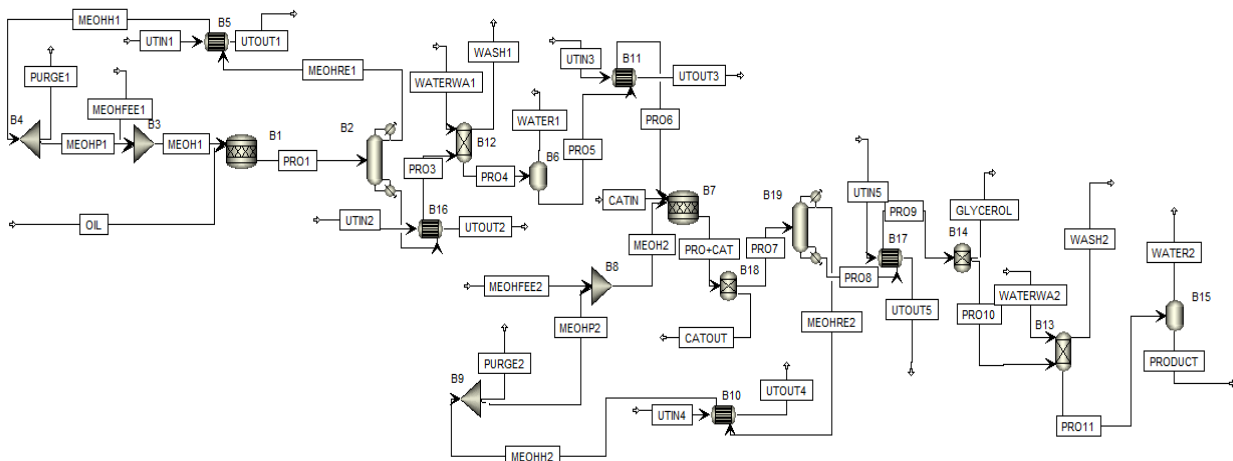
จากนั้นศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นในการจัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่ง

ปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO และทำการศึกษายปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO เช่น กำลัการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ราคาต้นทุนของวัตถุดิบ ราคาขายของไบโอดีเซล ราคาต้นทุนของตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง และจำนวนการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง

3. ผลการทดลองโรงงานและการวิจารณ์ผล

จากการที่ใช้โปรแกรม Aspen Plus version 7.0 (Aspen Plus User Interface) ออกแบบและทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานของกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง CaO/SrO/ZnO ในระดับอุตสาหกรรม ดังรูป 1

พบว่าจากการทำสมดุลมวลและสมดุลพลังงานในการผลิตไบโอดีเซล 50,000 ลิตรต่อวัน จะต้องใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 45,000 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ esterification 24,165 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ transesterification 18,302 กิโลกรัมต่อวัน และเนื่องจากเรามีการ recovery เมทานอลดังนั้นจึงป้อนเมทานอลจริง ๆ ทั้งหมดเท่ากับ 8,850 กิโลกรัมต่อวัน และจะได้ผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอล 3,898 กิโลกรัมต่อวัน และจะได้ผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอล 3,898 กิโลกรัมต่อวัน และต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น 48,755,151 กิโลจูลต่อวัน



รูป 1 การทำ Process simulation โดยใช้โปรแกรม Aspen Plus version 7.0 (Aspen Plus User Interface)

จากนั้นใช้โปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer หาราคาของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล 50,000 ลิตรต่อวัน ได้ผลดังตาราง 1

ตาราง 1 ราคาของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล 50,000 ลิตรต่อวัน โดยใช้โปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer

| รหัส | อุปกรณ์ | ราคา (บาท) |
|------|-------------------|--------------------|
| B1 | Reactor | 6,000,000 |
| B2 | Distillation | 58,000,000 |
| B3 | Mixer | - |
| B4 | Splitter | - |
| B5 | Heat exchanger | 1,500,000 |
| B6 | Evaporator | 600,000 |
| B7 | Reactor | 6,000,000 |
| B8 | Mixer | - |
| B9 | Splitter | - |
| B10 | Heat exchanger | 1,600,000 |
| B11 | Heat exchanger | 1,600,000 |
| B12 | Washer | - |
| B13 | Washer | - |
| B14 | gravity separator | 600,000 |
| B15 | Evaporator | 700,000 |
| B16 | Heat exchanger | 1,500,000 |
| B17 | Heat exchanger | 1,500,000 |
| B18 | gravity separator | - |
| B19 | Distillation | 26,000,000 |
| | Sum | 106,200,000 |

จากนั้นสามารถคำนวณเงินลงทุนของโครงการ (Total capital investment), ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตสินค้า (Total product cost) และรายรับทั้งหมดที่ได้จากการขาย (Total product sale) ที่กำลังการผลิตไบโอดีเซล 50,000 ลิตรต่อวัน โดยใช้รายละเอียดจาก Table 6-9 จากหนังสือ Plant Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5th edition(2003) ซึ่งเลือกเป็นโรงงานแบบ new plant at new site , solid-fluid processing plant ได้ผลดังนี้

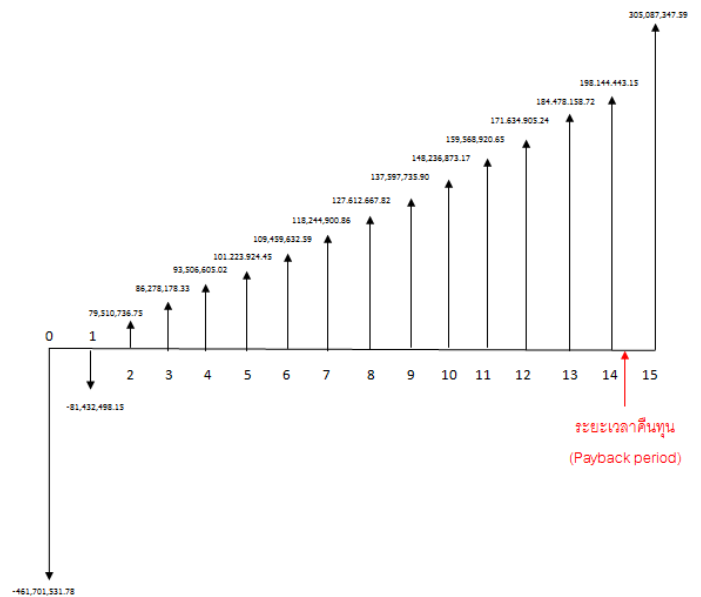
1.คำนวณเงินลงทุนของโครงการ (Total capital investment) เกิดจากเงินสองส่วนคือ เงินลงทุนเริ่มต้น (Fixed capital investment) มี

ค่าเท่ากับ 314,352,000 บาท/ปี และ เงินทุนหมุนเวียน (Working captital investment) เป็นเงินที่กันไว้ใช้ในช่วงเริ่มต้นของโครงการ มีค่าเท่ากับ 55,473,882 บาท/ปี ซึ่งเงินลงทุนเริ่มต้น (Fixed capital investment) ประกอบไปด้วยเงินสองส่วนคือ Direct cost เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพวกอุปกรณ์และการก่อสร้าง มีค่าเท่ากับ 224,082,000 บาท/ปีและ Indirect cost เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าแรง มีค่าเท่ากับ 90,270,000 บาท/ปี

2.ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตสินค้า (Total product cost) เป็นเงินเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซล ประกอบไปด้วยเงินสองส่วนคือ Manufacturing cost เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต มีค่าเท่ากับ 380,101,000 บาท/ปีและ General expenses เป็นค่าใช้จ่ายทั่วไป มีค่าเท่ากับ 4,596,000 บาท/ปี

3.รายรับทั้งหมดที่ได้จากการขาย (Total product sale) เป็นรายได้ที่ได้จากการขายไบโอดีเซล และกลีเซอรอลมีค่าเท่ากับ 463,956,385 บาท/ปี

หลังจากใช้โปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer หาราค่าเงินลงทุนของโครงการ (Total capital investment) , ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตสินค้า (Total product cost) และรายรับทั้งหมดที่ได้จากการขาย (Total product sale) ที่กำลังการผลิตไบโอดีเซล 50,000 ลิตรต่อวัน สามารถนำมาเขียน cashflow ในแต่ละปีได้ผลดังรูป 2



รูป 2 cashflow ของโครงการ

จาก cashflow สามารถหาค่าต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ดังนี้

- 1.มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV) = + 51,506,864
- 2.อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR) = 16.66%
- 3.ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) = 14.22 ปี

จะพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR) มีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Desired Rate of Return = 15%) ถือว่าเป็นโครงการที่ทำได้และน่าสนใจในการลงทุน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการใช้โปรแกรม Aspen Plus ทำสมดุลมวลสาร เมื่อต้องการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 50,516 ลิตรต่อวัน หรือ 44,454 กิโลกรัมต่อวัน จะต้องใช้น้ำมันพืชที่ใช้นแล้ว 45,000 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ esterification 24,165 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เมทานอลในกระบวนการ transesterification 18,302 กิโลกรัมต่อวัน และเนื่องจากเรามีการ recovery เมทานอลดังนั้นจึงป้อนเมทานอลจริง ๆ ทั้งหมดเท่ากับ 8,850 กิโลกรัมต่อวัน และได้ผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอล 3,898 กิโลกรัมต่อวัน

จากการใช้โปรแกรม Aspen Plus ทำสมดุลพลังงาน เมื่อต้องการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 50,516 ลิตรต่อวัน หรือ 44,454 กิโลกรัมต่อวัน จะต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น 48,755,151 กิโลจูลต่อวัน

จากการใช้โปรแกรม Aspen Process Economic Analyzer วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV) = 51,506,864 ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR) = 16.66% ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่ยอมรับได้คือ 15% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) = 14.22 ปี จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าคุ้มค่าในการลงทุนทำโครงการนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

Max, S. Peter, Klaus, D. Timmerhaus and Ronald, E. West. 2003.

Plant Design and Economics for Chemical Engineers.5th edition(2003)

Singsat, S. , Sudsakorn, K. 2010.

Production of Biodiesel from Crude Palm Oil using High Stability Solid Catalyst.2010. GMSTEC 2010